

Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
Departamento de Oceanografía



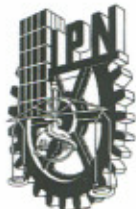
**Flujos de material suspendido y disuelto
entre el estero "El Conchalito" y la
laguna "Ensenada de La Paz", B.C.S.,
México.**

TESIS

**Que como requisito para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias Presenta:**

P r e s e n t a

José Miguel Suárez Altamirano



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 13:00 horas del día 2 del mes de Diciembre del 2005 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:

**"FLUJOS DE MATERIAL SUSPENDIDO Y DISUELTO ENTRE EL ESTERO "EL CONCHALITO"
Y LA LAGUNA "ENSENADA DE LA PAZ", B.C.S., MÉXICO"**

Presentada por el alumno:

SUÁREZ

Apellido paterno

ALTAMIRANO

materno

JOSÉ MIGUEL

nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	8	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

PRESIDENTE

DR. EVGUENI CHOUMILINE

SECRETARIO

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL

DR. ANGEL RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS

TERCER VOCAL

DR. JOSÉ LUIS DÍAZ DE LEÓN

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



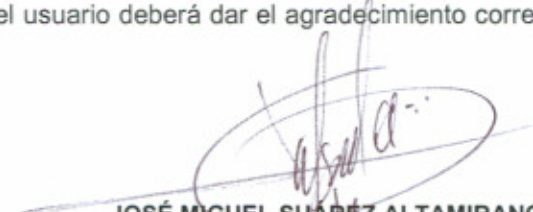
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 2 del mes Diciembre del año 2005, el (la) que suscribe JOSÉ MIGUEL SUÁREZ ALTAMIRANO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011285 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE y cede los derechos del trabajo titulado: "FLUJOS DE MATERIAL SUSPENDIDO Y DISUELTO ENTRE EL ESTERO "EL CONCHALITO" Y LA LAGUNA "ENSENADA DE LA PAZ", B.C.S., MÉXICO" 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: altamirano_jm@hotmail.com

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


JOSÉ MIGUEL SUÁREZ ALTAMIRANO

nombre y firma

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla I. Amplitud de marea, mínimos y máximos, durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, durante el año 2002.	28
Tabla II. Características ambientales e hidrometeorológicas durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.	45
Tabla III. Balance de masas de las variables medidas. Los valores negativos denotan las exportaciones y los positivos las importaciones. Valores en micromoles por metro cúbico por día ($\mu\text{M}/\text{m}^3\text{ d}$). Manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.	56
Tabla IV. Valores mínimos, valores máximos, media aritmética y desviación estándar de algunas de las variables físicas y químicas del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México	58
Tabla V. Análisis de correlación ($p < 0.05$) de algunas de las variables físicas y químicas del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.	59
Tabla VI. Razón de Redfield. Proporción de elementos mayores; Nitrógeno total, Fósforo en forma de ortofosfatos y Sílice en forma de silicatos, expresados en peso micromoles por litro en el agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.	60
Tabla VII. Comparación de los valores descritos para las variables físicas y químicas en la laguna de La Paz y el manglar El Conchalito, localidad de La Paz, Baja California Sur, México. Tomados de diversos autores durante los meses de muestreo febrero, junio, septiembre y noviembre. Se muestran los valores de media aritmética y desviación estándar.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Localización del área de estudio. Se detallan las áreas de manglar del sistema, el punto de muestreo y los puntos en que se instalaron los correntómetros (S4). Fotografía aérea INEGI 2000.	11
Figura 2. Detalle del sistema de canales del área de estudio. Se detalla en la sección transversal del canal de mareas en el punto de muestreo, la batimetría del canal y su profundidad máxima. Se muestra también el sitio donde se colocó el correntómetro.	12
Figura 3. Relación del nivel de marea y velocidad de corriente durante las campañas de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante las mareas muertas y mareas vivas para los cuatro muestreos del año.	24
Figura 4. Diagrama polar que muestra la variación de velocidad y dirección del viento durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año. Dirección en grados y velocidad en m/s. Muestreos durante marea muerta y muestreos durante marea viva.	25
Figura 5. Análisis de correlación de componentes principales de los factores basados en las covarianzas, para todos los meses del año 2002. En el se incluyen la temperatura ambiente, la radiación solar, la precipitación, intensidad del viento, humedad relativa y presión atmosférica para la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México del 1º de enero al 31 de diciembre de 2002. (Dendrograma en el que se puede observar la eventual separación de tres grupos climáticos a lo largo del 2002).	27
Figura 6. Variación de temperatura del agua y del aire durante los periodos de muestreo del año 2002 en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante las mareas muertas y mareas vivas para los cuatro muestreos del año.	29
Figura 7. Variación del nivel de marea durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, y la laguna de La Paz, Baja California Sur, durante las mareas muertas y mareas vivas para los cuatro muestreos del año.	31
Figura 8. Variación de la salinidad del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante las mareas vivas y mareas muertas para los cuatro muestreos del año.	34
Figura 9. Variación del pH del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	35

Figura 10.	Variación del oxígeno disuelto del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	36
Figura 11.	Variación de la demanda bioquímica del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	37
Figura 12.	Variación de los nitritos del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	38
Figura 13.	Variación de los nitratos del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	39
Figura 14.	Variación del fósforo del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	40
Figura 15.	Variación de los silicatos del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	41
Figura 16.	Variación del amonio del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	42
Figura 17.	Variación de las clorofilas del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	43
Figura 18.	Variación de la materia orgánica particulada del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para los cuatro muestreos del año.	44

ANEXO

- Anexo I. Comparación de los valores descritos para las variables fisicoquímicas en la laguna de La Paz y el manglar El Conchalito, localidad de La Paz, Baja California Sur, México. Reportados por diversos autores durante los meses de muestreo febrero, junio, septiembre y noviembre. Se muestran los valores de media aritmética y desviación estándar.

98

RESUMEN

Con el fin de conocer y describir los patrones de intercambio hidrodinámico entre el estero "El Conchalito" y la laguna "Ensenada de La Paz", B.C.S., México, durante el año 2002 se realizó un levantamiento hidrotopográfico del estero para determinar los volúmenes de agua de mar que se intercambian en él por efecto de las mareas. Al mismo tiempo, se evaluó la variabilidad de la concentración de los nutrientes en la boca del estero, en tres épocas climáticas diferentes: cálida en junio, de transición en noviembre y templada en febrero. Y en el se analizan los principales cambios hidrológicos que se dan entre los dos cuerpos de agua. Las campañas de muestreo fueron de 25 horas, en mareas vivas y muertas. Se registraron in situ: temperatura, salinidad, magnitud y dirección de la corriente, así como el nivel de la marea. Para tal efecto, se empleó un correntómetro *Ocean Instruments S4*, colocado en la parte central de la boca del estero y otro en el centro de la laguna. En intervalos de 1 hora se tomaron muestras para los análisis de O_2 disuelto, DBO_5 , nutrientes (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , SiO_2 y PO_4^{3-}), clorofila a (C1a) y materia orgánica particulada total (MOP); los cuales fueron determinados con técnicas estándar. Asimismo, se recopilaron los datos meteorológicos correspondientes a los días de los muestreos para complementar la información.

Las variables medidas presentan de manera general una concentración diferente durante ambos ciclos de marea, pues, se presentaron mayores concentraciones en los ciclos de marea muerta algunas variables tales como; DBO_5 , SiO_2 , NO_2^- , NH_4^+ . Se observa una relación directa entre la marea y el pH, la temperatura y NH_4^+ , así como entre la salinidad y PO_4^{3-} . Entre las relaciones inversas se registran las observadas entre la marea y SiO_2 , PO_4^{3-} . La salinidad y DBO_5 . La temperatura con salinidad y O_2 , y por último la salinidad con NO_2^- .

La temperatura del agua varía según la época con respecto de la temperatura ambiental, fluctuando de acuerdo con los parámetros ambientales, y se ve fuertemente influenciada por el viento. Se discute la estrecha relación que existe entre la marea y las características de las aguas del estero y la laguna.

Las estimaciones de los intercambios de nutrientes entre el estero y la laguna indican, que, en general, los valores de las variables químicas en el estero son mayores que la reportadas para la laguna de La Paz; las concentraciones de oxígeno son mayores que en la laguna por influencia del viento que actúa sobre un tirante de agua menor disolviéndolo en la columna de agua; algunos de los nutrientes como el PO_4^{3-} y NO_3^- , así como el gasto de oxígeno son mayores en el interior del sistema. Estas importaciones se observaron de

manera global en el periodo de estudio. Las exportaciones que se estimaron fueron particularmente de nitrógeno en forma de nitritos (NO_2^-) en la época cálida y templada y de silicatos (SiO_2) en la época templada, así también se observaron exportaciones del sistema a la laguna de amonio (NH_4^+), Cla y MOP.

Los patrones estacionales de los parámetros ambientales en el estero El Conchalito evidencian la influencia de la ensenada y la bahía de La Paz en su comportamiento hidrológico. En términos generales se puede establecer que los procesos físicos como el viento, y la hidrología son posiblemente los factores más importantes que afectan el establecimiento de los humedales y la regulación de su dinámica. La temperatura del agua varía según la época pero se ve fuertemente influenciada por el viento.

De acuerdo con los resultados del balance de masas, el estero El Conchalito funciona como un sumidero de nutrientes, que deben aprovecharse por los organismos que ahí residen como por los que llegan a él de forma ocasional o periódica.

Palabras clave: Estuario, flujo, nutrientes, hidrología, estero "El Conchalito", laguna, ensenada de La Paz, B.C.S.

ABSTRACT

In order to know and to describe the patterns of hydrological interchange between the “El Conchalito” salt marsh and the “Ensenada de La Paz”, B. C. S., Mexico lagoon, during 2002, a hydrographic survey was done to estimate the sea water volume that is interchanged as a tide effect. At the same time, it was evaluated the nutrients' concentration variability in the entrance of the salt marsh in three different climatic seasons: warm in June, transitional in November and tempered in February, in order to analyze the principal hydrologic changes that happen between two different masses of water.

The sample periods were of 25 hours, in live and dead tides. It was registered in situ: temperature, salinity, current speed and direction, as well as tide level. For this effect it was used a currentmeter *Ocean Instruments* S4, placed in the middle of the entrance of the salt marsh, and one more in the lagoon's heart, with intervals of 1 hour were taken samples for analysis of dissolved O_2 , DBO_5 , nutrients (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , SiO_2 and PO_4^{3-}), chlorophyll (Cl_a) and the total particle organic matter (MOP), that was determined with standard techniques. Also, the meteorological data were gathered corresponding to the sample days to complement the information.

The measured variables show, in a general way, a different concentration during both tides cycles, since major concentrations appeared during the dead tide cycles in some variables such as DBO_5 , SiO_2 , NO_2^- , NH_4^+ . It is observed a direct relationship between Ph and the tide, between the temperature and NH_4^+ , and between salinity and PO_4^{3-} . Among the opposite relationships are registered the ones given between the tide and SiO_2 , PO_4^{3-} , salinity and DBO_5 , temperature and salinity, temperature and dissolved O_2 and salinity and NO_2^- . The water's temperature changes according to the season with regard to the environmental temperature, fluctuating according to environmental parameters and it looks strongly influenced by the wind. It is discussed the narrow relationship between the tide and the characteristics of the salt marsh and lagoon's waters.

The esteem for the nutrients interchange between the salt marsh and the lagoon indicate that, in general, the values of the chemical variables in the lagoon are larger that reported data for the lagoon of La Paz. The concentrations of oxygen are larger than in the lagoon because of the wind influence, that acts on a minor depth dissolving the oxygen in the water column; some nutrients, like PO_4^{3-} and NO_3^- , and DBO_5 are larger inside the system. These imports were globally observed during the period of study. The estimated exportations are particularly of nitrogen in form of nitrites (NO_2^-) during the warm and tempered seasons,

and of silicates (SiO_2) in tempered season. Exportations of ammonia, Cl_a and MOP from the system to the lagoon were also observed.

The seasonal patterns of environmental parameters in the salt marsh “El Conchalito” prove the existence of the La Paz bay and lagoon’s influence in its hydrological behavior. In general terms, it can be determined that physical processes, like wind and hydrology, are probably the most important factors that affect the establishment of the salt marsh and the regulation of its dynamics. The water temperature varies with the season, but it is strongly influenced by the wind.

According to the results of the balance of masses, the “El Conchalito” mangrove swamp can be considered as a nutrients skin pool, which are taken by the local organisms and others that occasionally or periodically get in the swamp.

Key words: marsh, nutrients, flow, hydrology, El Conchalito mangrove swamp, La Paz lagoon.

GLOSARIO

ABUNDANCIA: Es la magnitud de una población o especie en relación con una unidad de espacio determinado, es decir, es el número de individuos o biomasa por unidad de superficie o volumen.

ADVECCIÓN: Movimientos de aguas advectivos, transporte horizontal de masa de agua por corrientes.

AEROBICO: que se encuentra en presencia de oxígeno. Proceso respiratorio en el cual hay consumo de oxígeno.

AEROBIO: Organismo que solo puede reaccionar o vivir y crecer en presencia de oxígeno.

AFLORAMIENTO: Proceso por el cual se levanta de una baja a una alta profundidad, usualmente con un resultado de divergencia y corrientes fuera de la costa. Es el ascenso de agua profunda, rica en nutrientes, y que generalmente es producido por la acción de vientos regulares a lo largo de una costa.

AFÓTICO: Que carece de luz

AIREACIÓN: Introducción de aire dentro del agua.

ALTITUD: Altura de un punto de la tierra con relación al nivel del mar.

AMBIENTE: Medio biótico y abiótico que rodea a un organismo. Conjunto de circunstancias y condiciones externas a un organismo.

ANAERÓBICO: Todo proceso respiratorio que no requiere de oxígeno libre para llevar a cabo la respiración.

ANÓXICOS: Pobre en oxígeno libre; sin oxígeno libre.

ANAEROBICA, DESCOMPOSICIÓN: Es la descomposición incompleta de la materia orgánica por las bacterias, en ausencia de oxígeno.

ANTROPOGÉNICO: Que es de origen humano, que es producido por el hombre.

ASIMILACIÓN: Utilización de parte de biomasa o energía que es ingerida o que llega a un organismo.

AUTOTROFO: Organismo capaz de sintetizar su propio alimento desde fuentes inorgánicas, como ocurre en la mayor parte de las plantas verdes y algunas bacterias.

BACTERIA: Grupo de organismos unicelulares pequeños que carecen de núcleo. Algunas producen enfermedades (las patógenas), mientras que otras son beneficiosas para el hombre.

BAHÍA: Entrada de mar en la costa, de amplia área marítima, con profundidad, protección, buen acceso y mareas bajas.

BALANCE DE MASAS: Es el resultado del producto de la concentración de los parámetros cuantificados (nutrientes), por la intensidad y dirección de la corriente de marea y esto a su vez por el área transversal del canal o sistema. Los resultados de esta multiplicación nos indican la presencia de procesos de exportación o importación.

BATIMETRÍA: Rama de la oceanografía que trata de la medición de la profundidad de los océanos, de los mares y de los lagos. Medida y cálculo de la profundidad de los cuerpos de agua. Topografía submarina.

BATIMÉTRICO: Que tiene relación con la profundidad y el nivel cero de las mareas.

BAJAMAR: Es el nivel mínimo de la altura de marea durante un ciclo de marea (24.8 hrs.).

BENTÓNICO: Organismos que viven y realizan sus funciones vitales en dependencia estricta de un sustrato.

BENTOS: Organismos que permanecen o están fijados al fondo del mar o de aguas dulces. Comunidades de animales o plantas que viven en el suelo submarino y sobre el mismo, pero en estrecha relación con él.

BIODEGRADABLE: Que se descompone por la acción biológica. Material de residuos que puede ser llevado a sus componentes básicos por acción de las bacterias.

BIOACUMULACIÓN: Efecto biológico pertinente con la capacidad que tiene un tejido vivo para acumular contaminantes, éstos pueden ser conservados, eliminados o magnificados.

BIOMASA: Cantidad de materia viva. Cantidad de materia en los organismos por unidad de superficie o volumen expresado en unidad de peso. Masa de material viviente, o bien, la cantidad total de material vivo de un cuerpo de agua particular.

BIÓTICO: Que posee vida o derivado de seres vivos.

BIVALVO: Clase de moluscos filtradores (p.e. ostión).

BOCA: Franja estrecha en la desembocadura de un cuerpo de agua protegido, ya sea un río, bahía, laguna o un cuerpo de agua similar que comunica a éste con un cuerpo de agua mayor.

BLOOM: Término que se refiere a un aumento explosivo de la densidad de los organismos. (floreamiento). Se caracteriza por un aumento cuantitativo notable y localizado de algunas especies de plancton produciendo notables coloraciones del agua.

CANAL: Estrecho, angostura en el mar o río.

CALIDAD AMBIENTAL: Grado en que el estado actual o previsible de algún componente básico permite que el medio ambiente desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra. Este grado no se puede cuantificar; solo se lo califica con fundamentos, a través de un juicio de valor.

CADENA ALIMENTICIA O TROFICA: Transferencia de la energía contenida en los alimentos, desde su fuente de origen en los autótrofos, a través de una serie de organismos, cada uno de los cuales devora al anterior y a su vez es devorado por el siguiente.

CAPACIDAD DE CARGA: Densidad a la cual una población llega a un estado de equilibrio dinámico con el ambiente en ausencia de competidores y predadores.

CICLO DE MAREA: es el periodo que transcurre desde el punto más alto de la pleamar al punto más bajo de la bajamar. Se corresponde con el ciclo lunar de 24.8 hrs.

CIRCULACIÓN ANTIESTUARINA: Se presenta cuando hay poca o nula descarga de agua por ríos o lluvias en un sistema estuarino. La elevada tasa de evaporación en la cabeza del estuario produce un incremento en la salinidad y por lo tanto de la densidad, de este modo la masa de agua más pesada tiende a hundirse y circula por el fondo de la boca del sistema, mientras que agua oceánica de menor salinidad y densidad circula por la superficie.

CIRCULACIÓN TERMOHALINA: Se refiere a los movimientos internos de agua que ocurren en el océano profundo por diferencias de densidad de las masas de agua que se ordenan las más livianas y menos densas sobre las más densas.

CLIMA: Conjunto de condiciones meteorológicas que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre.

COMPONENTES DE LA MPS: Se consideran constituyentes de la MPS al carbono orgánico (COP), carbono total (CP) y nitrógeno total (NP).

COMUNIDAD: Conjunto de dos o más poblaciones que viven en un espacio y tiempo limitados. Conjunto de animales o plantas que viven en una

localidad común bajo condiciones similares de ambiente y con alguna aparente asociación de actividades y hábitos. Se aplica a especies que viven en la misma localidad bajo la influencia de factores medio ambientales similares y que afectan la existencia de cada otro a través de sus actividades.

CONCENTRACIÓN: Cantidad de una sustancia dada en una unidad específica de una mezcla.

CONSERVACIÓN: Esfuerzo consciente en evitar la degradación excesiva de los ecosistemas. Uso presente y futuro, racional, eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente.

CORRENTÓMETRO: Instrumento para medir la velocidad de la corriente. Existen algunos modelos que además registran su dirección, profundidad e inclinación respecto de la vertical, temperatura de agua de mar, presión y conductividad. Su modalidad de registro puede ser papeleta inscriptora, cinta magnética o memoria de estado sólido.

CORRIENTE: Movimiento horizontal del agua. Se clasifican en corrientes de marea y corrientes oceánicas. Las primeras son producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas. Las corrientes oceánicas, o corrientes propiamente dichas, constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general.

CONDICIONES AMBIENTALES: Todos los factores que condicionan la estructura y forma de vida en un espacio definido, tanto físico como biológico.

CRUSTÁCEO: Clase de organismos que tienen dos pares de antenas y generalmente están cubiertos con un caparazón calcáreo y poseen un par de mandíbulas (langostino).

CUANTITATIVO, VA: del Lat. *Quantitas*, cantidad. Relativo a la cantidad.

CUENCA HIDROGRÁFICA: Territorio que contribuye con aguas de escurrimiento a un mismo río, lago o mar.

D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno. Es la cantidad de oxígeno requerida, para estabilizar la materia orgánica contenida en aguas, que pueden descomponerse por la acción de microbios aéreos. Cantidad de oxígeno absorbido por un residuo en descomposición.

DEGRADACIÓN: Transformación de una sustancia a un estado tal que disminuyen sus características de impacto ambiental.

DENSIDAD: Es la masa contenida en la unidad de volumen.

DEPURACIÓN: Proceso por el cual se eliminan las impurezas desde el agua. Llegar a ser libre de contaminantes.

DESCOMPONEDOR: Organismos que devuelven al medio los elementos que forman el protoplasma, al consumir a los seres muertos.

DESECHOS METABÓLICOS: Productos derivados de los procesos vitales y que son eliminados del organismo.

DETRITUS: Restos que quedan de la desintegración y deterioro de vegetales y animales. Residuos de descomposición de un cuerpo. Término dado para un fragmento de material orgánico generalmente proveniente de la descomposición animal o vegetal.

DIVERGENCIA: Lo opuesto a convergencia, se refiere a aguas que se mueven aparte de o divergen de otras.

D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno. Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica e inorgánica contenida en el agua después de corregir la influencia de los cloruros. Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica a partir de un oxidante químico fuerte.

ECOSISTEMA: Es la integración de la biocenosis y del biotipo que interactúan en un área dada. Componentes de una comunidad, bióticos y abióticos, asociados en una misma situación, o bien la integración de la biocenosis y del biotipo que interactúan en un área dada. Componentes de una comunidad, bióticos y abióticos, asociados en una misma situación.

ENSENADA: Recodo que suelen formar las costas del mar (Sinón. de Golfo)

EÓLICO: Relativo al viento.

ELEMENTOS TRAZA: Generalmente se refiere a ciertos elementos, como: el cobalto, que se presentan en muy bajas concentraciones y a las cuales son muy importantes para los procesos biológicos.

EROSIÓN: Desagregación, desprendimiento y arrastre de sólidos desde la superficie terrestre por la acción del agua, viento, gravedad, hielo u otro. Proceso por el cual el sustrato es resquebrajado y acarreado lejos de su origen.

ESTE: Oriente, punto cardinal.

ESTUARIO: Es una porción de tierra anegadiza, situada cerca de una ría, desembocadura de un río.

(Sinón. Desembocadura). Son ejemplos las desembocaduras de los ríos.

ESTERO: Una extensión de agua costera, semicerrada, que tiene una comunicación libre con el mar abierto, que resulta, por consiguiente, fuertemente afectado por la actividad de las mareas, y en él el agua del mar es marina. Son ejemplos las bahías costeras, a marismas y las extensiones de agua que se obstruyeron por las playas o lenguas de arena.

EUTROFICACIÓN: Enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por su eliminación definitiva por mineralización, de manera que el exceso de materia orgánica producida hace disminuir enormemente el oxígeno en las aguas profundas. Estado de un cuerpo de agua con un gran aporte de nutrientes y, por tanto, con una gran producción de materia orgánica. Viene a significar un enriquecimiento indeseable del agua. Acumulación de nutrientes en un área.

EUFÓTICA: Zona de la capa superior del océano en la cual penetra suficiente cantidad de luz para la fotosíntesis. Se extiende desde la superficie hasta unos 80 metros de profundidad.

FACTOR LIMITANTE: Componente del medio que cuando se encuentra en baja o en alta cantidad impide un aumento en la densidad o la existencia de un determinado organismo o proceso.

FILTRADORES: Animales acuáticos que obtienen su alimento filtrando las partículas suspendidas en el agua (almeja).

FITOPLANCTON: Conjunto de vegetales que constituyen el plancton. Se define así al plancton de naturaleza vegetal capaz de sintetizar sus propias sustancias por fotosíntesis utilizando agua, gas carbónico y energía luminosa.

FLORECIMIENTO FITOPLANCTÓNICO: (BLOOM) Se caracteriza por un aumento cuantitativo notable y localizado de algunas especies de plancton.

FLUJO: Es el transporte de material o energía a través de un área conocida, expresada por unidad de área o tiempo.

FLUJO DE MAREA: Es la porción del ciclo de marea que ocurre cuando el agua se desplaza o fluye de la bajamar a la pleamar.

FOTOSÍNTESIS: Proceso mediante el cual las plantas capturan la luz solar para sintetizar compuestos ricos en energía, como glucosa, a partir de agua y dióxido de carbono. Proceso natural de singular importancia y altamente complejo en virtud del cual las plantas verdes sintetizan compuestos orgánicos de anhídrido carbónico y agua en

asociación con clorofila bajo la acción de la luz del sol.

FONDO DE MAR, RÍO O LAGO: Extensión del suelo que se inicia a partir de la línea de más baja marea aguas adentro en el mar, y desde la línea de aguas mínimas en sus bajas normales; aguas adentro en ríos o lagos.

GEOMORFOLOGÍA: Ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre.

GOLFO: Gran porción de mar que se infiltra en la tierra entre dos cabos.

GRADIENTE: Es el cambio en valor de una propiedad o variable por unidad de distancia en una dirección específica.

GRADIENTE TÉRMICO: Aumento o disminución gradual de la temperatura a lo largo de un espacio, geográfico o del tiempo.

HABITAT: Corresponde al lugar donde vive o se encuentra un organismo. Lugar que ordinariamente habita un organismo o grupo de organismos. Ambiente en el que vive un organismo o población.

HERBÍVORO: Consumidores de primer orden en una cadena alimenticia, son aquellos organismos que consumen vegetales.

HETEROTROFO: Organismos que son capaces de sintetizar su propio alimento y necesitan alimentarse de otros organismos.

INDICADORES BIOLÓGICOS: Organismos que por su presencia (o ausencia) tienden a indicar condiciones medio ambientales.

IMPACTO AMBIENTAL: La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental. Es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar.

INFAUNA: Animales acuáticos que viven entre partículas del fondo. Hurgan en el sustrato o construyen tubos o madrigueras. Conjunto de todos los animales que habitan en capas de superficies arenosas o lodosas en el fondo del mar.

INHIBICIÓN: Suspensión transitoria de una función o actividad de un organismo mediante la acción de un estímulo adecuado.

INVERNADERO, EFECTO: Aumento de la temperatura de un área del planeta como producto de la acumulación de gases y partículas en la atmósfera que no dejan escapar energía hacia el espacio.

INTERMAREAL: Franja costera donde se produce la interfase Agua-Tierra y que está sometida a los efectos de las mareas. Es la zona que se extiende desde líneas de las más altas mareas hasta la línea de las mareas más bajas.

ISOLÍNEA: Una línea o superficie que conecta en una gráfica todos los puntos de igual valor de alguna propiedad, temperatura, salinidad, etc., ya sea en tiempo o en espacio.

ISOTERMA: Línea que une los puntos con igual temperatura. Una línea sobre una carta hidrográfica que conecta todos los puntos de igual o constante temperatura.

K (CAPACIDAD DE CARGA): Corresponde a la densidad máxima que alcanza una población que se encuentra limitada por los recursos ambientales, en ausencia de depredadores y parásitos.

LATITUD: Distancia que hay entre un punto de la superficie terrestre al ecuador, contada por los grados de su meridiano.

MAREA: Es la elevación y caída periódica del nivel del mar debida a las fuerzas de la luna y el sol.

MAREA DIURNA: una pleamar y una bajamar por ciclo de marea en un período de 24 horas y 50 minutos.

MAREA MUERTA: Cuando en la luna en fase de cuarto menguante o cuarto creciente el rango de marea que se observa es mínimo, denominándose también mareas de cuadratura.

MAREA MIXTA: Se refiere al periodo de dos bajamares y dos pleamares durante dos ciclos sucesivos en un periodo de marea, de 12 horas y 25 minutos cada uno; las amplitudes de ambas presentan una desigualdad diaria.

MAREA SEMIDIURNA: son las mareas que se producen dos veces durante un día lunar y por lo tanto presentan dos pleamares y dos bajamares, cada una de 12.4 hrs. por ciclo de marea.

MAREA VIVA: Es cuando se presenta la mayor amplitud o rango de marea (en un mes), entre la bajamar y la siguiente pleamar (durante novilunios y plenilunios), también se las denomina mareas de sicigia.

MARISMA: Formación intermareal compuesta por sedimentos muy finos (limos y coloides) de origen marino y fluvio-marino, es inundable por efecto de la marea y parcialmente cubierta por la vegetación, se localizan en los bordes de costas bajas y planas, en una bahía o en un estuario.

MASA DE AGUA: Es un volumen de agua identificado por valores típicos de temperatura y salinidad que le son características y permiten diferenciarla de las aguas circundantes.

MANGLAR: Variedad litoral intermareal del bosque tropical. Está formado por bosques halófilos y submersibles. El manglar fija los limos y sedimentos finos que vienen del continente y son distribuidos en el borde costero por la marea y el oleaje.

MERIDIONAL: Relativo al sur o meridional.

METALES PESADOS: Iones de elementos metálicos como cobre, zinc, hierro, cromo y mercurio, los cuales generalmente son removidos del agua mediante la formación de precipitados insolubles, generalmente como hidróxidos metálicos.

MICROORGANISMO: Organismo pequeño que no se ve a simple vista, de tamaño microscópico (bacteria, virus).

MIGRACIÓN: Movimiento de salida y regreso periódico de los individuos o sus elementos de diseminación, respecto del área de la población.

MINERALIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA: Liberación al medio de los constituyentes inorgánicos de los organismos.

MINERALIZACIÓN: Proceso de formación de minerales.

MOLUSCO: Clase de animales invertebrados de cuerpo blando, desnudo o protegido por una concha (pulpo).

MODELO: Es una formulación que imita un fenómeno del mundo real y por medio del cual podemos efectuar predicciones. Estos pueden ser verbales, gráficos y numéricos.

MONITOREO: (Seguimiento) Medida de los compuestos, parámetros o variables y de sus efectos con objeto de ejercer control sobre la exposición del hombre o de elementos específicos de la biosfera a esos contaminantes.

MSNM: Metros sobre el nivel del mar

NMM: Nivel medio del mar.

NECTON: Organismos flotantes capaces de navegar, como peces, anfibios, pulpos, etc. Conjunto de organismos que nadan activamente venciendo los movimientos propios de las masas líquidas. Su tamaño fluctúa entre unos pocos centímetros a varios metros.

NERÍTICOS, ORGANISMOS: Formas de vida que habitan en las aguas costeras.

NIVEL DEL OLEAJE: Profundidad a la cual las olas pueden erosionar el fondo en aguas bajas.

NIVELES TRÓFICOS: Niveles de alimentación, ejemplo: carnívoro, herbívoro, etc.

NUTRIENTE: Aquello que es causa del aumento, actividad o vigor de algún organismo o grupo de ellos. En aguas marinas, se refiere a los elementos requeridos para mantener el crecimiento del fitoplancton en el mar. Incluye generalmente fosfatos, nitratos, silicatos, pero algunas veces elementos menores del agua de mar como cobre, manganeso, cobalto, hierro.

OCEANOGRAFÍA: Estudio físico de los medios oceánicos y particularmente de la génesis y la dinámica de las masas de agua.

OESTE: Occidente, punto cardinal

PERTURBACIÓN: Alteración de las condiciones de equilibrio de un sistema.

PLATAFORMA CONTINENTAL: Proyección submarina del continente, y que alcanza, por convección, una profundidad de 200 m. o bien la zona que se extiende desde la línea de inmersión permanente hasta la profundidad cercana a los 200 m. mar adentro.

PLAN DE MANEJO: Compendio de normas y conjunto de acciones que permiten administrar una pesquería basados en el conocimiento actualizado de los aspectos biopesqueros, económico y social que se tenga de ella.

PLANCTON: Está constituido por todos aquellos organismos que flotan más o menos pasivamente en el agua. En general carecen de movimientos propios, o los tienen en muy pequeña escala que no pueden mantener su distribución contra el efecto de las corrientes. Es la parte viva del seston.

PLEAMAR: nivel máximo que alcanza el agua durante un ciclo de marea.

PLUVIAL: Se refiere al agua de lluvia, o sea, la que cae de la nubes.

PONIENTE: Occidente, punto cardinal

PORCIÓN DE AGUA: espacio de mar, río o lago, destinado a mantener cualquier elemento flotante estable.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA: Producción de biomasa por unidad de tiempo. Cantidad total de materia orgánica que es formada en cierto tiempo

por actividad fotosintética de las plantas. Es la cantidad de carbono fijado por los organismos autótrofos a través de la síntesis de material orgánico proveniente de compuestos inorgánicos como el CO_2 y el agua, utilizando energía derivada de la radiación solar o de reacciones químicas por unidad de tiempo sobre la base de un área específica ($\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), o de un volumen determinado ($\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$).

PRESERVACIÓN: La manutención del estado natural original de determinados componentes ambientales, o de lo que reste de dicho estado, mediante la limitación de la intervención humana en ellos al nivel mínimo, compatible con la consecución de dicho objetivo.

RANGO DE MAREA: Es el cambio vertical en el nivel del mar entre la altura máxima del agua y la mínima, es decir, la diferencia de nivel entre una pleamar y una bajamar.

RAZÓN DE REDFIELD: Desde la publicación de los trabajos de Redfield en 1934 y 1958, se refiere a las razones entre el oxígeno, carbono, nitrógeno, fósforo y silicio, en proporción de 276:106:16:1:16, respectivamente. Existe tanto en tejidos animales y vegetales, así como en el agua y tiende a ser constante.

RECICLAJE: Proceso de utilización repetida de elementos del ambiente.

RECURSOS NATURALES: Todos aquellos recursos no creados por el hombre, tales como la tierra, el agua, los minerales, el aire, etc. Normalmente se clasifican en recursos naturales renovables y recursos naturales no renovables. Ejemplo de los primeros son los bosques, los peces, el ganado, etc. Ejemplo de los segundos son los minerales, el petróleo, etc.

RELIEVE: Conjunto de accidentes geográficos de un país.

REFRACCIÓN: Modificación de la orientación de las crestas de las olas por influencia del fondo. Genera concentración o disipación de la energía del oleaje en ciertos tramos de la costa. Importante en geomorfología litoral porque explica el hecho de que para un mismo tipo de ola, la energía liberada en algunos sectores es mayor que en otros y esto tiene consecuencias en las formas resultantes.

REFLEXIÓN: Cuando las olas encuentran un obstáculo (muro, espigón, etc.), éstas son reflejadas, es decir, re-enviadas en la dirección exactamente opuesta de la dirección de incidencia. Si las olas atacan oblicuamente el obstáculo, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

REFLUJO DE MAREA: es la porción del ciclo de marea cuando el agua fluye de la pleamar a la bajamar.

ROMPIENTE: Cuando disminuye la profundidad, a medida que la ola se acerca a la costa, el fondo hace que la ola se deforme aumentando su altura y disminuyendo el largo de la onda. Esto ocurre cuando el valor de la profundidad es igual a la mitad de la longitud de onda; se genera la rompiente cuando la parte delantera de la ola se hace muy abrupta debido al exceso de deformación.

SALINIDAD: (En el agua de mar) Cantidad total de sustancias sólidas expresadas en gramos y contenidas en 1 Kg. de agua de mar, cuando todos los carbonatos se han convertido en óxido, el bromo y yodo han sido sustituidos por el cloro, y la materia orgánica ha sido completamente oxidada.

SEDIMENTACIÓN: Proceso en el cual las sustancias en suspensión se depositan en el fondo.

SEDIMENTO: Material (minerales, materia orgánica, etc.) que habiendo estado suspendido en un líquido, se deposita en el fondo.

SINÓPTICO: (adjetivo), Dícese de lo que permite apreciar a primera vista las diversas partes de un todo.

SESTON: Es la cantidad de materia suspendida expresada en peso por unidad de volumen o de área. Y esta compuesta por la fracción minerogénica y biogénica; la primera se refiere a las partículas minerales, y la segunda se divide a su vez en fracción viva (plancton) y muerta (detritus). Este término es usado también para referirse a la materia particulada suspendida (MPS).

SÓLIDOS TOTALES: es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: Son los residuos filtrados del agua, desecados a la temperatura normalizada, después de haberlos lavado con un disolvente orgánico con el fin de eliminar aceites.

SÓLIDOS DISUELTOS: Son los residuos de la evaporación del agua filtrada, desecados a la temperatura normalizada.

SOLUBILIDAD: Capacidad de ser disuelto.

SUBMAREAL: Que no queda al descubierto durante la marea baja.

SURGENCIA: También afloramiento. Proceso en el cual el agua de profundidad alcanza profundidades someras. Ascenso vertical del agua profunda, rica en nutrientes. Movimientos ascendentes mediante los cuales las aguas de los niveles subsuperficiales

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

SUSTANCIAS ORGÁNICAS: se designa a una amplia gama de sustancias simples o compuestas, de rápida o lenta degradación y/o persistencia, de ninguna, poca o alta toxicidad, generalmente presentes como residuos de las actividades humanas, que llegan al medio marino por diversas fuentes.

TERMOCLINA: Gradiente vertical brusco de temperatura que se produce por la mezcla de aguas frías y calientes. Es aquella zona de la capa superficial del océano en la cual la temperatura del agua del mar tiene una rápida disminución en sentido vertical, con poco aumento de la profundidad. Capa delgada de agua colocada entre la parte superficial más cálida y la más fría del fondo. Se caracteriza por el rápido cambio de un grado de temperatura o más por metro de profundidad.

TIEMPO DE RESIDENCIA: una característica del tiempo permanecido por una sustancia en el sistema oceánico.

TIPO DE AGUA: Punto que representa un volumen de agua homogéneo con características bien definidas de temperatura y salinidad.

TOPOGRAFÍA: Conjunto de particularidades que presenta un terreno en su conformación superficial.

TOPOGRAFÍA DINÁMICA: Diferencias en el nivel del mar debida a las variaciones horizontales de la presión.

TRATAMIENTO QUÍMICO: Tratamiento de efluentes, generalmente oxidación química, reducción, neutralización ácido-álcali, precipitación, coagulación y sedimentación.

TURBIDEZ: Es el aspecto que ofrece un líquido a causa de la presencia de materias en suspensión. Su intensidad puede servir para apreciar la concentración de estas materias.

TURBULENCIA: Es el flujo de agua en el cual el movimiento de las partículas individuales se presenta de manera irregular y confusa.

UPS: Abreviación de las Unidades Prácticas de Salinidad. Unidades de una nueva definición de salinidad (UNESCO, 1978) basada en la razón entre la conductividad eléctrica de la muestra y una muestra estándar. Se conocen como unidades prácticas porque fueron definidas de tal manera que la nueva escala coincidiera con la anterior de partes por mil ($^{\circ}/_{\infty}$).

UPWELLING: Véase AFLORAMIENTO. Masa de agua que se eleva desde la profundidad del océano.

VARIANZA: Dispersión que presenta un conjunto de datos en torno a la media aritmética. Medida de dispersión de los datos con respecto al promedio.

VARIABILIDAD: Medida de la incertidumbre de la medición. El conocimiento de la confiabilidad de una medición expresada en términos de la variabilidad del error, da un índice de la utilidad de los datos.

ZOOPLANKTON: Componente animal del plancton. Conjunto de animales que se encuentran en el plancton. Constituyentes del plancton. Porción animal de los organismos planctónicos.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la calidad ambiental de cuerpos de agua epicontinentales y costeros es actualmente de gran importancia, dada la presión social y el deterioro en que se encuentran, ya sea por el desarrollo de asentamientos humanos, por la industria, la expansión de campos de cultivo, de sitios recreativos, o bien por la sobreexplotación de sus recursos por actividades turísticas o por incidentes fortuitos, naturales o no. Sin embargo, en nuestro país los estudios de estas áreas, además de ser poco frecuentes, se encuentran en su mayoría reducidos sólo a aquellas zonas relacionadas directa o indirectamente con la producción o explotación de recursos, situación que a la fecha no ha cambiado del todo.

Muchas de las lagunas costeras mexicanas se encuentran en regiones con clima árido o semiárido, siendo en estos casos poco común que una laguna reciba un aporte constante de agua, de origen continental o pluvial, suficiente como para mantener los altos niveles de producción primaria que se han observado en este tipo de ecosistemas en zonas más lluviosas y/o con aporte fluvial, por lo que se cree que una fracción importante del nitrógeno debe provenir del reciclaje de este elemento dentro de las lagunas (Mee, 1977). Gran parte de estos cuerpos de agua se encuentran asociados a estuarios y/o manglares, los que a su vez constituyen ambientes sedimentarios complejos en los que diferentes factores físicos, químicos y biológicos afectan sus procesos.

Las áreas de manglar son sitios donde confluyen diversas especies acuáticas para reproducirse, criarse o completar algún estadio de su ciclo de vida; también son zonas de reclutamiento de varias especies de peces, crustáceos y moluscos; además son áreas de anidación y/o alimentación para aves y mamíferos -marinos y terrestres- que en ocasiones viajan grandes distancias para alcanzar estas zonas. Asimismo, en estos ecosistemas se pueden encontrar especies endémicas -como el pinzón de manglar- cada vez más raras en el paisaje actual (Contreras, 1993), donde incluso pequeñas variaciones en el nivel del mar pueden originar cambios drásticos en sus procesos.

En las zonas donde estos bosques florecen las aguas son ricas en nutrientes y propician una alta productividad primaria, la cual es base importante de la cadena trófica. Esta alta productividad alimenta un gran número de especies filtradoras que son elementos clave para la alta diversidad de peces, así como de otras especies de niveles tróficos superiores que se llegan a observar en estas áreas. Por ello, a los bosques de mangle se les considera ecosistemas altamente productivos, pues casi un tercio de su productividad primaria se encuentra en forma de materia vegetal particulada y hasta la mitad de ella puede transportarse desde los canales de los manglares hasta las aguas adyacentes fertilizándolas. La exportación de esta gran cantidad de materia orgánica tiene un efecto conocido en el aporte a la biomasa de comunidades consumidoras en aguas costeras, aunque su relación cuantitativa a la fecha no está bien definida.

El estudio de los ambientes costeros es por demás complejo, dada su naturaleza y el gran número de variables físicas y químicas que influyen en ellos y que provocan variaciones importantes en la composición biogeoquímica de estos ecosistemas.

Los procesos físicos son uno de los principales factores dinámicos que determinan los patrones de circulación y, en consecuencia, influyen en la dinámica de las interacciones biológicas y químicas, así como en sus intensidades temporales en forma cíclica, derivadas de los ciclos de mareas, ya sean diurnas o semidiurnas. (Álvarez *et al.*, 1975). Por otra parte, la química de los sistemas costeros y en particular la del nitrógeno, elemento básico en la generación de la productividad primaria, está íntimamente relacionada con los procesos biogeoquímicos de los que depende la disponibilidad de este elemento, de acuerdo con los procesos de óxido-reducción. Además, existen transferencias físico-químicas entre la tierra firme y el mar que incluyen el transporte de nutrientes y el flujo de sedimentos, entre otros.

Un aspecto relevante en la dinámica de estos ambientes es la generación y exportación de materia particulada suspendida a los sistemas adyacentes por efecto de las mareas. Esta exportación de la materia vegetal macro y microparticulada de los canales del

manglar es bien conocida, pero ningún consenso general de este tipo se ha alcanzado para otros materiales, como nutrientes y materia orgánica particulada y disuelta, derivados de diversos factores tales como el nivel de marea, la geomorfología, la química del suelo, la biomasa de plantas y la estructura de la comunidad.

Mitsch y Gosselink (1986) identificaron la dinámica hidrológica como el factor posiblemente más importante que afecta el establecimiento de los humedales y la regulación de sus procesos. La dinámica hidrológica que experimenta cada humedal o estero produce un período hidrológico, es decir, un modelo característico de inundación. Los factores que afectan el hidroperíodo de los cuerpos de agua aledaños a la costa se pueden agrupar en cuatro grupos principales (Rozas, 1995): El primero considera a las mareas astronómicas, el segundo a los efectos climáticos y meteorológicos, el tercero a los movimientos verticales de la superficie de los humedales y, por último, la geomorfología costera.

En estas zonas también se suscitan varios procesos naturales que, como ya lo mencionamos, pueden ser físicos, químicos o biológicos. Los cambios graduales o estacionales de estos procesos se observan en una serie de impactos en la apariencia, metabolismo, funciones y uso potencial de la zona costera. Como ejemplos de procesos naturales y sus consecuencias podemos mencionar: las corrientes costeras y el flujo de sedimentos, los cuales provocan erosión costera; las lluvias y olas afectan el perfil de la línea costera; la dispersión, degradación, absorción y sedimentación, afectan la calidad del agua y los sedimentos y la sucesión ecológica provocan cambios en el tipo de hábitat y la biodiversidad. Los ciclos de materia y de energía afectan la productividad biológica y pueden guardar relación con el cambio climático local, como los cambios en la temperatura, la precipitación, la dirección e intensidad del viento y el cambio en el nivel del mar.

Éstos, sumados a los procesos de remineralización, biológicos, químicos (óxido-reductivos), así como el tiempo de residencia del agua y volumen de mezcla, en conjunto y como consecuencia de sus interacciones, originan un metabolismo único y característico de

cada humedal, factores que se encuentran en equilibrio y que dan como resultado cierta estabilidad bioquímica a consecuencia del frágil equilibrio entre los nutrientes exportados y los depositados, originando un balance de productividad, pues las variaciones en las concentraciones de nutrientes y sus fuentes, juegan un papel importante en los ecosistemas acuáticos (Nixon 1981). Y también se sabe que las concentraciones de estas variables en ecosistemas costeros, sobre todo los situados en latitudes tropicales, rebasan a sus análogos en otras latitudes (Contreras 1985, 1993). La presencia o ausencia de nutrientes indica, en primera instancia, el estado de la productividad primaria en un sistema y es la base fundamental de la trama trófica acuática.

Los fenómenos más comunes asociados a la productividad son, o bien, la carencia, o bien, el exceso de nutrientes; ambas situaciones con severas consecuencias en la biota acuática. La escasez de nutrientes está asociada a aguas oligotróficas, esto es, con áreas o sistemas acuáticos con una mínima producción primaria. En el otro extremo, se encuentran las aguas o sistemas distróficos o hipereutróficos, en donde la generación continua y masiva de biomasa, principalmente fitoplanctónica, auspicia serios problemas en los flujos energéticos (Contreras, 1985).

En este contexto la dinámica del estero El Conchalito ha sido estudiado para determinar su abundancia ictiológica, su diversidad faunística, la presencia de aves, estimación de nuevos registros de diatomeas, los cambios en el perfil de la línea de costa, entre otros, pero no así lo que se puede considerar la base y regulación de toda estas características, como lo es el metabolismo del sistema, el cual incluye los parámetros físicos y químicos y los factores que regulan sus concentraciones, por lo que nos parece importante abordar este aspecto con el presente trabajo. Cabe mencionar que se eligió el estero “El Conchalito” por su cercanía al centro de estudio, su fácil acceso, así como el estudio previo que se hizo en la zona lo que nos permitirá inferir de una manera más óptima sobre los resultados.

1 ANTECEDENTES

Los estudios actuales en materia de la descripción y análisis de los componentes que determinan las relaciones de funcionalidad y mecanismos metabólicos de los ecosistemas donde la vegetación de manglar esta presente se concentran en estuarios y lagunas donde hay un afluente de agua dulce importante a lo largo del año y se cuenta con pocos trabajos para sistemas con bajo o nulo aporte continental o pluvial de agua. Además, en muchas ocasiones, estos estudios solo se concentran en variables puntuales o muy específicas, Un gran interés por el estudio de los sistemas de manglar se aprecia en las costas españolas, australianas, africanas y japonesas. En nuestro continente hay estudios reportados para Brasil, Chile, Argentina y Colombia, donde destacan los estudios de nutrientes.

Trabajos como el de Dye (1982), quien determinó la demanda bioquímica de un manglar en el sureste de África, nos muestra que las demandas de oxígeno superan a la producción de éste gas. También en la actualidad se cuentan con trabajos que determinan la dinámica de los nutrientes, o bien los ciclos de los compuestos nitrogenados, o su fijación por medio de bacterias; ejemplos de ellos son los reportados por; Tomohiro *et al.*, (1998) quienes describen el ciclo del nitrógeno inorgánico disuelto en un estero intermareal de la bahía de Tokio, o bien los flujos de nutrientes en un manglar en el noreste de Australia, estudiados en 1998 por Tenshi, quien usó dos métodos de estimación para compararlos, o bien Lara y Dittmar, (1999), quienes estudiaron la dinámica de los nutrientes en un manglar en la costa norte de Brasil, donde encontraron que las concentraciones obedecen principalmente a la disolución de las aguas estuarinas con aguas continentales y a la dinámica oceánica.

En nuestro país los estudios sobre productividad y balance biogeoquímico en esteros y estuarios se han centrado principalmente en el Golfo de México (Veracruz, Campeche y Yucatán), por Herrera-Silveira (1994, 1995 y 1996); Herrera-Silveira y Comín (1995). En el noroeste mexicano se han llevado a cabo estudios de diversa índole: descripciones y

distribución de vegetación en la vertiente del Pacífico Mexicano (Miranda, 1957); descripciones de la distribución vegetal a lo largo del Golfo de California (Ramírez-García y Lot-Helgueras, 1994); aspectos de descomposición y productividad de un manglar en Nayarit (Flores -Verdugo *et al.*, 1990).

En la actualidad se cuenta con un buen número de trabajos realizados en la bahía y laguna de La Paz: el punto de vista físico ha sido abordado por Lechuga-Deveze *et al.* (1990), Obeso-Nieblas *et al.* (1993) y Jiménez-Illescas *et al.* (1994), entre otros. Jiménez-Quiroz (1991) estudió la composición, estructura y productividad de manglar, así como los factores ambientales que influyen en su dinámica dentro de la misma localidad. En lo que respecta a la fauna de la ensenada, se han llevado a cabo estudios con copépodos (Palomares-García, 1996). Peces y aves son los que han recibido mayor atención por parte de los investigadores, con trabajos como los de Abitia-Cárdenas *et al.* (1994), y Elorduy-Garay y Caraveo-Patiño (1994). La hidrología de la Ensenada de La Paz ha sido abordada por Cervantes-Duarte *et al.* (2001) y la hidrodinámica por Aguirre-Bahena (2002).

En el estero El Conchalito se han realizado trabajos encaminados al estudio de sus comunidades: las aves han sido objeto de investigación por Carmona (1995) y Becerril y Carmona (1997), entre otros. La comunidad nectónica que usa los canales intermareales asociados a los manglares fue estudiada por González-Acosta *et al.* (1998), al igual que el papel que juegan estos hábitats para peces o macrocrustáceos. Descripciones y nuevos registros de especies de diatomeas bentónicas han sido descritos por Siqueiros-Beltrones y Mozairia-Luna (1999).

2 JUSTIFICACIÓN

Los humedales con flora de mangle sostienen pesquerías costeras y estuarinas, ya que postlarvas y juveniles de camarón, así como juveniles de peces utilizan estos ecosistemas como sitios para desarrollarse y alimentarse o como refugios donde se protegen de depredadores.

La comunidad del estero “El Conchalito” estuvo representada por 42 especies, 33 géneros y 21 familias de peces: Gerreidae (6), Haemulidae (6) y Gobiidae (5). 18 de las especies identificadas son explotadas comercialmente en la bahía y laguna adyacentes, lo cual resalta la importancia de este biotopo en el sustento de los recursos pesqueros de estos ambientes (González-Acosta *et al.*, 1998).

Para conocer y describir la dinámica hidrológica del estero El Conchalito es necesario determinar las variables físicas y químicas en el estero, así como su relación con el cuerpo de agua adyacente y la forma en que estos componentes varían en el tiempo y por efecto de la dinámica marina de las aguas aledañas.

El conocimiento de la variabilidad e influencia de los procesos biogeoquímicos en ambientes costeros puede ayudar a entender mejor la complejidad de estos ambientes marinos.

En el estero o manglar El Conchalito se han llevado a cabo trabajos encaminados al estudio de la flora y fauna. Un estudio anterior (Suárez-Altamirano, 2001), denota que las variaciones de la hidrodinámica en el estero influyen en las propiedades fisicoquímicas y señalan procesos de nitrificación muy fuertes en su interior a partir del balance de masas de variables, tales como salinidad, nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos, temperatura ambiente y del agua y oxígeno disuelto.

En los ecosistemas costeros tropicales o subtropicales no ha existido una investigación metódica sobre estos temas y actualmente, sólo se cuenta con algunos datos aislados para poder establecer cuales serían las concentraciones normales de nutrientes en

algunas áreas costeras de nuestro país. Bajo esta perspectiva, en el presente trabajo se presentan los resultados derivados de muestreos realizados en cuatro posibles épocas climáticas en el estado de Baja California Sur, durante el año 2002, con el propósito de contribuir a un mejor conocimiento sobre los fenómenos asociados a la presencia, casi siempre excesiva, de nutrientes en los ecosistemas costeros mexicanos.

Además se desconocen las variables que permitirían inferir sobre la complejidad del metabolismo del estero en estudio, así como los mecanismos que rigen estos procesos, por lo que este trabajo evalúa variables como amonio, Material Particulado Suspendido (MPS), pH, clorofila *a* y consumo bioquímico de oxígeno, que, al sumárselas a las variables mencionadas anteriormente, se pueda determinar el flujo de material disuelto y particulado entre el estero y la laguna aledaña.

3 OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer y describir los procesos de intercambio hidrodinámico del material suspendido y disuelto entre el estero El Conchalito y la laguna Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México, en función de los balances de masa y el entorno climáticos prevalecientes. Para determinar las condiciones ecológicas que contribuyen a su mantenimiento.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1. Cuantificar la concentración de nutrientes del agua en mareas vivas y muertas mediante ciclos de veinticinco horas en las diferentes épocas climáticas del año en el estero.
- 3.2.2. Estimar los volúmenes de intercambio de la masa de agua y la concentración de las variables físicas y químicas para estimar el flujo de nutrientes inorgánicos (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y PO_4^{3-}) entre el estero y la laguna durante el periodo de investigación y condiciones propuestas.
- 3.2.3. Determinar el balance de masas entre el estero y la laguna de los nutrientes antes mencionados, además de los correspondientes a clorofila a, MPS y salinidad. Y cómo estos parámetros contribuyen al mantenimiento del equilibrio ecológico.

4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación geográfica

El estero o manglar "El Conchalito" se localiza al suroeste del centro de la ciudad de La Paz, entre los 24° 8' 34" y 24° 7' 40" N y los 110° 21' 4" y 110° 20' 35" W, en la parte oriental de la laguna de La Paz, en los terrenos pertenecientes al CICIMAR-IPN (Fig. 1).

El manglar forma un humedal que está sujeto periódicamente a una inundación por efecto de las mareas. En la pleamar forma brazos angostos. El sitio de muestreo se determinó ubicarlo en la boca del canal de mareas (con un ancho de 10 m y una profundidad de 70 cm, aproximadamente), a través del cual se mantiene un intercambio de agua con la ensenada de La Paz. Este canal se prolonga al interior del estero por un trecho de aproximadamente 476 m de manera irregular y disminuyendo paulatinamente su profundidad (Fig. 2).

Cuenta con un área cubierta por manglar, la cual representa la única formación boscosa en la porción sureste de la ensenada. El manglar cubre un área total de 18.5 Ha, que, junto con las 20.8 Ha de marisma, forman el estero con un área total de 39.3 Ha (Robles-Gil, 1998; y González-Acosta, 1998). La zona de manglar está compuesta por tres especies de mangle, las cuales dominan la vegetación circundante del sistema: *Avicennia germinans*, en el área frontal; *Rizophora mangle*, hacia la porción central y *Laguncularia racemosa*, en la parte posterior, esto tomando como referencia la línea de la playa.

El estero se encuentra separado de la laguna aledaña por una barrera arenosa, de aproximadamente 200 m de largo, que va de sureste a noroeste, con un ancho que varía de la boca, donde alcanza 50 m, a la porción media, donde se registra un mínimo de 10 m, para ensancharse en el extremo contrario donde se une con el terraplén del CICIMAR-IPN.

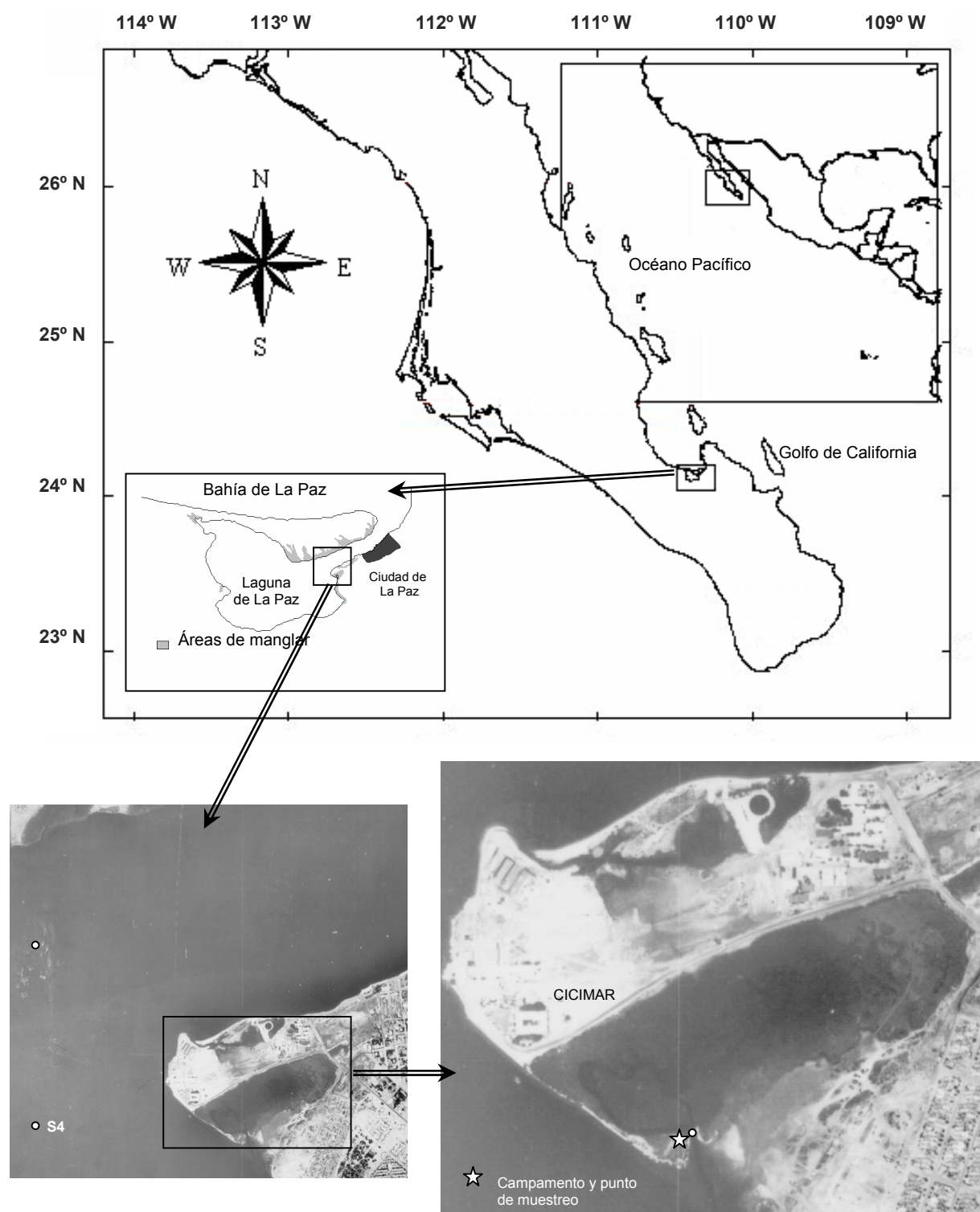


Fig. 1. Localización del área de estudio. Se detallan las áreas de manglar del sistema, el punto de muestreo (★) y los puntos en que se instalaron los correntómetros S4(O). Fotografía aérea INEGI 2000.

Del otro lado del canal de mareas se presenta un incremento en el nivel del suelo, compuesto por arena, en su mayor parte, y lodo, que queda expuesto en la bajamar. Entre estos dos cuerpos se forma el canal de mareas. La zona de marismas está compuesta por lodos y una mayor proporción de arena, mientras que en el área del bosque de mangles y al interior de ésta predominan los lodos, con una menor presencia de arenas. Los lodos, en su mayor parte, están formados por material orgánico en descomposición. No se registra ninguna formación rocosa dentro del área en estudio.

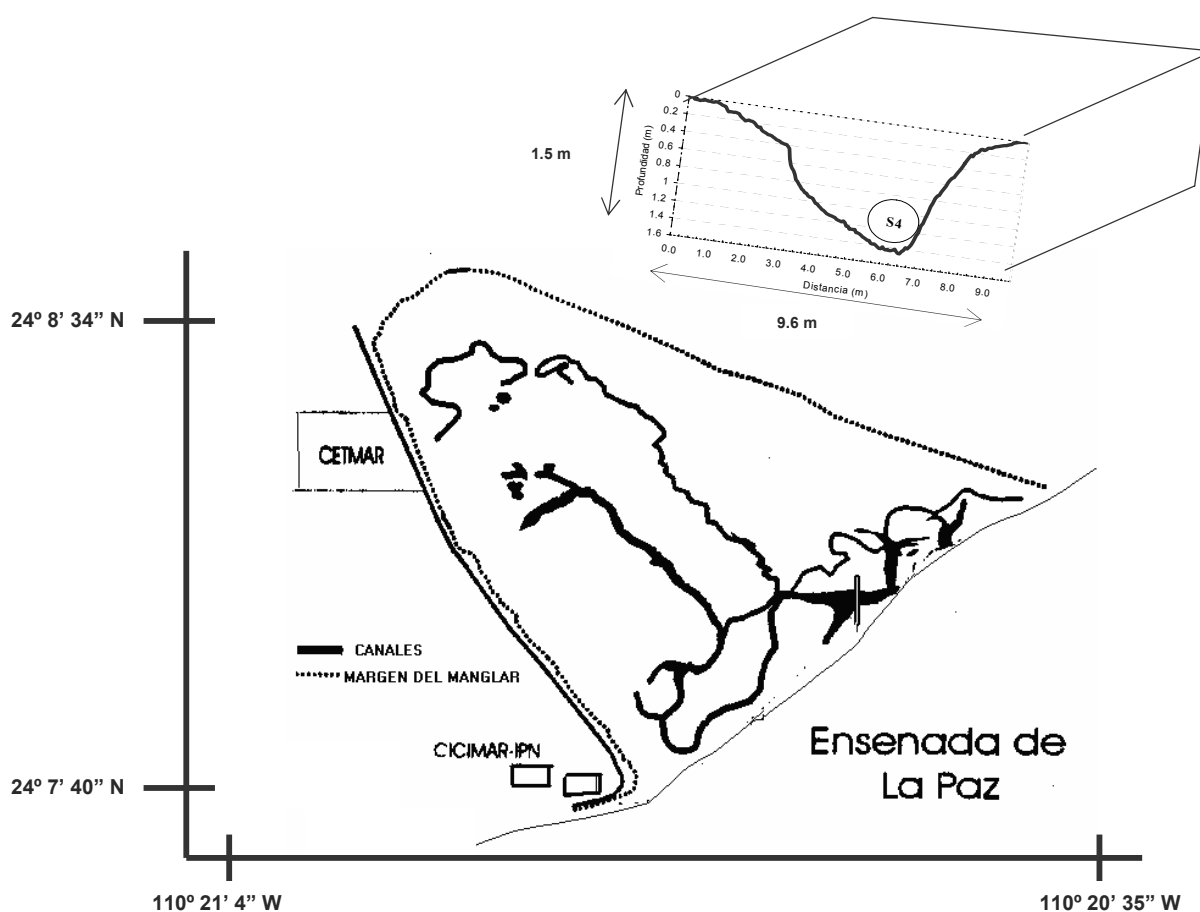


Fig. 2. Detalle del sistema de canales del área de estudio. Se detalla en la sección transversal del canal de mareas en el punto de muestreo, la batimetría del canal y su profundidad máxima, así como el sitio donde se colocó el correntómetro.

4.2. Condiciones climáticas

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), la ciudad de La Paz, por sus condiciones de temperatura y precipitación, presenta un clima BW (h')h w(e), es decir, seco, semidesértico y cálido, con una temperatura atmosférica media anual de 23.5 °C, con una oscilación que presenta máximas de 40 a 43 °C en los meses de junio a agosto y mínimas en los meses de diciembre a febrero con temperaturas de 2 a 8 °C (Espinoza, 1979 y Jiménez-Quiroz, 1991).

Con un régimen de lluvias escaso en la mayor parte del año, las precipitaciones se concentran principalmente en verano, siendo más abundantes en el mes de septiembre, con una precipitación promedio de 58 mm. También se registran lluvias en invierno, principalmente en el mes de diciembre. La época de estiaje se presenta de marzo a junio, con una precipitación promedio menor a 2 mm mensuales (Robles-Gil, 1998).

La evaporación media anual en La Paz es de 2 470 mm, con una media mensual de 206 mm, la que varía sustancialmente con la época del año. Es mayor en los meses de mayo, junio y julio, con más de 250 mm mensuales, a lo que favorece una mayor insolación, una alta temperatura y un menor contenido de humedad. A pesar de que la temperatura media es más alta en los meses de agosto y septiembre, la evaporación disminuye por efecto de una mayor humedad y nubosidad. En los meses de invierno, cuando la insolación y la temperatura se abaten, la humedad relativa aumenta y, en consecuencia, disminuye la evaporación, registrándose las lecturas más bajas en los meses de noviembre, diciembre y enero, con una evaporación menor a los 150 mm (Robles-Gil, 1988). Cuando el agua que se pierde de una superficie es mayor a la adición por lluvia da como resultado cierto déficit, conocido como aridez (Kjerfve *et al.*, 1999). Un método útil para expresar la aridez de un área geográfica específica es calcular la proporción de precipitación anual (P), y el potencial anual de evapotranspiración (PET). El valor de P/PET para el área de estudio oscila alrededor de 0.074.

La mayor cobertura de nubes se presenta en las estaciones de verano e invierno, con cielo medio nublado, mientras que la menor cobertura se observa en los meses de marzo a junio. La menor incidencia solar se presenta en los meses de invierno, particularmente en el mes de diciembre, con un promedio mensual de $1\,309\text{ J cm}^{-2}$, mientras que en el verano se alcanza la máxima exposición en el mes de junio con una media mensual de $2\,348\text{ J cm}^{-2}$, debido a que los rayos solares inciden casi perpendicularmente hacia el cenit, lo que coincide con la máxima duración del período diurno y la nubosidad más baja del año, lo cual incrementa los niveles de exposición a la radiación solar (Robles-Gil, 1998). La humedad relativa oscila entre 66 y 72%, lo que asocia a esta zona con condiciones áridas o desérticas (Espinoza, 1979), con una media anual de 69%. Los meses con mayor porcentaje de humedad son enero, noviembre y diciembre, mientras que los meses más secos son abril, mayo y junio (Robles-Gil, 1988).

4.3. Hidrología

El régimen de mareas en la zona se ha caracterizado como semidiurno mixto, con una media de 1.02 m en la amplitud de marea y corrientes con velocidades de hasta 1 m/s en la boca de la laguna de La Paz, y un máximo de hasta del 55% de mareas vivas, del total de las mareas observadas durante el año (García-Pámanes, 1978). El área no presenta un oleaje permanente, ya que sólo se da de manera extraordinaria durante eventos meteorológicos, como collas y huracanes, por lo que se le considera mínimo. De esta manera el estero se encuentra principalmente influido por los efectos de las mareas astronómicas. Esta influencia se ve incrementada debido a la poca pendiente y a su poca profundidad en el área de estudio.

La salinidad se incrementa gradualmente hacia el interior de la laguna. Lo somero del cuerpo de agua, aunado a la alta tasa de evaporación, la escasa precipitación pluvial y el prácticamente nulo aporte de agua de sistemas adyacentes origina características

antiestuarinas (Espinosa *et al.*, 1982). Se considera, dado que no hay estudios al respecto, que el estero presenta las mismas características antiestuarinas que la laguna, debido a que también se encuentra sujeto a una alta evaporación, escasa influencia por precipitación y nulos escurrimientos de agua dulce. El sistema en estudio tiene una profundidad promedio de marea de 0.42 m, con un área de inundación de 30.7 h (307 000 m²), la cual llega a contener un volumen de 138 700 m³, y un volumen de intercambio por marea de 136 750 m³, por cada ciclo anual de 110 430 000 m³a⁻¹, una precipitación anual de 219 mm a⁻¹ y una evaporación de 2 487 mm a⁻¹, con un tiempo de residencia del agua que oscila entre 1.02 y 1.12 ciclos de marea. Presenta un régimen de marea semidiurno durante mareas vivas y casi diurno durante mareas muertas (De la Cruz, 1998 y Suárez-Altamirano, 2001).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

Para cada una de las campañas predeterminadas (cuatro a lo largo del año) se llevó a cabo un muestreo en marea viva y otro en marea muerta, previo al cual se instaló un campamento en el área de estudio. Los muestreos se llevaron a cabo en ciclos completos de marea de 25 horas, en marea viva (luna llena) y marea muerta (cuarto menguante), en cada uno de los meses representativos de cada época climática del ciclo anual previamente determinadas: época templada, cálida y de transición (Figura 5), dando como resultado un total de ocho campañas de muestreo a lo largo del ciclo anual: dos en febrero, dos en junio, dos en septiembre y dos en noviembre, meses correspondientes a las respectivas épocas climáticas. Ello se llevó a cabo mediante la siguiente implementación:

5.1. Análisis de agua

5.1.1. Colecta de las muestras y análisis *in situ*

Para registrar algunas de las características físicas y químicas del agua se instalaron dos mareógrafos (correntómetros) *InterOcean Instruments, modelo S4*, uno en el canal de mareas del estero en las coordenadas 24° 07' 52" de latitud norte y 110° 22' 15" de longitud oeste, a una profundidad promedio de 0.8 m, y otro en la porción media del canal de mareas de la laguna, en las coordenadas 24° 08' 74" de latitud norte y 110° 21' 49" de longitud oeste a una profundidad de 7 m. Con éstos se registró la velocidad y dirección de la corriente, conductividad, temperatura del agua, profundidad, salinidad y densidad en el manglar El Conchalito (Fig. 2) y en la laguna de La Paz (Fig. 1). Los correntómetros se programaron para registrar un dato por minuto y guardar el promedio de estos datos cada cinco minutos, durante cinco días: dos días antes del muestreo, durante el mismo y dos días posteriores a él.

Para los análisis de nutrientes en el laboratorio se colectaron muestras de agua de mar en el canal de mareas del estero, mediante una bomba sumergible atada a un vástago de policarbonato con una boya, lo que permitía que la bomba se encontrara siempre a la misma profundidad (a 15 cm de la superficie del agua). La colecta se llevó a cabo a través de una manguera en envases de plástico HDPE de 250 y 125 ml de capacidad y en botellas de polietileno de medio galón, según las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972). Para nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos, clorofila *a* y la materia particulada suspendida (MPS), respectivamente. Las muestras de agua marina destinadas para estas determinaciones se conservaron en una hielera, en la oscuridad, inmersas en hielo, para ser llevadas en lapsos de seis horas al laboratorio. Allí se congelaron a -50 °C hasta su determinación.

5.1.2. Análisis de los nutrientes

La determinación de los nutrientes se realizó mediante el método espectrofotométrico según las técnicas descritas: para fosfatos, por Strickland y Parsons, (1972), con precisión de $\pm 0.03 \mu\text{mol l}^{-1}$; para amonio, por Strickland y Parsons, (1972) modificada a la décima parte de las cantidades recomendadas, con precisión de $\pm 0.05 \mu\text{mol l}^{-1}$; para nitritos y nitratos, por Strickland y Parsons, 1972, con precisión de $\pm 0.5 \mu\text{mol l}^{-1}$; y para silicatos, por Mullin y Riley, 1955, con precisión de $\pm 0.25 \mu\text{mol l}^{-1}$, todas éstas compiladas en Parsons *et al.*, 1984.

5.1.3. Análisis de clorofila *a*

Para la determinación de clorofila *a* se llevó a cabo una filtración por presión positiva mediante filtros de fibra de vidrio G/FF de aproximadamente 0.7 μm de abertura de poro y 25 mm de diámetro, mediante la técnica propuesta por Jeffrey y Humphrey, (1975), con

precisión de $\pm 0.01 \text{ mg/m}^3$, la cual consiste en diluir en acetona el pigmento para ser leído por colorimetría a 630, 647, 664 y 730 nm de λ .

5.1.4. Determinación de las concentraciones de MPS

El calculo de la MPS, se llevó a cabo mediante el método gravimétrico propuesto por Banse *et al.*, (1963), con precisión de $\pm 0.01 \text{ mg/l}$, el cual consiste en obtener la diferencia de pesos entre filtros nuevos, a peso constante, y los mismos filtros después de filtrar la muestra de agua (para el presente estudio se filtraron 500 ml de agua) y se lavaron con agua destilada para eliminar las sales. Los filtros son pesados, una vez secos, a 60°C a peso constante y aclimatados en un desecador dos horas antes en el laboratorio. El peso se obtuvo en una balanza analítica marca *OHAUS modelo AP-250D*, con precisión de $\pm 0.01 \text{ mg}$. Los filtros utilizados en esta técnica fueron de membrana de policarbonato marca *Nucleopore* de $0.4 \mu\text{m}$ de abertura de poro y 47 mm de diámetro.

5.1.5. Medición de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno

Otras muestras se colectaron en botellas *D.B.O.* de 50 ml de capacidad para la determinación de oxígeno disuelto (OD) en botellas claras, y para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno con incubación de cinco días (DBO_5) en botellas oscuras, las cuales se mantuvieron en un baño de agua dentro de una hielera para estabilizar la temperatura de incubación a $25^\circ\text{C} \pm 1.5^\circ\text{C}$. Ambas técnicas se llevaron a cabo por el método yodométrico de Winkler modificado. Para el OD las muestras se fijaron inmediatamente y se conservaron en un baño de hielo hasta su análisis, tiempo que no excedió de ocho horas.

Para todos los casos de medición colorimétrica se usó un espectrofotómetro digital marca *Spectronic 1201*. Los datos obtenidos de estos análisis se obtuvieron en unidades de volumen $\mu\text{mol l}^{-1}$ ($\mu\text{g-at/l}$), y posteriormente fueron transformadas a g/m^3 y se multiplicaron

por el volumen neto de agua contenida en el estero para determinar la concentración neta (masa) de cada uno de los nutrientes al momento del muestreo, y, con ello, obtener una aproximación de las cantidades que salen o entran al humedal de las formas químicas analizadas para, en consecuencia, determinar el sentido del flujo que presentan.

5.2. Caracterización climática e hidrotopográfica

Los datos climatológicos incluidos en el análisis fueron: temperatura atmosférica (del aire), presión atmosférica, tiempo de irradiación solar y radiación solar, humedad relativa atmosférica (del aire), precipitación, cobertura de nubes, dirección y velocidad del viento. Esta información se obtuvo a partir del registro que lleva el Observatorio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua en La Paz, descrito para la zona de estudio.

Las curvas de marea se obtuvieron mediante el mareógrafo y éstas se graficaron contra las variables físicas y químicas con el fin de evaluar la variabilidad entre las diferentes épocas del año, así como entre los tipos de marea.

5.3. Dinámica hidrológica

Para la estimación del balance de masas se cuantificaron las entradas y salidas en el estero de las cantidades de O_2 disuelto, DBO_5 , nutrientes (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , $SiO_2 \cdot H_2O$ y PO_4^{3-}), clorofila *a* (Cl_a) y materia particulada suspendida (MPS). Dicha estimación se obtuvo considerando las diferencias de volumen del agua que entra y sale del sistema durante el ciclo de marea completo.

La obtención del volumen de agua intercambiado por los dos sistemas por medio del canal de mareas se calculó tomando en consideración el área de la sección transversal de dicho canal, la velocidad de corriente, la profundidad del sistema y el incremento en la altura de la columna de agua por efecto de las mareas.

5.4. Cálculo de la sección transversal

El área de la sección transversal del canal de mareas del estero se obtuvo usando un perfil batimétrico, calculado por medio de una barra de acero con un muerto soldado en el extremo inferior y en forma de plancha para evitar el hundimiento en el fango. A la barra se le pegó una cinta métrica con divisiones de un milímetro, desde la base de la misma, empezando en cero. Se fijaron los puntos extremos del canal durante la marea más alta del año y se fijó un transecto con marcas a cada cinco centímetros de un extremo a otro del canal en el punto de muestreo (Fig. 2). Con la ayuda de la barra se midió, desde un extremo hasta el otro del canal, a espacio de cinco centímetros, la altura de la columna de agua, con lo que se obtuvo: la altura o profundidad del sistema, la distancia entre cada medición y el nivel de marea, datos con los cuales se calculó el perfil batimétrico del corte transversal del canal, y, en consecuencia, el área de éste. Utilizando dicho perfil, y empleando la fórmula de base por altura para cada uno de los rectángulos obtenidos, donde la base se corresponde con el intervalo de distancia longitudinal entre un dato de altura y otro, y la altura corresponde a cada uno de los datos de profundidad obtenidos mediante la medición con la barra metálica. Para obtener el área total se multiplicó el intervalo de distancia, que, en nuestro caso, fue de 0.05 m, por la suma de los cambios de profundidad, mediante la siguiente fórmula:

$$A = \sum (Y) \Delta x$$

donde:

A es el área transversal del canal, expresada en m², **Y** es el conjunto de datos de profundidad del sistema en m, **Δx** es el intervalo de distancia en m.

5.5. Cálculo del balance

Las concentraciones de cada una de las variables en el momento i , que corresponde a cada hora de cada uno de los ciclos de marea muestreados, se multiplicó la velocidad de la corriente por el área de la sección transversal para ese momento, obteniendo de esta manera el gasto, que al multiplicarse por el intervalo de tiempo entre un dato y otro, es decir, entre una hora y otra, equivalente a 3 600 seg, se obtiene el volumen de agua desplazada. Se sumaron los volúmenes parciales horarios en 25 horas del ciclo obteniéndose así el transporte neto de agua en m^3 . Los valores de la velocidad positivos, entonces, corresponderán a la masa de agua que entra al sistema, mientras que los valores de velocidad negativos corresponden a la masa de agua que sale del sistema.

Por último, el balance hidrológico se calcula por la suma algebraica de las entradas y salidas de agua que se registraron para cada uno de los ciclos de marea estudiados.

5.6. Cálculo del balance de masas

Las concentraciones obtenidas de los muestreos realizados fueron tomados cada hora, durante ciclos oceanográficos de 25h. Cada una de las variables químicas fueron calculadas y expresadas en unidades de masa por unidades de volumen (g/m^3), y con la estimación de los volúmenes de inundación para cada ciclo de marea se pudo calcular la cantidad total en masa de cada variable, determinada en el presente estudio mediante el estimado obtenido de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\sum Q_i * C_i = (\sum V_i * A_i) * C_i$$

donde:

$$A_i = \sum (h * \Delta x)$$

Y donde Q_i es el volumen de intercambio en m^3s^{-1} , V_i es intensidad de la corriente en ms^{-1} a un tiempo dado (i), A_i es el área transversal del canal expresada en m^2 en el tiempo i , h es la profundidad del sistema, Δx es el paso de espacio horizontal entre mediciones de profundidad en m, y C_i es la concentración de cada una de las variables analizadas para ese tiempo dado (i), (Jiménez Illescas, Com. Pers., 2003). El balance de masas resultante de cada parámetro se obtiene con la suma algebraica de las entradas y salidas para cada uno de los ciclos de marea y un procedimiento similar se usa en el calculo del total global anual.

6. RESULTADOS

Para una mejor apreciación de los resultados, las variables medidas durante el presente estudio se graficaron contra tiempo, y se relacionaron con la curva de mareas. Los resultados de las mediciones de la amplitud de marea, de los parámetros ambientales e hidrometeorológicos, los resultados del balance de masas, de los valores mínimos, valores máximos, media aritmética y desviación estándar de algunas de las variables físicas y químicas del agua de mar, un análisis de correlación y los resultados de las Razones de Redfield se muestran en las Tablas I, II, III, IV, V y VI, respectivamente. En la Tabla VIII se muestra la concentración de las variables químicas en el estero en comparación con las obtenidas en la laguna (reportadas por otros autores).

Con los resultados de las mediciones topográficas se obtuvo el perfil batimétrico de la sección transversal del canal de mareas, tal como se muestra en la Fig. 2.

6.1. Corrientes

Como se puede observar en la Figura 3 las intensidades de las corrientes tienen una relación directa con los ciclos de marea. Correspondiendo a mayores dinámicas en las pleamares, y a su vez a menores en las bajamares, la mayor intensidad de corriente se observó durante la marea viva del mes de noviembre, mientras que la mínima se registró durante la marea muerta del mes de junio. Mientras que las energías más bajas se registran durante las mareas muertas del mes de febrero y noviembre, las mayores energías se observan en las mareas vivas de septiembre y noviembre. Como se detalla a continuación, durante los meses de muestreo, la mayor intensidad se dio durante el mes de noviembre, con una máxima de 69 cm/s y la mínima registrada en junio con una intensidad de corriente de 1.3 cm/s, y un promedio entre los muestreos de 16.5 cm/s.

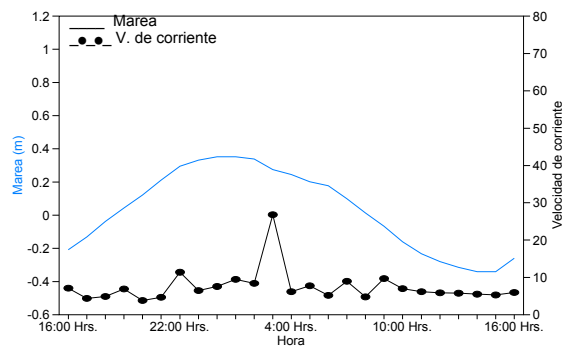
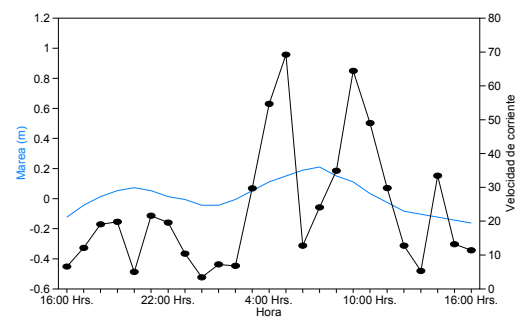
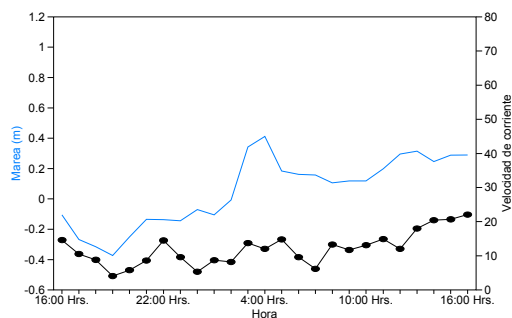
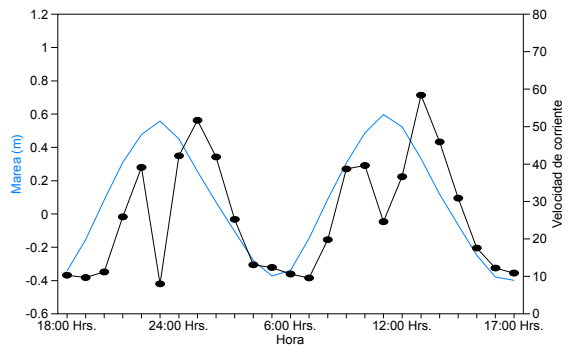
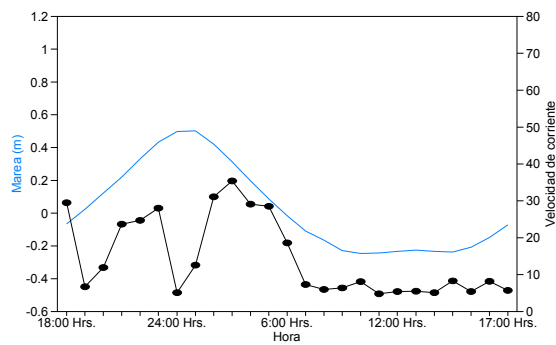
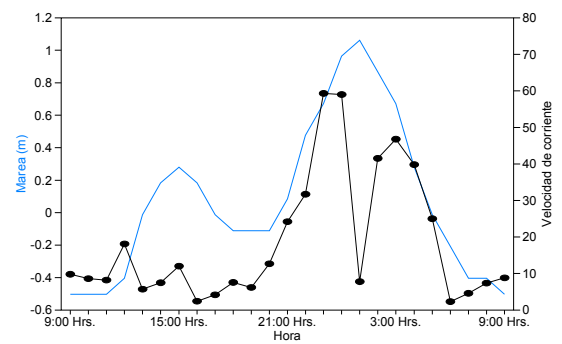
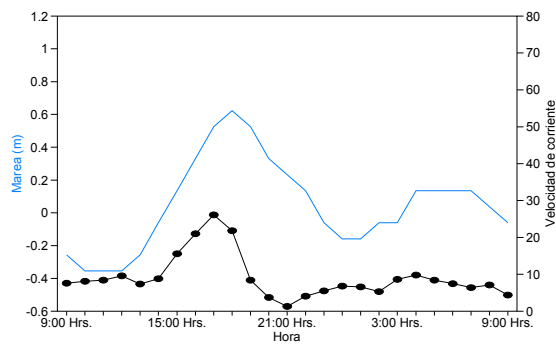
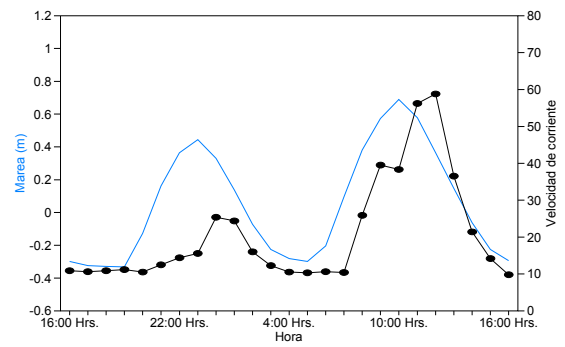
MAREAS MUERTAS**MAREAS VIVAS**

Fig. 3 Relación del nivel de mareas y la velocidad de corriente durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

6.2. Climatología

La velocidad máxima del viento se registró en el mes de febrero del año en estudio con 5.70 m/s. Cabe mencionar que en este mes se presentó una colla de menor intensidad, la que se registró por un periodo de tres horas con vientos sostenidos del NW y velocidad máxima de 2.5 m/s. Otra colla con un periodo intermitente se presentó en el mes de noviembre durante los días 19-20, correspondientes al muestreo de marea viva, con vientos sostenidos del NW y una velocidad máxima de 4.7 m/s (Tabla II y Fig. 4).

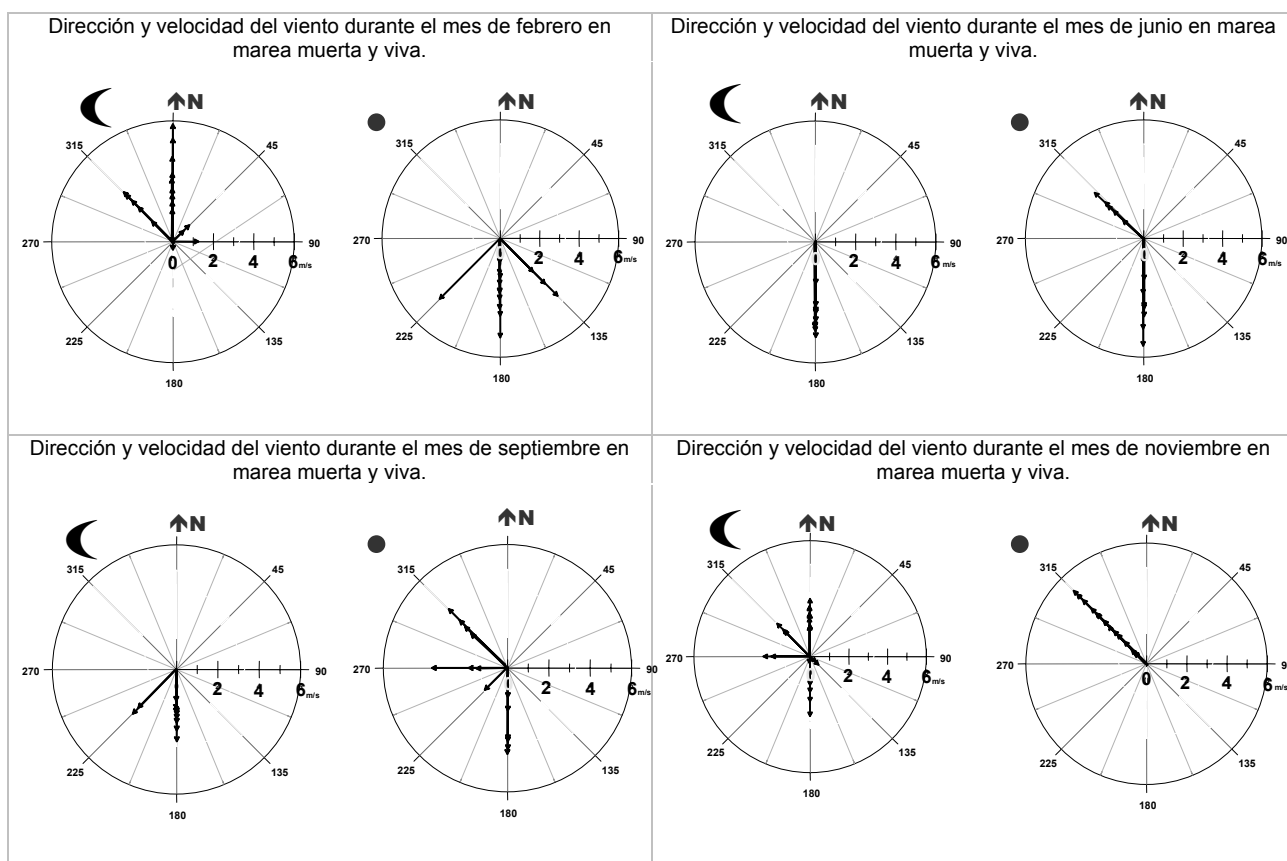


Fig. 4 Diagrama polar que muestra la variación de velocidad y dirección del viento durante los periodos de muestreo a lo largo del año 2002 en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, durante los periodos de marea viva y marea muerta para las cuatro estaciones del año. Dirección en grados y velocidad en m/s. ☾: muestreos durante marea muerta y ●: muestreos durante marea viva.

El promedio anual de la temperatura del aire registrado para este estudio fue de 23 °C, presentando una mínima en el mes de febrero con 12 °C, y una máxima en el mes de septiembre de 37 °C, con una variación de 25 °C entre los meses estudiados (Tabla II y Fig. 6). La temperatura del agua muestra una relación directamente proporcional a la radiación solar y a los niveles de irradiación, presentándose las temperaturas más altas en los mayores tiempos de radiación.

6.3. Condiciones climáticas a lo largo del año

La marcha climática fue normal durante el año de estudio, es decir, que no se presentaron anomalías evidentes, con temperaturas acordes a las etapas de cambio de fase del planeta. En la figura 5 se pueden observar los tres grupos que evidencian los tres estados del tiempo que se registraron a lo largo del 2002, derivado de un análisis de correlación de componentes principales de los factores (en el que se incluyen la temperatura ambiente la radiación solar la precipitación, intensidad del viento, humedad relativa y presión atmosférica), basados en las covarianzas y registrados en registros diarios con lapsos de 15 minutos para todos los meses del año en estudio. En este análisis se determinó que la región se rige por tres épocas climáticas a lo largo del año; una templada o “fría” a principios de año, una cálida a mediados de año y una época de transición entre la época cálida y la templada.

El primer grupo, denominado I, corresponde a la época templada con temperaturas más bajas, lluvias ocasionales, sobretodo al principio del año, mayor incidencia de viento y presencia de collas, así como una baja radiación solar. El grupo II, correspondiente a la época cálida, se caracteriza por presentar temperaturas mayores, alta radiación solar poca humedad relativa, vientos moderados y casi nula precipitación. El grupo III corresponde a la época de estiaje, denominada en este trabajo de transición, con mayor variación en la temperatura y en el viento muy poca o casi nula precipitación y radiación solar moderada. El

grupo III se corresponde con la temporada de huracanes local, por lo que las precipitaciones ocasionales no son considerables; cuando se presentan ocasionan mayor humedad relativa, menor radiación solar por cobertura de nubes, pero altas temperaturas.

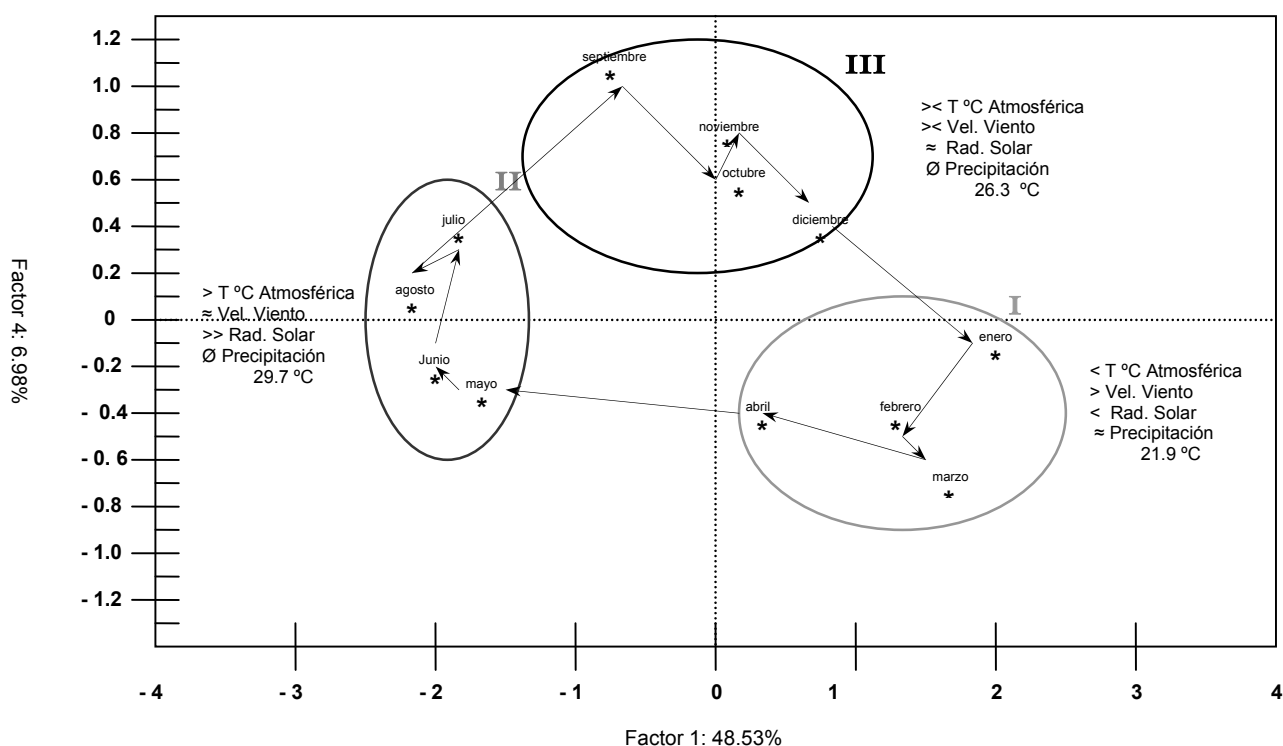


Figura 5. Análisis de correlación de componentes principales de los factores basados en las covarianzas, para todos los meses del año 2002. en el se incluyen la temperatura ambiente la radiación solar, la precipitación, intensidad del viento, humedad relativa y presión atmosférica, para la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México, del 1 de enero al 31 de diciembre de 2002.

6.4. Análisis de los ciclos de marea (curvas de marea)

El ciclo de marea para cada muestreo correspondió a la marea viva de mayor amplitud y a la marea muerta de menor amplitud en cada mes programado para el muestreo. Las curvas de marea se presentan asociadas a la hora en cada caso. Para las tres épocas en estudio, las curvas de marea muestran un comportamiento semidiurno mixto, presentándose dos pleamares y dos bajamares de distinta altura durante mareas vivas, y

muy cercano al diurno, es decir, una pleamar y una bajamar durante mareas muertas para cada ciclo lunar correspondiente (Fig. 3 y 7).

Tabla I. Amplitud de marea, mínimos y máximos, durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito durante el año 2002.

Mes	Febrero		junio		septiembre		noviembre	
Marea	Muerta	Viva	Muerta	Viva	Muerta	Viva	Muerta	Viva
mínima	-0.34	-0.33	-0.35	-0.50	-0.25	-0.40	-0.16	-0.37
máxima	0.35	0.69	0.62	1.06	0.50	0.60	0.21	0.42
amplitud	0.69	1.02	0.98	1.56	0.75	1.00	0.37	0.79

El nivel de marea determinado para el estero durante los meses en estudio tuvo una media de 0.04 m durante el año, con una máxima en marea viva de 1.06 m en el mes de junio y la mínima durante el mismo período de marea en el mismo mes con un registro de -0.50 m con respecto al nmm. Se registró una amplitud de marea máxima en el período analizado de 1.56 m, correspondiente al mismo mes (Tabla I).

La oscilación promedio fue de 0.89 m con respecto al nmm, con un patrón de incremento hacia el mes de junio y febrero, decreciendo para el mes de septiembre y noviembre. El mes que presentó el rango de marea más grande, con un valor de 1.56 m durante la marea viva, fue junio, mientras que el rango más bajo, con 0.37 m, corresponde a noviembre durante la marea muerta; en septiembre y noviembre se registra un rango de marea de 0.99 y 0.78 m, respectivamente, durante la marea viva, y de 0.75 y 0.37 m en el periodo de marea muerta en el mismo orden. Para febrero, los rangos de marea oscilaron entre los 1.02 m, durante la marea viva, y los 0.69 m en marea muerta (Fig. 7).

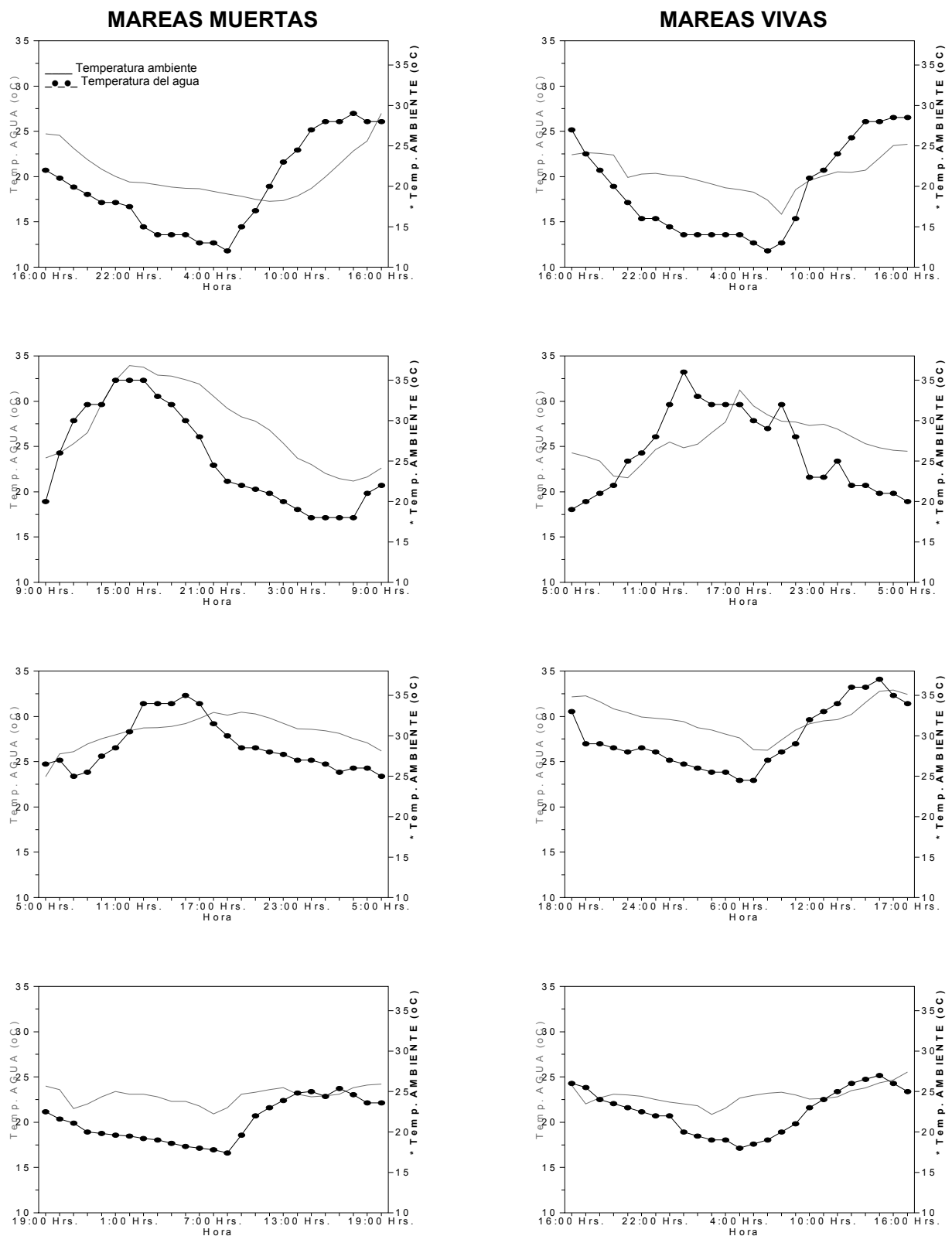


Fig. 6 Variación de la temperatura del agua y del aire durante los periodos de muestreo del año 2002 en el manglar El Conchalito, durante los periodos de marea muerta y marea viva para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

Se ha estimado un tiempo de retraso en la onda de marea para esta zona de 25 minutos con respecto a la predicción para el muelle fiscal de la ciudad de La Paz (Jiménez-Illescas *et al.*, 1994); sin embargo, el tiempo de influencia de la masa de agua del interior de la laguna es casi inmediato en el cuerpo de agua del estero, como se puede observar en la Figura 7, en el presente estudio no se registró un retraso claro para ninguna de las campañas analizadas. Se pudo observar que durante el mes de junio se maximiza la influencia de la marea en el manglar, disminuyendo su influencia considerablemente en el mes de noviembre.

6.5. Hidrología

La temperatura del agua registró sus mayores niveles en el mes de junio con una máxima de 33.9 °C y sus niveles más bajos con un decremento significativo, presentando una mínima de 15.83 °C para febrero, con un promedio anual de 24.5 °C y una variación de 18.1 °C a lo largo del año (Fig. 6).

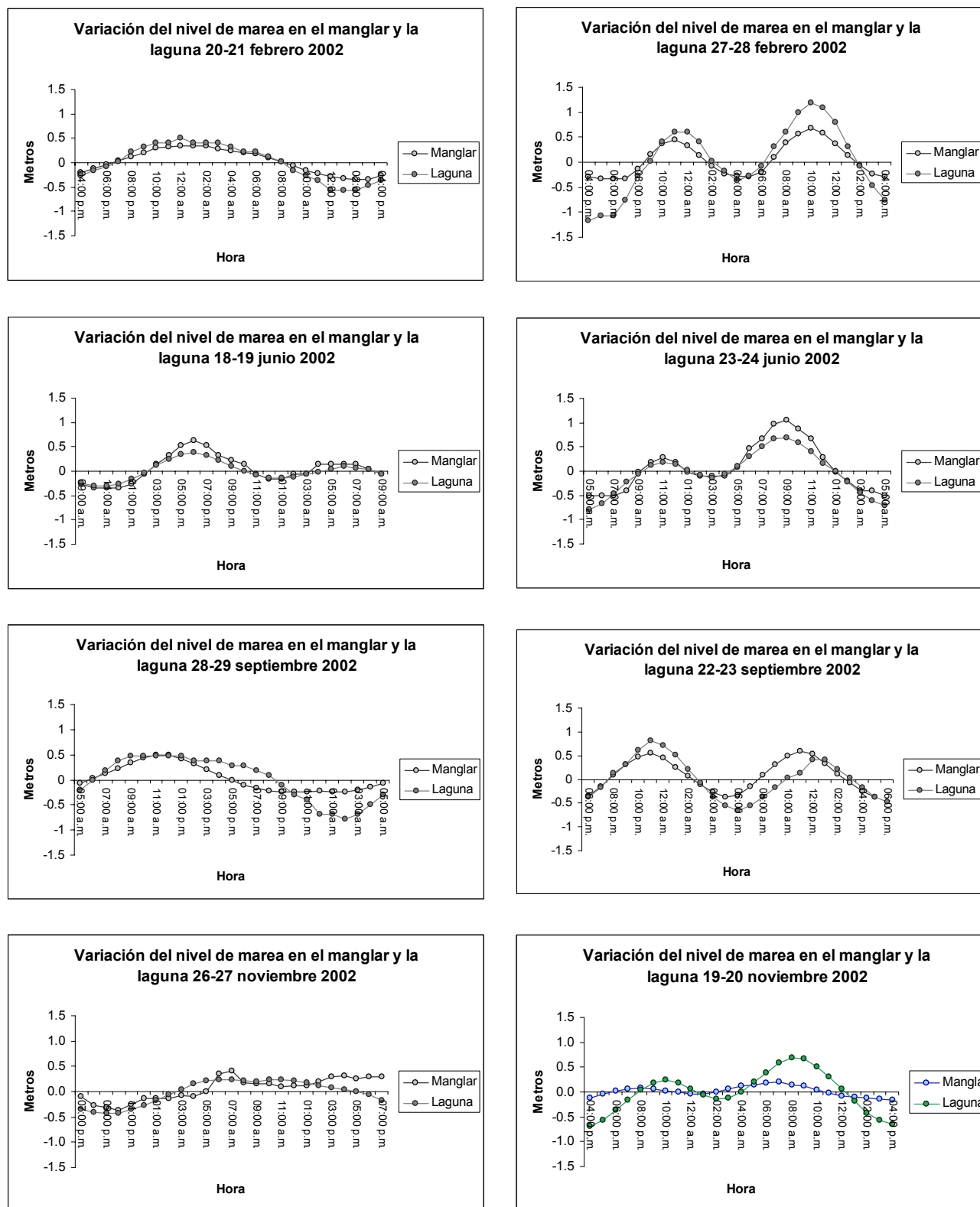


Fig. 7 Variación del nivel de marea durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, y la laguna de La Paz, durante las mareas muertas (primera columna) y mareas vivas (segunda columna) para las cuatro estaciones del año.

La salinidad promedio para el periodo de estudio fue de 38.5 ups con una máxima de 44.3 ups en junio y una mínima de 34.5 ups en septiembre. La oscilación observada para esta variable fue de 9.79 ups (Fig. 8).

En lo concerniente al pH, se observó la mayor concentración de protones $[H^+]$, durante la marea muerta del mes de junio, con un valor de 8.7 pH, y la menor valor durante el ciclo de marea muerta del mes de febrero, con un valor de 6.4 pH y una media anual de 8.1 pH. La oscilación que se observó fue de 2.5 pH (Fig. 9).

El oxígeno disuelto presenta un valor máximo de 8.7 mg O_2/l para el mes de junio y un mínimo de 1.3 mg O_2/l , para el mes de septiembre, ambos durante el periodo de marea muerta (Fig. 10). La variación del oxígeno se registró en 7.3 mg O_2/l , mientras que los consumos de oxígeno más bajos se observaron durante el régimen de marea viva en septiembre, con un consumo diario promedio del 0.01 mg O_2/l por día, y las mayores demandas del gas en el mes de junio con marea muerta, con 1.2 mg O_2/l por día, y un promedio de demanda de este gas de alrededor de 0.4 mg O_2/l por día, para los cuatro meses analizados (Fig. 11).

En los resultados de los análisis de nutrientes se pudo observar fuertes variaciones temporales durante el presente estudio y se estimó una concentración promedio para el ion nitrito (NO_2^-) de 0.16 $\mu mol\ l^{-1}$, con un máximo de 0.63 $\mu mol\ l^{-1}$ para el mes de septiembre en marea muerta, y un mínimo para el mes de junio bajo la influencia de la marea viva, con una concentración de 0.02 $\mu mol\ l^{-1}$, con una variación de 0.61 $\mu mol\ l^{-1}$, y una concentración promedio de 0.16 $\mu mol\ l^{-1}$ (Fig. 12). Para los nitratos (NO_3^-) se registró una concentración media de 3.26 $\mu mol\ l^{-1}$, con un valor máximo de 15.27 $\mu mol\ l^{-1}$ en junio durante la marea viva, y un mínimo de 0.03 $\mu mol\ l^{-1}$ en noviembre durante la marea muerta; este ion mostró una variación de 15.24 $\mu mol\ l^{-1}$ (Fig. 13).

Los fosfatos (PO_4^{3-}) promediaron una concentración de $0.81 \mu\text{mol l}^{-1}$, con una máxima de $2.80 \mu\text{mol l}^{-1}$ y una mínima de $0.02 \mu\text{mol l}^{-1}$ en el mes de noviembre bajo marea viva para ambos casos, observándose una variación de $2.78 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Fig. 14).

La concentración promedio de los silicatos ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en el estero fue de $15.62 \mu\text{mol l}^{-1}$, con una máxima de $41.72 \mu\text{mol l}^{-1}$ en el mes de junio en marea muerta, y con una mínima en el mes de febrero con $1.49 \mu\text{mol l}^{-1}$ bajo el régimen de marea viva, y una variación de $40.23 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Fig. 15).

El amonio (NH_4^+) observó una concentración promedio durante el periodo de estudio de $0.76 \mu\text{mol l}^{-1}$, registrándose el valor más alto de concentración durante la marea muerta del mes de septiembre, que fue de $2.57 \mu\text{mol l}^{-1}$, y la concentración más baja durante el régimen de marea viva en el mes de noviembre con $0.02 \mu\text{mol l}^{-1}$. La variación en la concentración de este compuesto durante el periodo de estudio fue de $2.48 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Fig. 16).

La clorofila *a* (Cl *a*) mostró las concentraciones más bajas correspondientes a 0.63 mg/m^3 durante la marea muerta del mes de febrero, mientras que la máxima concentración se observó durante la marea muerta del mes de junio con una concentración de 21.71 mg/m^3 . La media anual de esta variable fue de 2.32 mg/m^3 y una variación de 21.08 mg/m^3 (Fig. 17).

El material particulado suspendido (MPS) registró su mayor concentración en noviembre durante la marea viva con 69.2 mg/l , mientras que durante el periodo de marea muerta del mismo mes registró su concentración más baja con un valor de 3.7 mg/l . La variación a lo largo del muestreo fue de 65.5 mg/l con un promedio de 15.8 mg/l (Fig. 18).

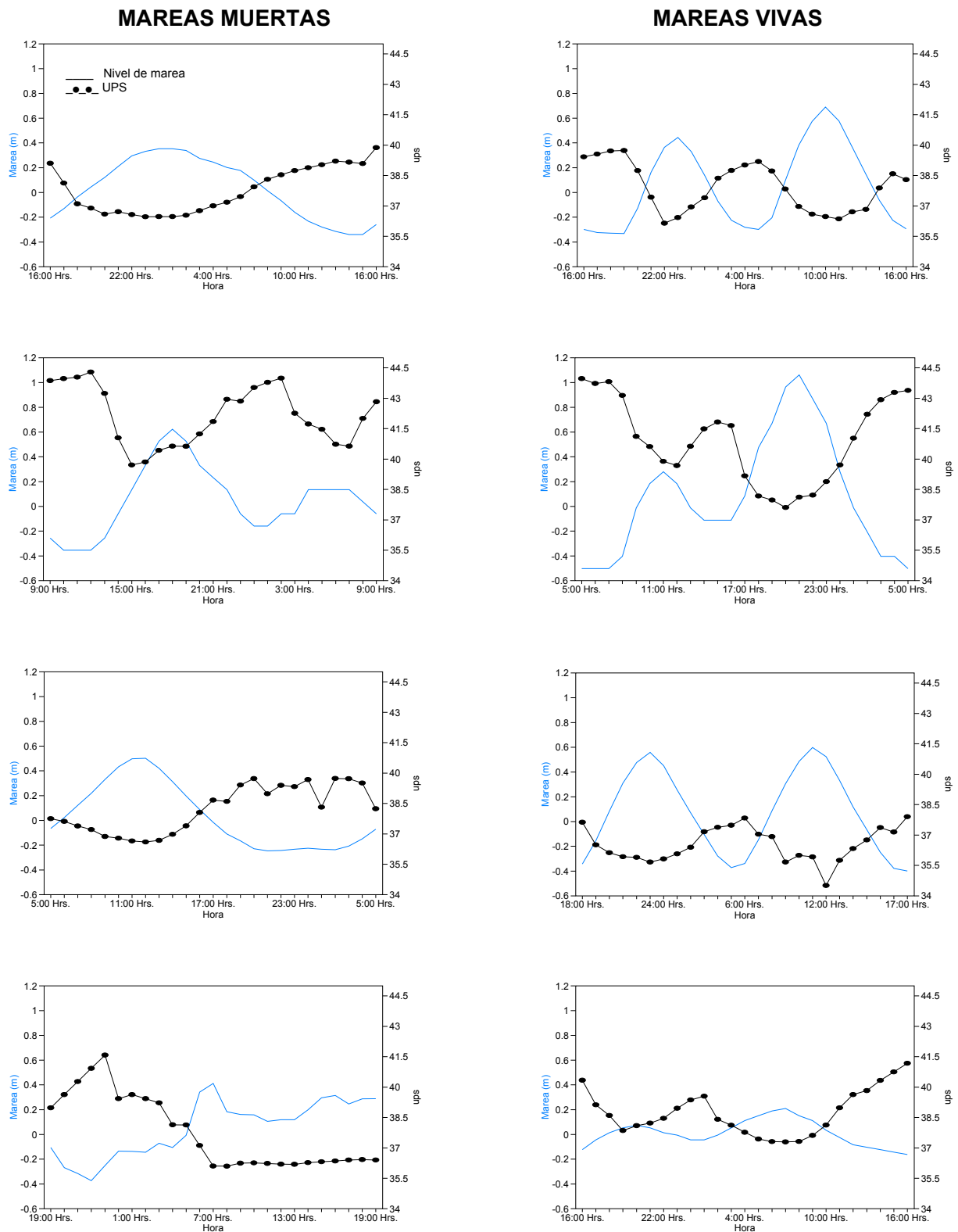


Fig. 8 Variación de la salinidad del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

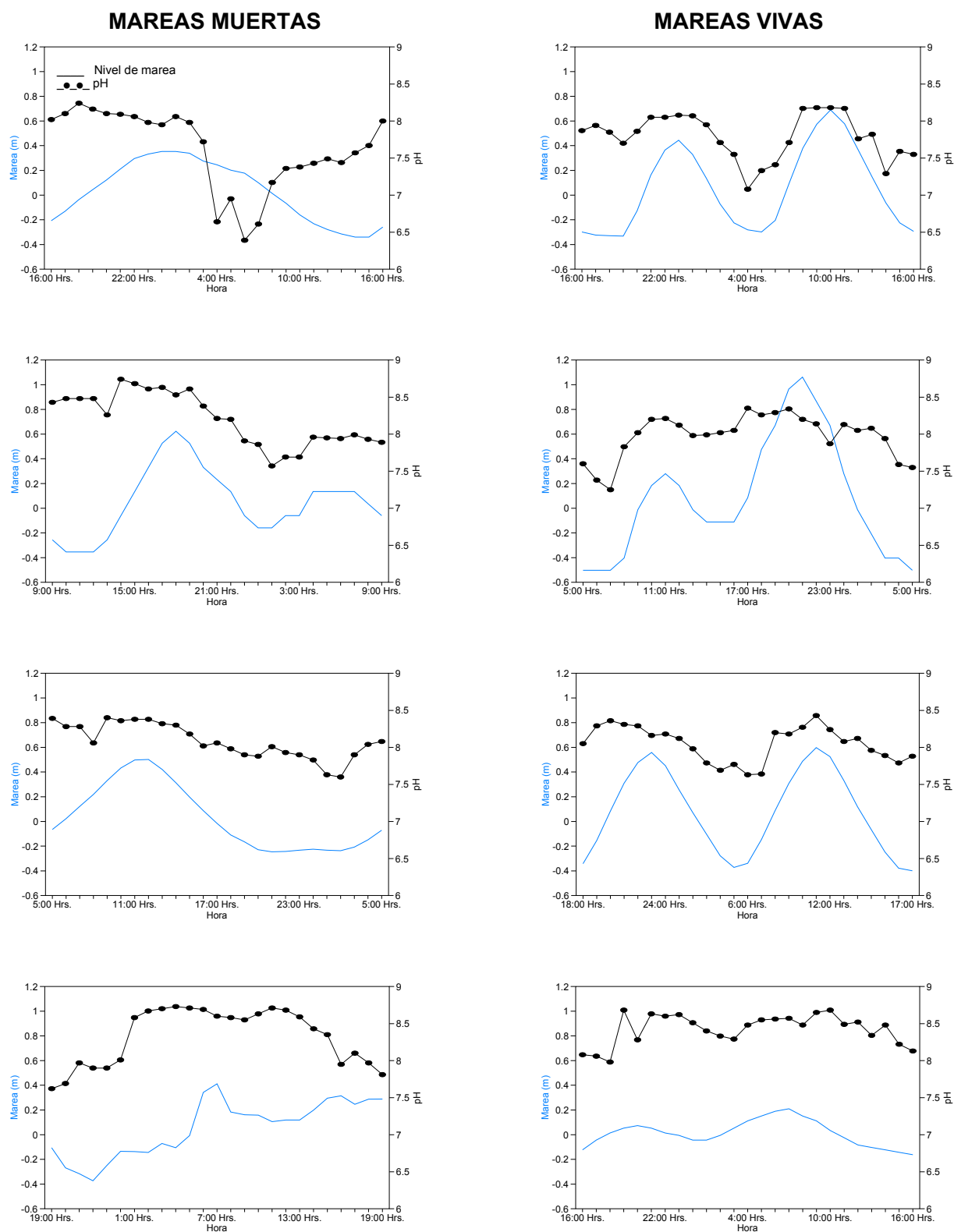


Fig. 9 Variación del pH del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

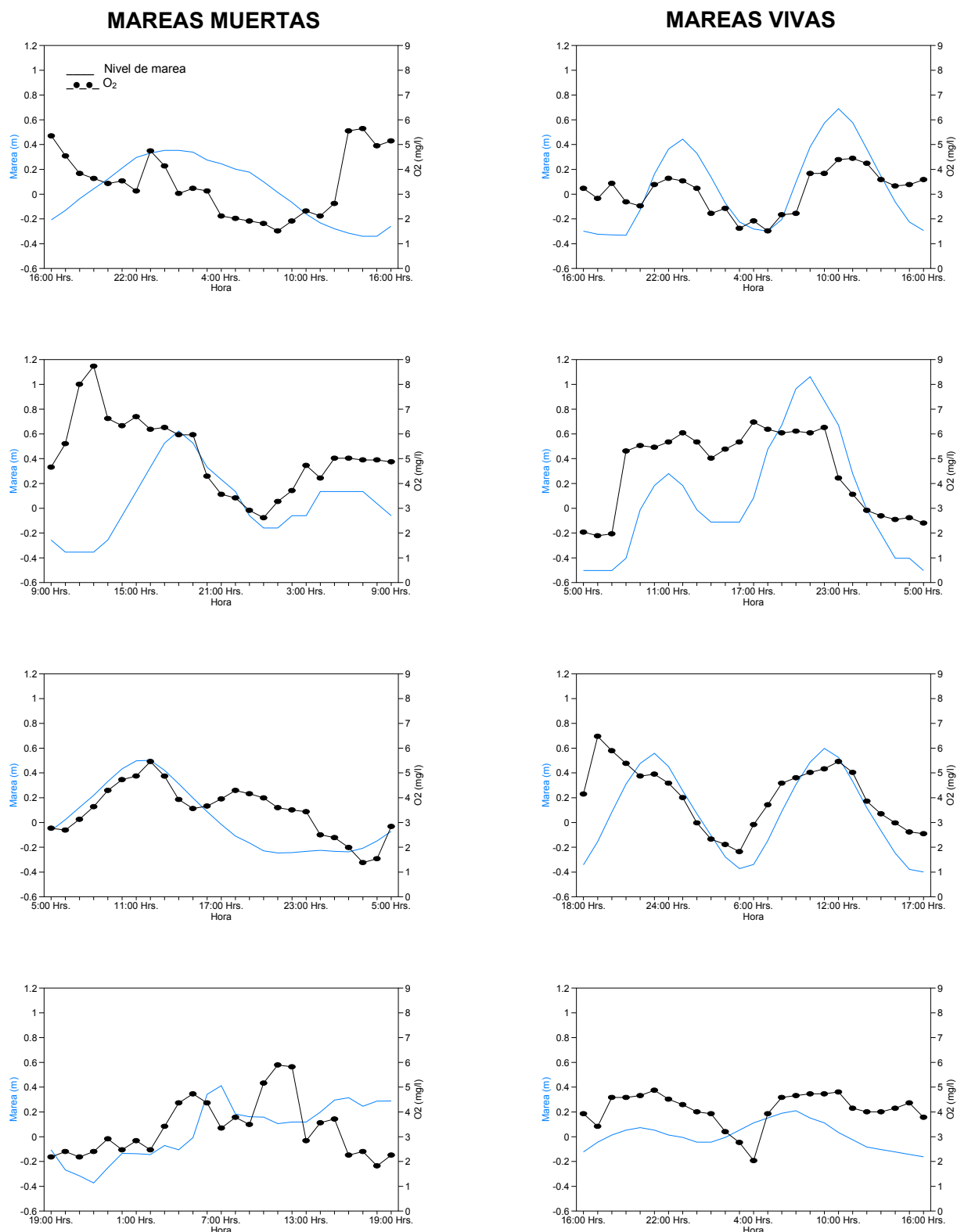


Fig. 10 Variación del oxígeno disuelto en el agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, La Paz, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primer fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).



Fig. 11 Variación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

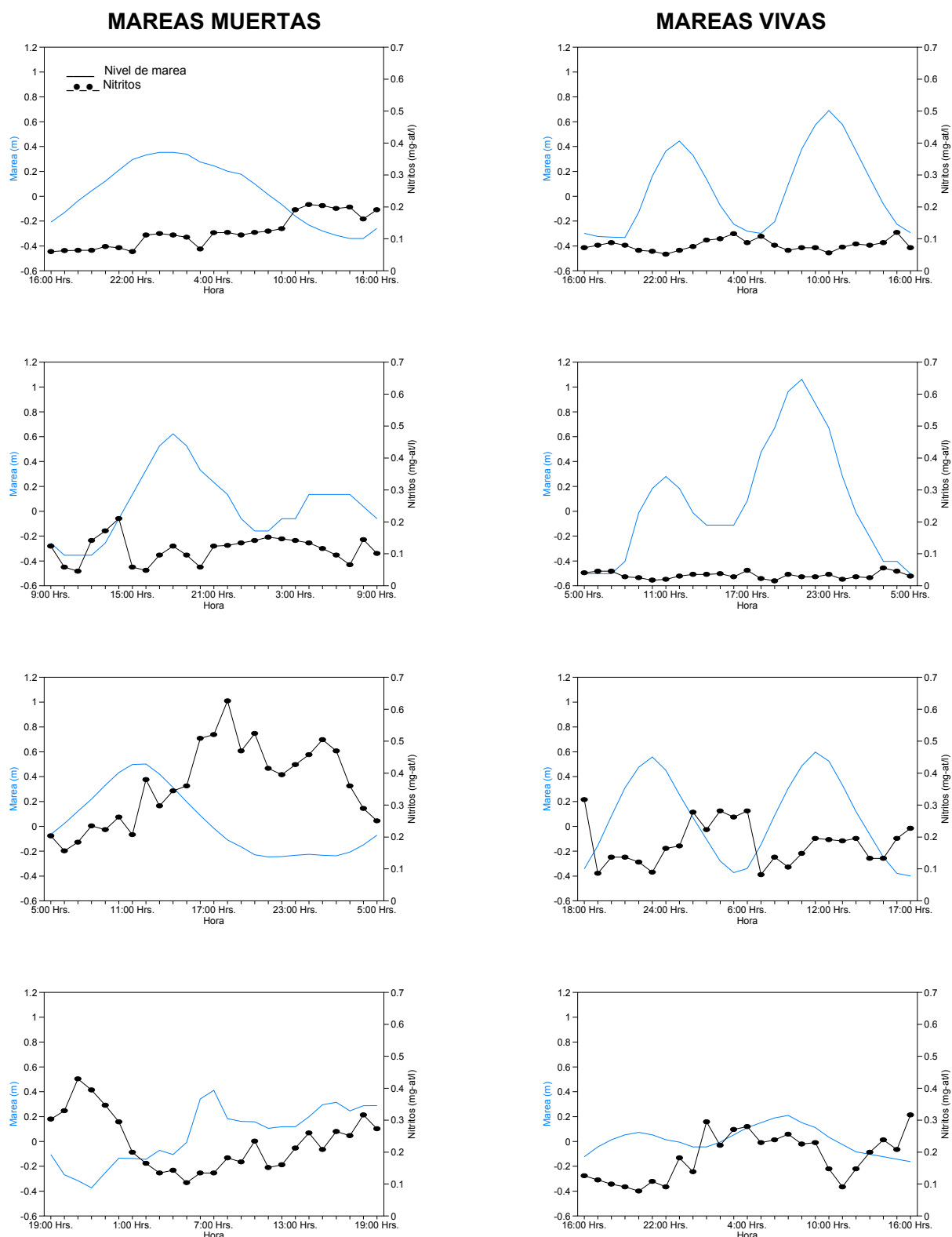


Fig. 12 Variación de los nitritos del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primer fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

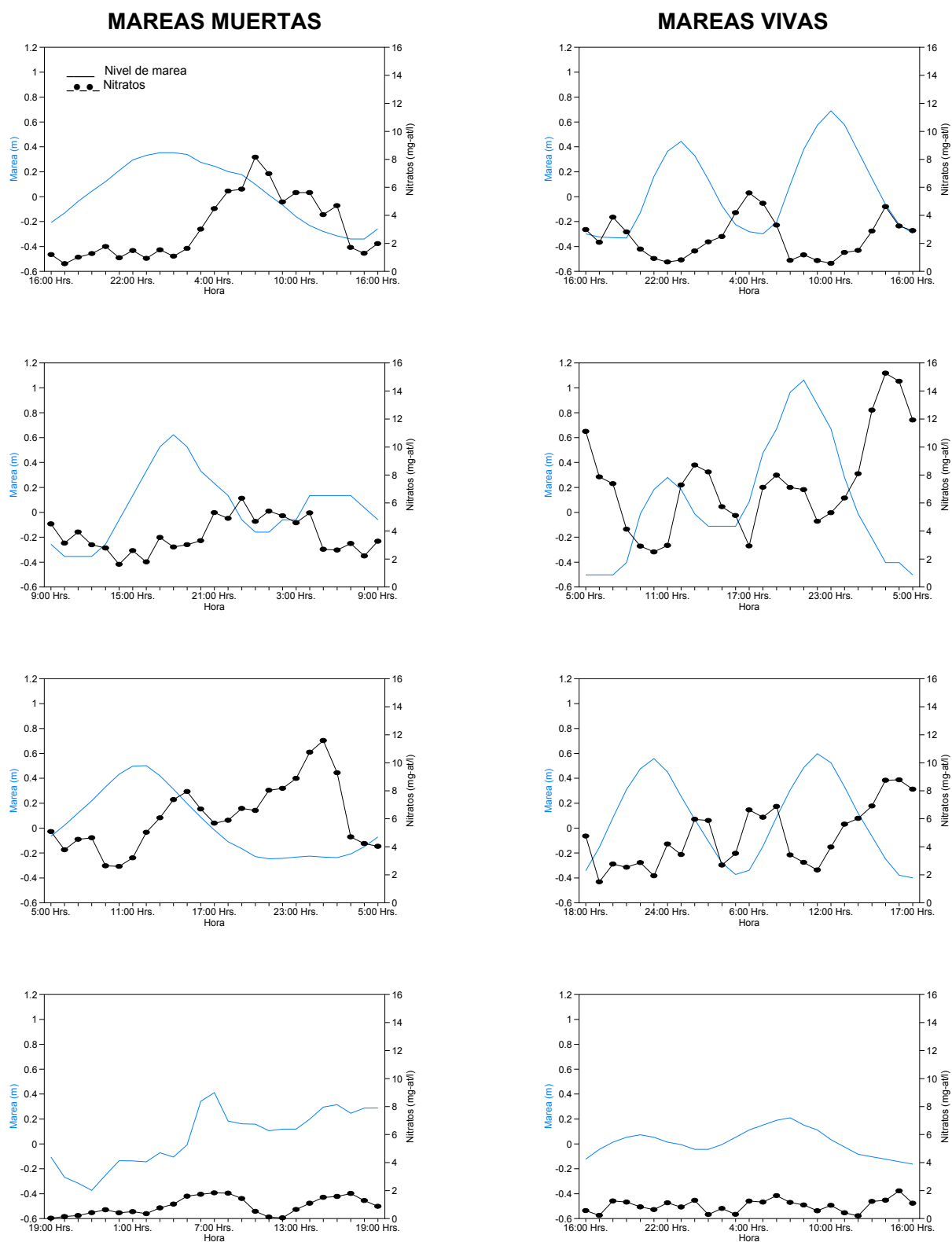


Fig. 13 Variación de los nitratos del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primer fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

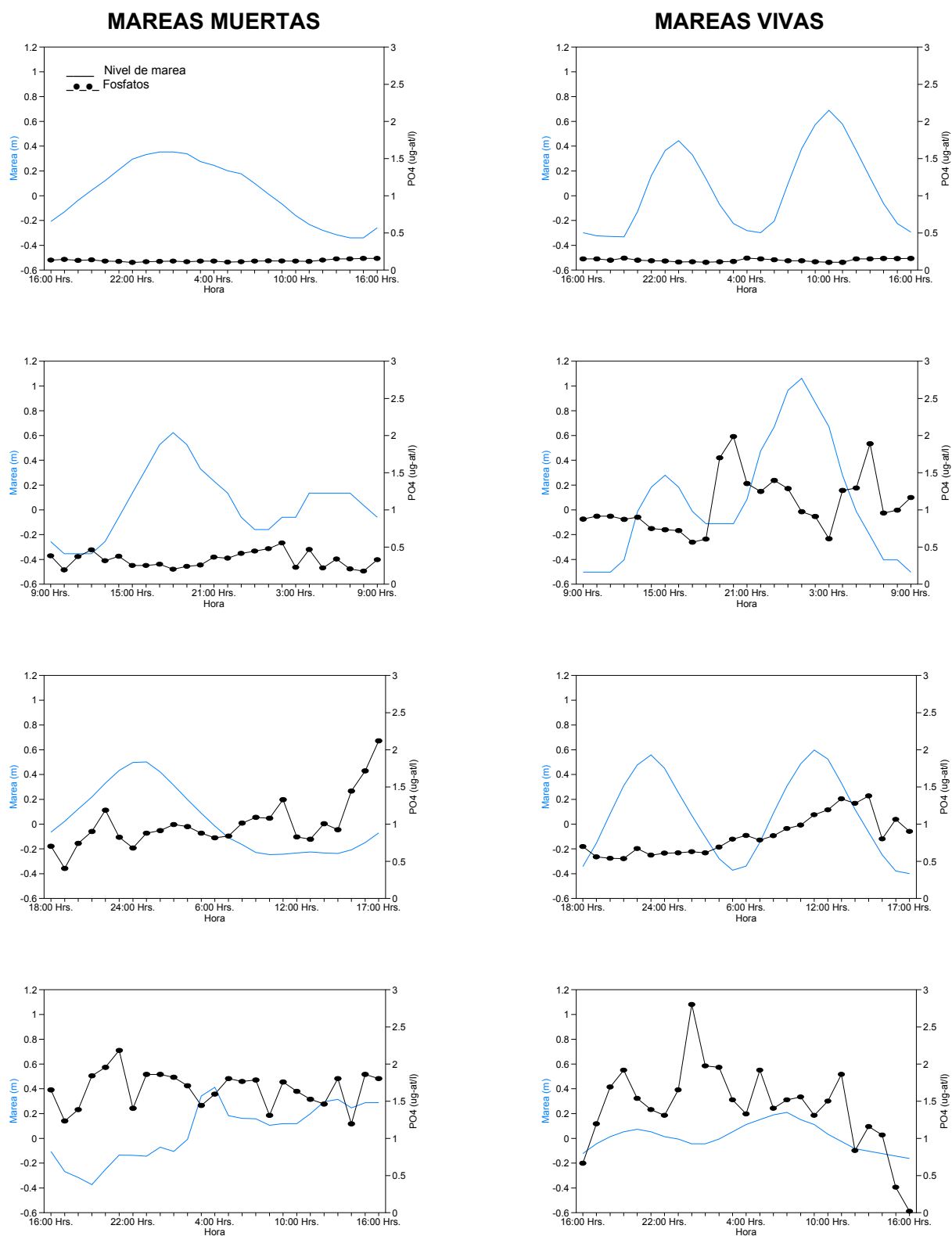


Fig. 14 Variación de fosfatos del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

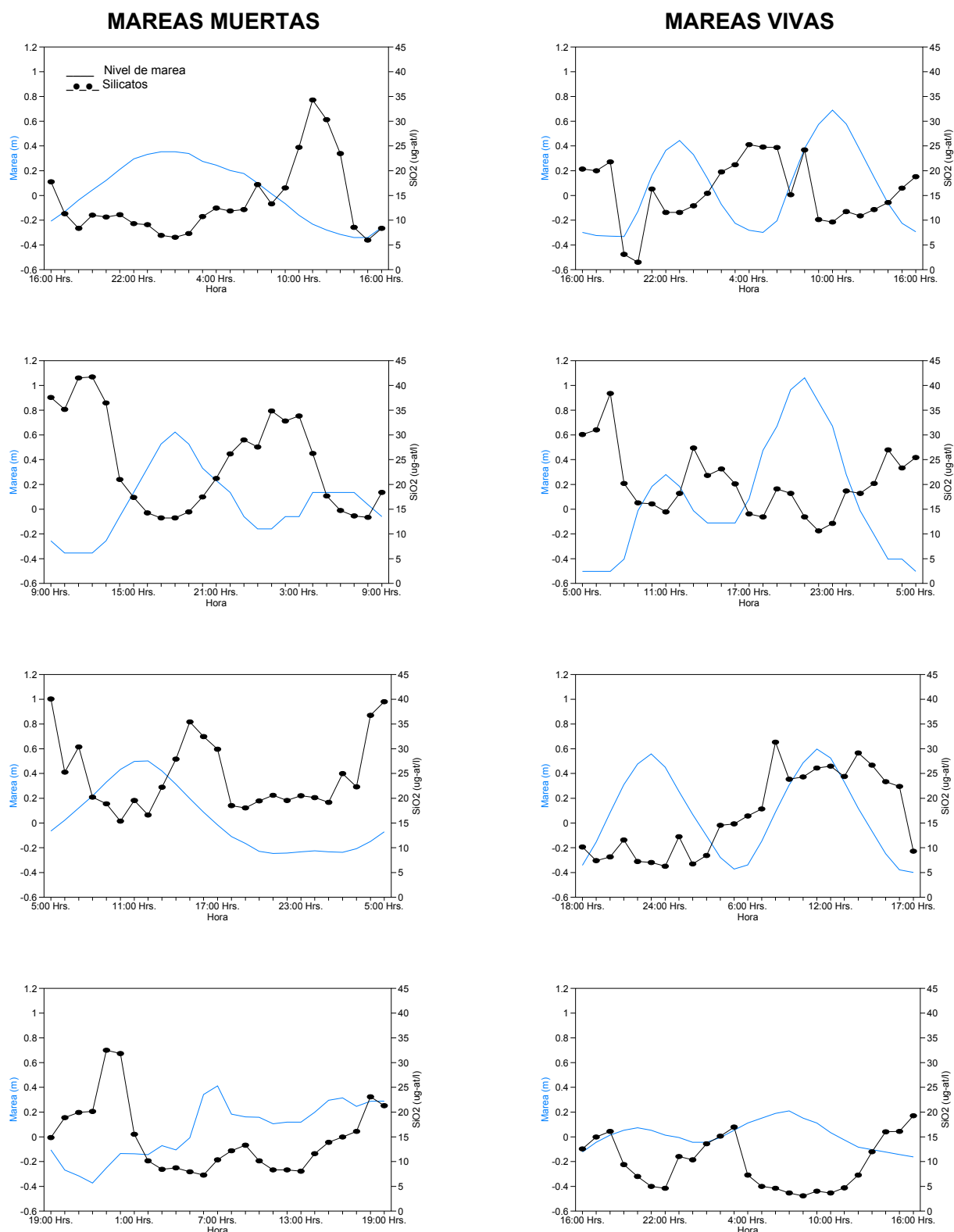


Fig. 15 Variación de los silicatos del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primer fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

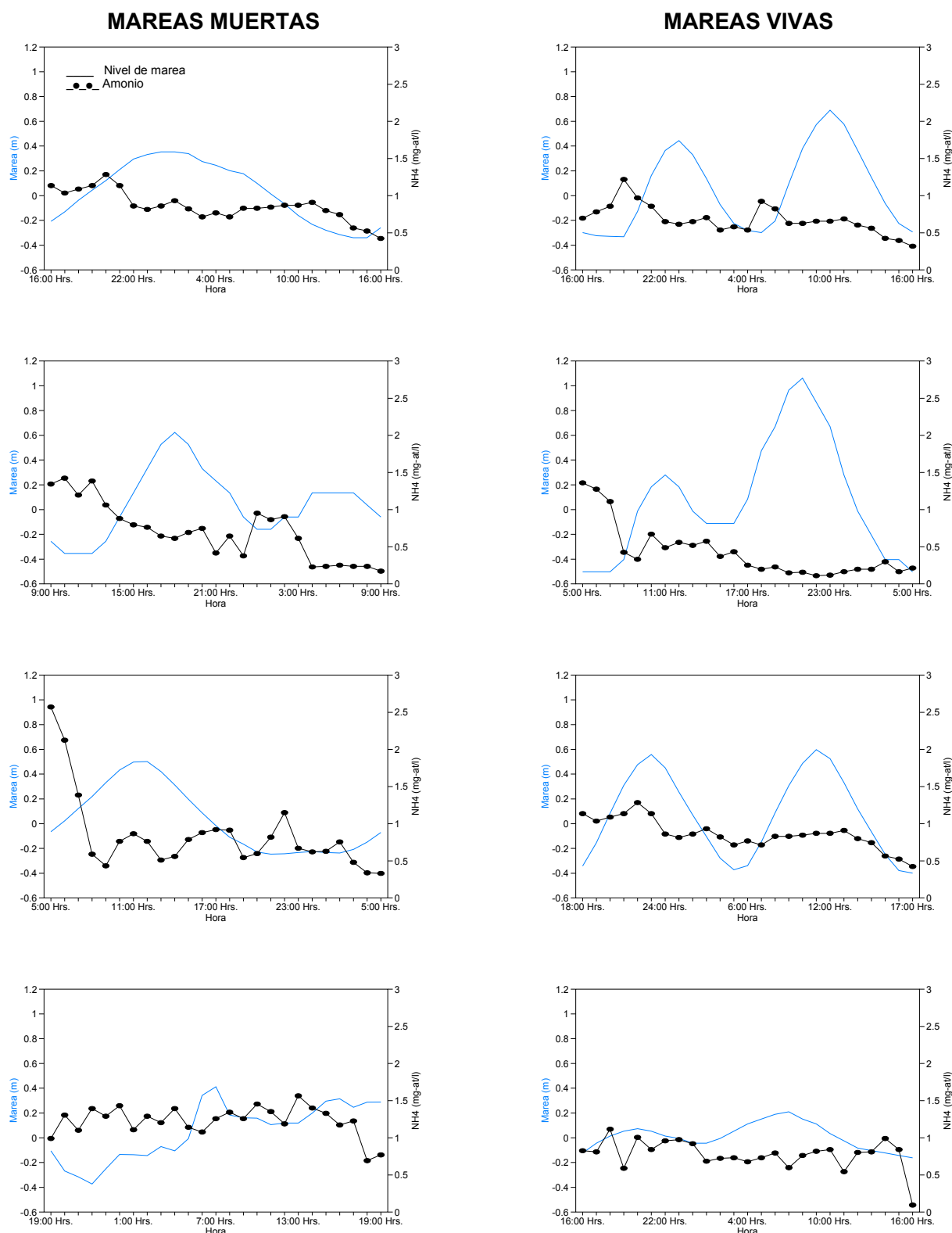


Fig. 16 Variación del amonio del agua durante el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

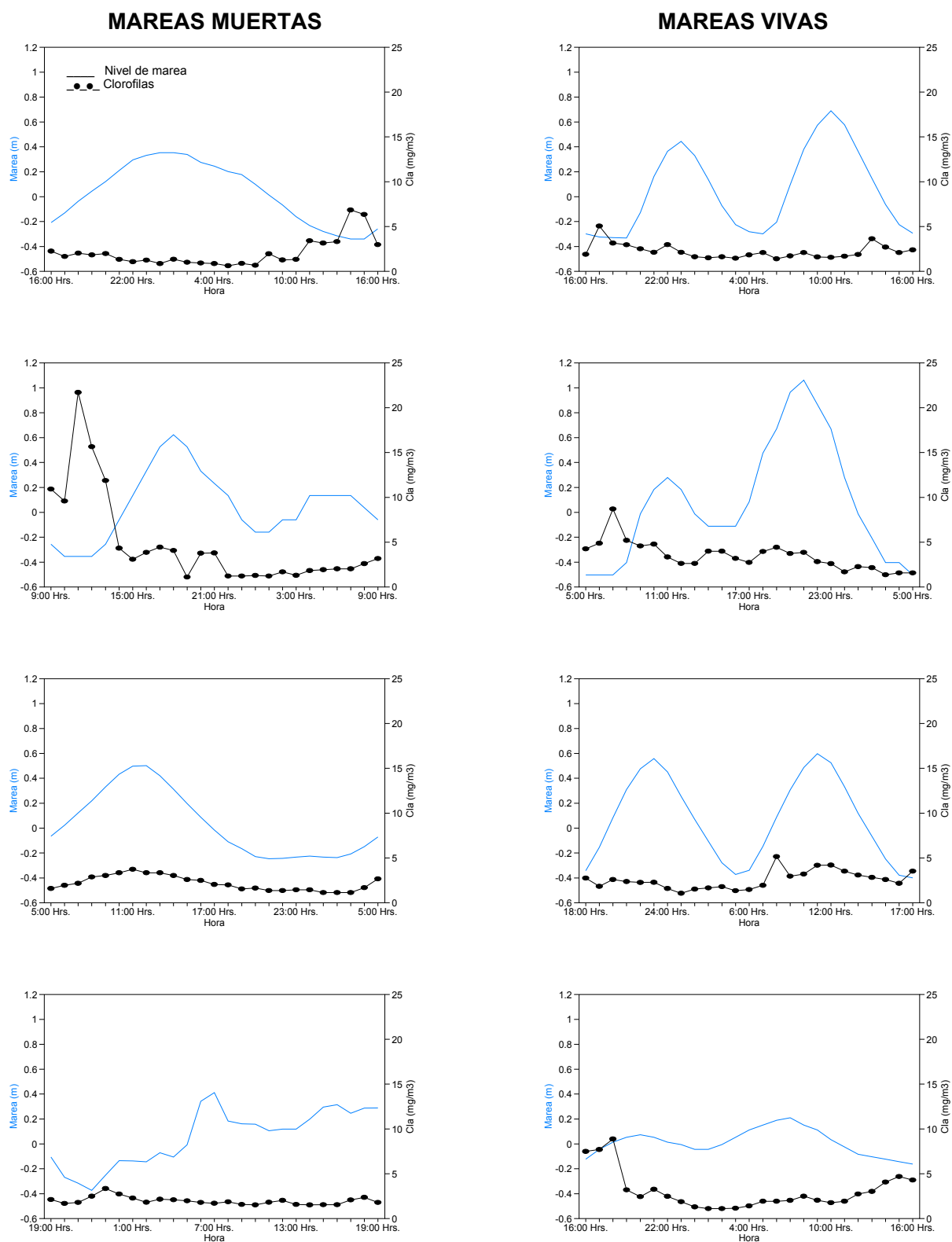


Fig. 17 Variación de las clorofilas el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).



Fig. 18 Variación de la materia orgánica particulada suspendida el año 2002 en el manglar El Conchalito, para los cuatro muestreos del año (febrero en la primera fila, junio en la segunda, septiembre en la tercera y noviembre en la cuarta fila).

6.6. Balance de masas

Se estimaron los volúmenes de inundación para cada ciclo de marea comprendido en este estudio en intervalos de una hora. El volumen de intercambio de la masa de agua observado durante el periodo de muestreo entre el manglar y la laguna mostró un máximo durante la marea viva del mes de junio con un volumen de $20.82 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir, alrededor de $1\,873\,800 \text{ m}^3/\text{d}$, y un mínimo durante la marea muerta del mes de febrero con $1.74 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir, alrededor de $156\,600 \text{ m}^3/\text{d}$, lo que representa poco menos del diez por ciento del intercambio mayor. Los volúmenes de intercambio se pueden observar en la Tabla III.

Asimismo, los resultados que arrojó el monitoreo de la intensidad de la corriente durante dicho periodo mostró que la mayor intensidad se dio durante el mes de noviembre, con máximas de 69 cm/s y mínimas de 3.5 cm/s , y menores intensidades en el mes de junio con máximas de 59.3 cm/s y mínimas de 1.3 cm/s . La dirección registrada en el presente trabajo es noreste-suroeste en el vaciado del sistema, y suroeste-noroeste en el llenado, correspondiendo a la orientación del canal estudiado. El correntómetro registró un flujo y reflujo de agua en esta dirección, con magnitudes mayores en el reflujo de $\approx 1 \text{ m/s}$ durante la marea viva del mes de noviembre y menores en la marea muerta del mismo mes con $\approx -0.6 \text{ m/s}$. Si bien se puede observar que el balance neto de los cuatro meses analizados a lo largo del año 2002, muestra que los aportes del estero o manglar a la laguna se componen de SiO_2 , NH_4^+ , NO_2^- , clorofila *a* (Cl_a) y material suspendido total (MPS), mientras que las importaciones están compuestas de O_2 disuelto, NO_3^- , y PO_4^{3-} (Tabla III).

Cabe mencionar que al analizar por separado los balances de masas de los componentes del agua en relación con las intensidades de marea, por cada una de las épocas del año aquí analizadas, se observa que durante la marea viva el balance se comportó de manera similar al balance neto, mientras que, durante los ciclos de marea muerta, a las importaciones se les sumó la clorofila *a* y la materia orgánica; sin embargo, las

importaciones de estos dos componentes del agua son, en términos de magnitud, menores en contraste con sus correspondientes reflujos o exportaciones durante la marea viva.

En el muestreo del mes de junio de 2002 todos los componentes del agua reportaron importaciones, con excepción de la materia orgánica particulada, única variable en la que se registra exportación para ambos ciclos de marea. En este mes se reporta la mayor dinámica registrada durante el presente estudio (Tabla III).

6.7. Relación de las variables químicas con respecto de las variables físicas

La salinidad mostró, en todos los casos, un comportamiento inverso al patrón de mareas, registrándose los mayores valores en el mes correspondiente a la época cálida y los valores menores durante el muestreo correspondiente a la época de lluvias (Figura 8). Con respecto a la temperatura, la salinidad guarda una relación similar a la fluctuación diaria de la temperatura, pues las mayores magnitudes se registraron durante las temperaturas más altas y viceversa; por consiguiente, las magnitudes más altas de salinidad se registraron durante el muestreo de la época cálida (Tabla V).

El pH se muestra en la Figura 9 y en ella se puede observar que la relación entre esta variable y el patrón de mareas es similar. Aunque en menor grado, también se observa una correspondencia similar con la temperatura (Figuras 6 y 9), observándose valores altos durante los muestreos correspondientes a las épocas cálida y de transición.

El oxígeno disuelto, al igual que la D.B.O.₅, registró un patrón similar al comportamiento general de la marea para los cuatro muestreos, y sus concentraciones se corresponden con la temperatura en las épocas cálida y de lluvias, no así en las épocas de transición y templada, donde su comportamiento es ligeramente inverso, con mayores consumos de oxígeno durante la época cálida y mayores concentraciones de este gas disuelto en la misma época.

El nitrógeno analizado en forma de nitritos y nitratos se muestra en las Figuras 12 y 13, respectivamente, donde se puede observar, de manera general, que la concentración de nitritos es menor a la registrada para los nitratos, con un patrón inverso a la marea para ambos compuestos y, si bien se observa una correspondencia con la temperatura en el caso de los nitritos, los nitratos presentan un comportamiento contrario. Las mayores magnitudes para estos nutrientes fueron observadas durante las mareas muertas de las épocas cálida y de lluvias, a excepción de los nitritos, que sólo registraron magnitudes muy altas durante la época de lluvias. Por otra parte, el amonio (Figura 16) muestra un patrón muy similar al de los nitritos.

Tabla II. Características ambientales e hidrometeorológicas durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México.

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura	Presión	Tiempo		Precipitación	Nubosidad	Dirección		Velocidad	Observaciones
				atmosférica	irradiación	Humedad			del	Dirección del	del	
			°C	R.N.M.M.	solar	relativa	mm		viento	viento	viento	Meteorológicas
					Horas-min.	%				°	m/s	
20-Feb-02	04:00 p.m.	Muerta	23.6	1015.9	1	31	0	alta SE	N	0	5.7	
20-Feb-02	05:00 p.m.	Muerta	23	1015.9	54	38	0	alta SE	N	0	4.9	
20-Feb-02	06:00 p.m.	Muerta	20.6	1015.9	9	47	0	N.A.	N	0	3.4	
20-Feb-02	07:00 p.m.	Muerta	20.4	1016	0	42	0	N.A.	NE	45	2.3	
20-Feb-02	08:00 p.m.	Muerta	19	1016.5	0	47	0	N.A.	NW	315	2.5	
20-Feb-02	09:00 p.m.	Muerta	18.5	1016.6	0	49	0	N.A.	NW	315	1.6	
20-Feb-02	10:00 p.m.	Muerta	17	1016.3	0	58	0	N.A.	NW	315	1.8	
20-Feb-02	11:00 p.m.	Muerta	16.8	1016.4	0	61	0	N.A.	S	180	0.2	
20-Feb-02	12:00 a.m.	Muerta	16.7	1016.5	0	67	0	N.A.	E	90	1.2	
21-Feb-02	01:00 a.m.	Muerta	16.5	1014.2	0	65	0	N.A.	NE	45	1.1	
21-Feb-02	02:00 a.m.	Muerta	16.5	1013.9	0	63	0	N.A.	NE	45	1.3	
21-Feb-02	03:00 a.m.	Muerta	16	1013.5	0	74	0	N.A.	NE	45	1.1	
21-Feb-02	04:00 a.m.	Muerta	18.2	1012	0	52	0	N.A.	N	0	1.4	
21-Feb-02	05:00 a.m.	Muerta	18	1012	0	50	0	N.A.	N	0	1.5	
21-Feb-02	06:00 a.m.	Muerta	18.2	1011.7	0	49	0	N.A.	N	0	1.6	
21-Feb-02	07:00 a.m.	Muerta	18.4	1012.8	12	48	0	N.A.	N	0	2.2	
21-Feb-02	08:00 a.m.	Muerta	20.2	1012.4	1	53	0	N.A.	N	0	2.3	
21-Feb-02	09:00 a.m.	Muerta	22.4	1014.6	1	44	0	N.A.	N	0	2.6	
21-Feb-02	10:00 a.m.	Muerta	24.2	1015.4	1	40	0	N.A.	N	0	3.2	
21-Feb-02	11:00 a.m.	Muerta	25.8	1015.4	1	41	0	N.A.	N	0	3.3	
21-Feb-02	12:00 p.m.	Muerta	26.8	1014.6	1	36	0	N.A.	N	0	2.3	
21-Feb-02	01:00 p.m.	Muerta	27.6	1013.7	1	35	0	N.A.	N	0	3.1	
21-Feb-02	02:00 p.m.	Muerta	28	1013	1	32	0	N.A.	N	0	3.1	
21-Feb-02	03:00 p.m.	Muerta	28	1012.3	1	32	0	N.A.	NW	315	3.7	
21-Feb-02	04:00 p.m.	Muerta	28.2	1011.4	1	36	0	N.A.	NW	315	3.4	
Mínimo:			16.00	1011.40	0.00	31.00	0.00	N.A.	N	0.00	0.20	
Máximo:			28.20	1016.60	54.00	74.00	0.00	N.A.	N	315.00	5.70	
promedio:			21.21	1014.33	5.15	47.96	0.00	N.A.	N	86.67	2.47	
Desv. Std.:			4.25	1.77	10.92	11.88	0.00	X	X	125.95	1.25	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura	Presión	Tiempo	Humedad	Precipitación	Nubosidad	Dirección	Dirección del	Velocidad	Observaciones
			°C	atmosférica	irradiación	relativa			del	viento	del	
				R.N.M.M.	Horas-min.	%	mm		viento	°	m/s	Meteorológicas
27-Feb-02	04:00 p.m.	Viva	31.8	1010.7	1	20	0	media SW	S	180	3.7	
27-Feb-02	05:00 p.m.	Viva	31.2	1011	1	18	0	media SW	S	180	4.5	
27-Feb-02	06:00 p.m.	Viva	28.2	1011.4	29	25	0	media SW	S	180	4.4	
27-Feb-02	07:00 p.m.	Viva	24.6	1012.2	0	37	0	media SW	SE	135	3.3	
27-Feb-02	08:00 p.m.	Viva	22.6	1012.6	0	41	0	media SW	SE	135	2.3	
27-Feb-02	09:00 p.m.	Viva	20.2	1013.2	0	57	0	N.A.	SE	135	2.8	
27-Feb-02	10:00 p.m.	Viva	18.4	1013.3	0	73	0	N.A.	SE	135	3.3	
27-Feb-02	11:00 p.m.	Viva	16.8	1013.5	0	92	0	N.A.	SE	135	3.5	
27-Feb-02	12:00 a.m.	Viva	16.2	1013.9	0	84	0	N.A.	S	180	3	Rocío
28-Feb-02	01:00 a.m.	Viva	15.9	1014.1	0	90	0	N.A.	S	180	3.5	Rocío
28-Feb-02	02:00 a.m.	Viva	15.6	1014.5	0	91	0	alta S	S	180	3.6	Rocío
28-Feb-02	03:00 a.m.	Viva	15.2	1014.2	0	89	0	N.A.	S	180	4.8	Rocío
28-Feb-02	04:00 a.m.	Viva	15.6	1012.6	0	89	0	N.A.	S	180	3.1	Rocío
28-Feb-02	05:00 a.m.	Viva	15.8	1012.6	0	89	0	media SW	S	180	3.3	Rocío
28-Feb-02	06:00 a.m.	Viva	16	1012.5	0	87	0	media SW	S	180	3.2	Rocío
28-Feb-02	07:00 a.m.	Viva	14.8	1012.7	40	89	0	media SW	S	180	2.4	Rocío
28-Feb-02	08:00 a.m.	Viva	61.3	1013.5	39	82	0	media SW	S	180	1.5	
28-Feb-02	09:00 a.m.	Viva	20	1013.9	41	74	0	media SW	S	180	3.3	
28-Feb-02	10:00 a.m.	Viva	21.2	1014.7	58	70	0	media SW	S	180	3.2	
28-Feb-02	11:00 a.m.	Viva	24.4	1014.9	1	55	0	media SW	S	180	3.2	
28-Feb-02	12:00 p.m.	Viva	27.9	1014.5	46	36	0	media SW	S	180	2.9	
28-Feb-02	01:00 p.m.	Viva	29.2	1013.3	49	33	0	media SW	S	180	2.8	
28-Feb-02	02:00 p.m.	Viva	30.2	1012.5	1	26	0	alta SW	S	180	3	
28-Feb-02	03:00 p.m.	Viva	30.6	1012	1	23	0	alta SW	S	180	3.3	
28-Feb-02	04:00 p.m.	Viva	30.6	1010.7	1	24	0	media SW	SW	225	4.1	
Mínimo:			14.80	1010.70	0.00	18.00	0.00	alta SE	SW	135.00	1.50	
Máximo:			61.30	1014.90	58.00	92.00	0.00	media SW	S	225.00	4.80	
promedio:			24.83	1012.99	13.56	59.41	0.00	media SW	S	173.33	3.27	
Desv. Std.:			9.94	1.22	20.14	28.24	0.00	X	X	21.27	0.70	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura	Presión	Tiempo irradiación	Humedad	Precipitación	Nubosidad	Dirección del	Dirección del	Velocidad del	Observaciones Meteorológicas
			°C	atmosférica R.N.M.M.	solar Horas-min.	relativa %	mm		viento	viento °	viento m/s	
18-Jun-02	09:00 a.m.	Muerta	25.4	1009.9	1	60	0	N.A.	S	180	4.3	
18-Jun-02	10:00 a.m.	Muerta	28.6	1009.7	1	50	0	N.A.	S	180	3.9	
18-Jun-02	11:00 a.m.	Muerta	31.8	1009	1	39	0	N.A.	S	180	4.1	
18-Jun-02	12:00 p.m.	Muerta	35.4	1008.6	1	33	0	N.A.	S	180	3	
18-Jun-02	01:00 p.m.	Muerta	37	1008.3	1	31	0	N.A.	S	180	3.2	
18-Jun-02	02:00 p.m.	Muerta	37.8	1007.8	1	30	0	N.A.	S	180	3.5	
18-Jun-02	03:00 p.m.	Muerta	39.6	1005.2	1	28	0	N.A.	S	180	2.8	
18-Jun-02	04:00 p.m.	Muerta	40	1006.2	1	27	0	N.A.	S	180	2.9	
18-Jun-02	05:00 p.m.	Muerta	38	1005.7	1	31	0	N.A.	S	180	3.4	
18-Jun-02	06:00 p.m.	Muerta	35.4	1005.9	1	36	0	N.A.	S	180	3.6	
18-Jun-02	07:00 p.m.	Muerta	32.2	1006.2	15	40	0	N.A.	S	180	4.1	
18-Jun-02	08:00 p.m.	Muerta	38.6	1006.5	0	54	0	N.A.	S	180	4	
18-Jun-02	09:00 p.m.	Muerta	25.5	1007.1	0	60	0	N.A.	S	180	4	
18-Jun-02	10:00 p.m.	Muerta	24	1007.7	0	65	0	N.A.	S	180	4.1	
18-Jun-02	11:00 p.m.	Muerta	23.7	1007.8	0	64	0	N.A.	S	180	2.3	
18-Jun-02	12:00 a.m.	Muerta	23.8	1007.9	0	68	0	N.A.	S	180	3.6	
19-Jun-02	01:00 a.m.	Muerta	23.8	1007.6	0	69	0	N.A.	S	180	4.3	
19-Jun-02	02:00 a.m.	Muerta	20.8	1007.4	0	97	0	N.A.	S	180	4.2	
19-Jun-02	03:00 a.m.	Muerta	19.2	1007.3	0	84	0	N.A.	S	180	4.3	Rocío
19-Jun-02	04:00 a.m.	Muerta	19	1007.4	0	86	0	N.A.	S	180	4.1	Rocío
19-Jun-02	05:00 a.m.	Muerta	18.6	1008.4	0	90	0	N.A.	S	180	4.3	Rocío
19-Jun-02	06:00 a.m.	Muerta	18.4	1008.7	0	92	0	N.A.	S	180	3.8	
19-Jun-02	07:00 a.m.	Muerta	18.2	1009	32	85	0	N.A.	S	180	3.2	
19-Jun-02	08:00 a.m.	Muerta	21.8	1009.3	1	76	0	N.A.	S	180	3.7	
19-Jun-02	09:00 a.m.	Muerta	27	100.9	1	56	0	N.A.	S	180	3.6	
Mínimo:			18.20	100.90	0.00	27.00	0.00	N.A.	S	180.00	2.30	
Máximo:			40.00	1009.90	32.00	97.00	0.00	N.A.	S	180.00	4.30	
promedio:			28.21	940.60	3.37	58.33	0.00	N.A.	S	180.00	3.66	
Desv. Std.:			7.69	181.36	6.84	22.83	0.00	X	X	0.00	0.54	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura	Presión	Tiempo	Humedad	Precipitación	Nubosidad	Dirección del viento	Dirección del viento	Velocidad	Observaciones Meteorológicas
			°C	atmosférica R.N.M.M.	irradiación solar Horas-min.						del viento °	
						%	mm				m/s	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	23.2	1010.6	0	76	0	N.A.	S	180	2.3	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	24.4	1010.9	0	66	0	media SW	S	180	2.3	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	26.6	1011.3	56	61	0	N.A.	S	180	3	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	31.2	1012.2	1	54	0	N.A.	S	180	4.4	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	34.2	1012	1	48	0	N.A.	S	180	2.6	
00-Ene-00	12:00 a.m.	0	37.2	1011.9	1	36	0	N.A.	S	180	2.5	
23-Jun-02	05:00 a.m.	Viva	39.6	1011.6	1	28	0	alta SW	S	180	1.7	
23-Jun-02	06:00 a.m.	Viva	38	1010.9	55	27	0	media SW	NW	315	3.7	
23-Jun-02	07:00 a.m.	Viva	34.4	1010.5	1	31	0	media SW	NW	315	4.1	
23-Jun-02	08:00 a.m.	Viva	35	1010.1	1	50	0	media SW	NW	315	3.9	
23-Jun-02	09:00 a.m.	Viva	36.4	1009.5	1	48	0	media SW	NW	315	2.9	
23-Jun-02	10:00 a.m.	Viva	37.8	1009.3	1	43	0	media SW	NW	315	1.6	
23-Jun-02	11:00 a.m.	Viva	37	1009	1	38	0	N.A.	NW	315	3	
23-Jun-02	12:00 p.m.	Viva	33.2	1009.1	1	34	0	N.A.	S	180	5.6	
23-Jun-02	01:00 p.m.	Viva	29.8	1010	5	40	0	N.A.	S	180	5.6	
23-Jun-02	02:00 p.m.	Viva	26	1010.9	0	46	0	alta SW	S	180	4.3	
23-Jun-02	03:00 p.m.	Viva	25.3	1011.6	0	61	0	N.A.	S	180	3	
23-Jun-02	04:00 p.m.	Viva	24.8	1012.1	0	62	0	N.A.	S	180	3.4	
23-Jun-02	05:00 p.m.	Viva	24.3	1012.6	0	65	0	N.A.	S	180	3.6	
23-Jun-02	06:00 p.m.	Viva	24.1	1012.3	0	72	0	N.A.	S	180	3.5	
23-Jun-02	07:00 p.m.	Viva	23.8	1012.2	0	78	0	N.A.	S	180	3.8	
23-Jun-02	08:00 p.m.	Viva	23	1011.6	0	84	0	N.A.	S	180	3.6	
23-Jun-02	09:00 p.m.	Viva	23	1011.6	0	79	0	N.A.	S	180	3.3	
23-Jun-02	10:00 p.m.	Viva	23.6	1011.3	0	70	0	N.A.	S	180	3.2	
23-Jun-02	11:00 p.m.	Viva	22.8	1011.2	0	74	0	media SW	S	180	2.4	
Mínimo:			22.80	1009.00	0.00	27.00	0.00	alta SE	SW	180.00	1.60	
Máximo:			39.60	1012.60	56.00	84.00	0.00	media SW	S	315.00	5.60	
promedio:			29.67	1011.03	6.74	54.89	0.00	media SW	S	215.00	3.35	
Desv. Std.:			6.05	1.06	15.22	17.51	0.00	X	X	58.85	1.00	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura	Presión atmosférica	Tiempo		Humedad relativa	Precipitación	Nubosidad	Dirección del viento	Dirección del viento	Velocidad del viento	Observaciones Meteorológicas
					irradiación	solar							
			°C	R.N.M.M.	Horas-min.		%	mm			°	m/s	
22-Sep-02	06:00 p.m.	Viva	32.4	1006.9	30		56	0	N.A.	S	180	2.1	
22-Sep-02	07:00 p.m.	Viva	31.6	1006.7	0		62	0	N.A.	S	180	1.4	
22-Sep-02	08:00 p.m.	Viva	30.4	1007.1	0		70	0	N.A.	S	180	1.5	
22-Sep-02	09:00 p.m.	Viva	29	1008.3	0		75	0	N.A.	S	180	3.3	
22-Sep-02	10:00 p.m.	Viva	28.4	1008.4	0		78	0	N.A.	S	180	3.7	
22-Sep-02	11:00 p.m.	Viva	27.6	1008.3	0		81	0	N.A.	S	180	4	
22-Sep-02	12:00 a.m.	Viva	27.2	1007.9	0		83	0	N.A.	S	180	4.2	
22-Sep-02	01:00 a.m.	Viva	26.8	1007.9	0		84	0	N.A.	S	180	3.3	
22-Sep-02	02:00 a.m.	Viva	26.2	1007.9	0		88	0	N.A.	S	180	3.5	
22-Sep-02	03:00 a.m.	Viva	25.8	1008	0		90	0	N.A.	S	180	2.5	
22-Sep-02	04:00 a.m.	Viva	25.4	1007.8	0		91	0	N.A.	S	180	2.7	
22-Sep-02	05:00 a.m.	Viva	25	1007.9	0		90	0	N.A.	S	180	3.1	
22-Sep-02	06:00 a.m.	Viva	24.6	1008.2	0		93	0	N.A.	S	180	3.2	
22-Sep-02	07:00 a.m.	Viva	24.8	1008.6	0.1		90	0	baja S	S	180	2.9	
22-Sep-02	08:00 a.m.	Viva	26.2	1008.4	1		84	0	baja S	S	180	3.1	
22-Sep-02	09:00 a.m.	Viva	29.2	1008.6	1		73	0	N.A.	S	180	3.5	
22-Sep-02	10:00 a.m.	Viva	32	1008.3	1		63	0	N.A.	S	180	2.7	
22-Sep-02	11:00 a.m.	Viva	34.2	1007.4	1		54	0	N.A.	SW	225	1.4	
22-Sep-02	12:00 p.m.	Viva	35.2	1007	1		50	0	N.A.	W	270	1.7	
23-Sep-02	01:00 p.m.	Viva	35.4	1006.6	1		48	0	N.A.	W	270	3.4	
23-Sep-02	02:00 p.m.	Viva	35.4	1005.6	1		48	0	N.A.	NW	315	4.1	
23-Sep-02	03:00 p.m.	Viva	36	1005.2	1		48	0	N.A.	NW	315	3.7	
23-Sep-02	04:00 p.m.	Viva	36	1005.1	1		46	0	N.A.	NW	315	3.5	
23-Sep-02	05:00 p.m.	Viva	35.6	1005.3	1		45	0	N.A.	NW	315	3	
23-Sep-02	06:00 p.m.	Viva	33.6	1005.6	30		49	0	N.A.	W	270	2.4	
Mínimo:			24.60	1005.10	0.00		45.00	0.00	baja S	SW	180.00	1.40	
Máximo:			36.00	1008.60	30.00		93.00	0.00	N.A.	S	315.00	4.20	
promedio:			30.17	1007.29	3.71		69.52	0.00	N.A.	SSW	216.67	2.94	
Desv. Std.:			4.12	1.15	8.20		17.47	0.00	X	X	54.00	0.83	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura °C	Presión atmosférica R.N.M.M.	Tiempo irradiación solar Horas-min.	Humedad relativa %	Precipitación mm	Nubosidad	Dirección del viento	Dirección del viento °	Velocidad del viento m/s	Observaciones Meteorológicas
28-Sep-02	05:00 a.m.	Muerta	25.4	1008.5	0	82	0	baja SW	S	180	2	
28-Sep-02	06:00 a.m.	Muerta	25.6	1009.2	0	82	0	N.A.	S	180	1.4	
28-Sep-02	07:00 a.m.	Muerta	25.4	1009.4	0	83	0	N.A.	S	180	1.9	
28-Sep-02	08:00 a.m.	Muerta	26.2	1010.3	0	81	0	media SW	S	180	1.8	
28-Sep-02	09:00 a.m.	Muerta	27.2	1010.3	0	72	0	media SW	S	180	2.6	
28-Sep-02	10:00 a.m.	Muerta	28	1010.3	0	71	0	media SW	S	180	2.1	
28-Sep-02	11:00 a.m.	Muerta	29.4	1010.3	18	68	0	media SW	S	180	2.1	
28-Sep-02	12:00 p.m.	Muerta	31.6	1009.9	1	60	0	media SW	SW	225	3.2	
28-Sep-02	01:00 p.m.	Muerta	33.6	1008.9	1	54	0	media SW	SW	225	3.1	
28-Sep-02	02:00 p.m.	Muerta	34.6	1008.4	1	44	0	media SW	S	180	3.5	
28-Sep-02	03:00 p.m.	Muerta	33.4	1007.4	23	53	0	media SW	S	180	3.1	
28-Sep-02	04:00 p.m.	Muerta	32	1007.3	0	57	0	media SW	S	180	2.7	
28-Sep-02	05:00 p.m.	Muerta	31.2	1007.4	0	60	0	media SW	S	180	2.9	
28-Sep-02	06:00 p.m.	Muerta	30.2	1007.9	0	63	0	media SW	S	180	2.9	
28-Sep-02	07:00 p.m.	Muerta	28.8	1008.4	0	70	0	media SW	S	180	2.9	
28-Sep-02	08:00 p.m.	Muerta	28.2	1008.8	0	73	0	media SW	S	180	2.6	
28-Sep-02	09:00 p.m.	Muerta	27.5	1009.8	0	77	0	media SE	S	180	2.5	
28-Sep-02	10:00 p.m.	Muerta	26.8	1010.4	0	70	0	media SW	S	180	3.3	
28-Sep-02	11:00 p.m.	Muerta	26.5	1010.8	0	79	0	media SW	S	180	3	
28-Sep-02	12:00 a.m.	Muerta	26.2	1010.9	0	80	0	media SW	S	180	2.5	
29-Sep-02	01:00 a.m.	Muerta	26	1010.6	0	81	0	media SW	S	180	3.2	
29-Sep-02	02:00 a.m.	Muerta	25.8	1010.5	0	82	0	media NE	S	180	2.4	
29-Sep-02	03:00 a.m.	Muerta	26.2	1010.2	0	80	0	baja SW	S	180	2.5	
29-Sep-02	04:00 a.m.	Muerta	25.8	1010.5	0	81	0	media SW	S	180	2.2	
29-Sep-02	05:00 a.m.	Muerta	25.4	1010.7	0	82	0	media SW	S	180	1.8	
Mínimo:			25.40	1007.30	0.00	44.00	0.00	baja SW	SW	180.00	1.40	
Máximo:			34.60	1010.90	23.00	83.00	0.00	media SW	S	225.00	3.50	
promedio:			28.41	1009.46	2.48	70.81	0.00	media SW	S	185.00	2.56	
Desv. Std.:			2.91	1.17	5.70	11.27	0.00	X	X	12.46	0.55	

Precipitación promedio mensual: 0.0 mm

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura °C	Presión atmosférica R.N.M.M.	Tiempo irradiación solar Horas-min.	Humedad relativa %	Precipitación mm	Nubosidad	Dirección del viento	Dirección del viento °	Velocidad del viento m/s	Observaciones Meteorológicas
19-Nov-02	04:00 p.m.	Viva	27.8	1013.1	44	83	0	Alta SW	NW	315	3.7	
19-Nov-02	05:00 p.m.	Viva	26.6	1013.1	0	39	0	Alta SW	NW	315	3.1	
19-Nov-02	06:00 p.m.	Viva	25	1013.2	0	48	0	Alta SW	NW	315	2.7	
19-Nov-02	07:00 p.m.	Viva	24.4	1013.4	0	53	0	Alta SW	NW	315	3.1	
19-Nov-02	08:00 p.m.	Viva	24	1013.3	0	62	0	Alta SW	NW	315	2.3	
19-Nov-02	09:00 p.m.	Viva	23.4	1013.5	0	66	0	Alta SW	NW	315	2.5	
19-Nov-02	10:00 p.m.	Viva	23.2	1013.5	0	64	0	Alta SW	NW	315	2.5	Brisa
19-Nov-02	11:00 p.m.	Viva	23	1013.5	0	61	0	Alta SW	NW	315	1.9	Brisa
19-Nov-02	12:00 a.m.	Viva	22	1013.4	0	65	0	Alta SW	NW	315	2.2	Brisa
20-Nov-02	01:00 a.m.	Viva	21.2	1013.3	0	68	0	Alta SW	NW	315	1.6	
20-Nov-02	02:00 a.m.	Viva	20.5	1013.2	0	70	0	Alta SW	NW	315	0.9	
20-Nov-02	03:00 a.m.	Viva	20	1013.2	0	73	0	Alta SW	NW	315	0.9	
20-Nov-02	04:00 a.m.	Viva	19.2	1013.3	0	73	0	Alta SW	NW	315	1	
20-Nov-02	05:00 a.m.	Viva	20.4	1013.5	0	68	0	Alta SW	NW	315	1.7	
20-Nov-02	06:00 a.m.	Viva	20.6	1013.3	0	61	0	Alta SW	NW	315	1.4	
20-Nov-02	07:00 a.m.	Viva	21	1013.4	55	64	0	Alta SW	NW	315	1.8	
20-Nov-02	08:00 a.m.	Viva	22.8	1014.7	1	61	0	Alta SW	NW	315	2.2	
20-Nov-02	09:00 a.m.	Viva	25	1015.1	1	56	0	Alta SW	NW	315	3.1	
20-Nov-02	10:00 a.m.	Viva	26.2	1015.3	1	54	0	Alta SW	NW	315	4.5	
20-Nov-02	11:00 a.m.	Viva	26.4	1015.1	1	53	0	Alta SW	NW	315	4.7	
20-Nov-02	12:00 p.m.	Viva	27.6	1014.3	1	52	0	Alta SW	NW	315	4.6	
20-Nov-02	01:00 p.m.	Viva	27.2	1013.5	1	54	0	Alta SW	NW	315	4.7	
20-Nov-02	02:00 p.m.	Viva	27.4	1013.1	1	55	0	Alta SW	NW	315	4.7	
20-Nov-02	03:00 p.m.	Viva	27.4	1012.4	1	56	0	Alta SW	NW	315	3.9	
20-Nov-02	04:00 p.m.	Viva	26.8	1012.7	1	56	0	Alta SW	NW	315	5.1	
Mínimo:			19.20	1012.40	0.00	39.00	0.00	Alta SW	NW	315.00	0.90	
Máximo:			27.80	1015.30	55.00	83.00	0.00	Alta SW	NW	315.00	5.10	
promedio:			23.93	1013.60	6.04	60.63	0.00	Alta SW	NW	315.00	2.84	
Desv. Std.:			2.80	0.74	13.70	9.31	0.00	X	X	0.00	1.33	

Tabla II. Continuación...

Fecha:	Hora	Tipo de marea	Temperatura °C	Presión atmosférica R.N.M.M.	Tiempo irradiación solar Horas-min.	Humedad relativa %	Precipitación mm	Nubosidad	Dirección del viento	Dirección del viento °	Velocidad del viento m/s	Observaciones Meteorológicas
26-Nov-02	07:00 p.m.	Muerta	22.5	1013.1	0	70	0	Media SW	S	180	2.7	
26-Nov-02	08:00 p.m.	Muerta	21.6	1013.7	0	74	0	Media SW	S	180	2.5	
26-Nov-02	09:00 p.m.	Muerta	21.1	1014	0	74	0	Media SW	S	180	2.2	
26-Nov-02	10:00 p.m.	Muerta	20	1014.2	0	74	0	Media SW	S	180	2	
26-Nov-02	11:00 p.m.	Muerta	19.8	1014	0	74	0	Media SW	S	180	2.1	
26-Nov-02	12:00 a.m.	Muerta	19.6	1013.7	0	75	0	Media SW	S	180	2.2	
27-Nov-02	01:00 a.m.	Muerta	19.5	1013.8	0	75	0	N.A.	S	180	1.8	
27-Nov-02	02:00 a.m.	Muerta	19.2	1013.6	0	74	0	Media NE	S	180	2.3	
27-Nov-02	03:00 a.m.	Muerta	19	1013.7	0	74	0	N.A.	S	180	2.1	
27-Nov-02	04:00 a.m.	Muerta	18.6	1014	0	75	0	Media SW	S	180	1.9	
27-Nov-02	05:00 a.m.	Muerta	18.2	1014.3	0	81	0	Media SW	S	180	1.3	
27-Nov-02	06:00 a.m.	Muerta	18	1015.4	0	82	0	Media SW	SE	135	0.55	
27-Nov-02	07:00 a.m.	Muerta	17.8	1016	0	88	0	Media SW	SE	135	0.6	
27-Nov-02	08:00 a.m.	Muerta	17.4	1016.2	0	84	0	Media SW	S	180	0.2	
27-Nov-02	09:00 a.m.	Muerta	19.6	1015.9	0	78	0	Media SW	S	180	0.2	
27-Nov-02	10:00 a.m.	Muerta	22	1015.5	6	77	0	Media SW	W	270	1.1	
27-Nov-02	11:00 a.m.	Muerta	23	1014.5	21	64	0	Media SW	W	270	1.7	
27-Nov-02	12:00 p.m.	Muerta	23.9	1013.6	25	64	0	Media SW	NW	315	1.8	
27-Nov-02	01:00 p.m.	Muerta	24.8	1012.9	52	61	0	Media SW	NW	315	1.9	
27-Nov-02	02:00 p.m.	Muerta	25	1012.4	32	62	0	Media SW	NW	315	2.5	
27-Nov-02	03:00 p.m.	Muerta	24.4	1012	0	63	0	Media SW	NW	315	2.1	
27-Nov-02	04:00 p.m.	Muerta	25.4	1012.3	0	63	0	Media SW	N	0	2.2	
27-Nov-02	05:00 p.m.	Muerta	24.6	1012.5	0	66	0	Media SW	N	0	2.8	
27-Nov-02	06:00 p.m.	Muerta	23.6	1012.5	0	69	0	Media SW	N	0	2.5	
27-Nov-02	07:00 p.m.	Muerta	23.6	1014	0	75	6.7	Media SW	N	0	1.7	Lluvia copiosa
Mínimo:			17.40	1012.00	0.00	61.00	0.00	N.A.	SE	0.00	0.20	
Máximo:			25.40	1016.20	52.00	88.00	6.70	media SW	S	315.00	2.80	
promedio:			21.30	1013.93	6.96	72.78	0.50	media SW	NNW	175.00	1.78	
Desv. Std.:			2.61	1.18	13.05	7.22	1.34	X	X	96.27	0.74	

IV. Valores mínimos (Min.), valores máximos (Máx.), media aritmética (MED) y desviación estándar (D.S.) de algunas de las variables físicas y químicas del agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito, La Paz, Baja California Sur, México. En negritas los valores máximos y en gris los valores mínimos.

[illegible]

En la Figura 14 se aprecia que las concentraciones de fosfatos presentan una relación inversa con respecto a la marea. El mismo comportamiento, aunque más marcado, se puede observar para el caso de los silicatos (Figura 15), pero en ambos casos no se observa correspondencia con respecto a la temperatura, presentándose entre estas dos variables un patrón muy irregular. Las mayores concentraciones de silicatos se observaron en los muestreos de las épocas cálida y de lluvias durante los periodos de marea muerta, mientras que para los fosfatos este incremento se observó durante la marea muerta de la época cálida y la marea viva de la época de transición (Figuras 15 y 14), respectivamente.

La materia particulada suspendida (Figura 18) presentó un comportamiento inverso al patrón de mareas y no observó ninguna correspondencia con la temperatura, registrándose en concentraciones similares en todos los muestreos, a excepción de la marea viva de la época de transición, en donde hubo un incremento en sus valores. Por otro lado, la clorofila *a* muestra un comportamiento inverso en todos los casos en comparación con la marea, a excepción de la época de lluvias, donde la correspondencia con la marea es similar (Figura 17). En todos los casos se observa una correspondencia con la temperatura, con mayores valores de este pigmento en la época cálida.

En general, las mayores concentraciones de los componentes físicos y químicos se muestran durante la marea muerta en los meses de mayor temperatura (cálida y transición), como se puede apreciar en la Tabla IV, con excepción de los fosfatos y los nitratos, los que, en ambos casos, muestran los mayores valores durante los periodos de mareas vivas. Asimismo, para todos los casos, con excepción de los nitratos, que presentan el valor mínimo en marea muerta, los valores mínimos registrados durante el periodo de muestreo se concentran en los periodos de marea viva, distribuidos de manera más o menos homogénea entre todos los meses de muestreo (Tabla IV).

Un análisis de correlación de los cuatro muestreos demuestra una relación directa entre la marea y el pH, la temperatura y NH_4^+ , así como entre la salinidad y PO_4^{3-} . Entre las relaciones inversas se registran las observadas por la marea con $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y PO_4^{3-} , la salinidad y DBO_5 , temperatura con salinidad y O_2 y, por último, la salinidad con NO_2^- (Tabla V).

Tabla V. Análisis de correlación ($P < 0.05$) de algunas de las variables físicas y químicas del agua durante los periodos de muestreo en manglar El Conchalito. Relaciones inversas en negativo y directas en positivo.

	Temp.	Salinidad	Nivel marea	Vel. Corr.	Oxígeno	Nitritos	Nitratos	Fosfatos	Silicatos
Temperatura	1	-0.82	0.97	0.93	-0.81	0.58	-0.22	-0.71	-0.01
Salinidad		1	-0.92	-0.91	0.39	-0.94	0.39	0.98	0.27
Nivel marea			1	0.99	-0.71	0.75	-0.20	-0.86	-0.56
Vel. Corr.				1	-0.72	0.74	-0.06	-0.87	-0.47
Oxígeno					1	-0.08	-0.31	0.28	0.80
Nitritos						1	-0.42	-0.98	-0.06
Nitratos							1	0.29	0.20
Fosfatos								1	0.08
Silicatos									1

6.8. Estequiometría del nitrógeno total y del fósforo

El análisis estequiométrico ($\text{Nt} : \text{P} = 16 : 1$), de acuerdo a las proporciones atómicas de los elementos mayores, conocidos como Razones de Redfield, indica para todos los muestreos una razón positiva y mayor a la razón de Redfield para este balance estequiométrico que es de 16:1 (> 0.062), lo que indica una influencia marina al sistema, tal como se puede ver en la tabla V, esta razón tiende a ser baja en las lagunas costeras con aportes continentales o pluviales de agua dulce y mayor en los que carecen de estos aportes. Mientras que los valores bajos manifiestan una relativa limitación de las formas nitrogenadas, los valores altos se relacionan con sistemas altamente influenciados por aguas marinas, como es el caso de el humedal en estudio (Tabla VI).

Tabla VI. Razón de Redfield (R^*). Proporción de elementos mayores; Nitrógeno total (**Nt**), Fósforo (inorgánico) en forma de ortofosfatos (**P**) y Sílice en forma de silicatos (**Si**), expresados en micromoles por litro ($\mu\text{mol/l}$) en el agua durante los periodos de muestreo en el manglar El Conchalito.

FECHA	Nt(16) $\mu\text{mol/l}$	P (1) $\mu\text{mol/l}$	Si (16) $\mu\text{mol/l}$	Nt:P R^*
20-21-feb-02	4.09	0.13	13.58	42.98
18-19-jun-02	2.10	2.58	1.81	34.95
22-23-sep-02	0.87	2.59	0.68	11.8
19-20-nov-02	0.25	1.68	0.58	1.77
27-28-feb-02	1.66	0.09	1.61	31.33
23-24-jun-02	3.48	8.09	1.30	13.46
28-29-sep-02	0.80	0.93	1.20	11.5
26-27-nov-02	0.27	1.66	0.60	1.88
TOTAL	13.51	17.75	21.36	

7. DISCUSIÓN

Una gran variedad de factores influyen en la productividad de los esteros y manglares. La mayoría de estos factores están asociados con cambios físicos y químicos en el medio, incluyendo la radiación solar, temperatura, mareas, concentraciones de nutrientes, tipos de suelo, concentración de oxígeno, y pH.

7.1. El estado del tiempo y sus efectos sobre el estero

El clima es parte integral en los estudios hidrogeoquímicos. En climas áridos, con temporadas de lluvia escasas, presentan periodos de sequía prolongados, los que, a su vez, producen altas tasas de evaporación y, consecuentemente, salinidades altas en los sistemas costeros.

La temperatura ambiente observada en la época templada presenta una media de ≈ 20 °C. La época cálida tuvo una media de ≈ 29 °C y para la época de transición se registró ≈ 22 °C (Tabla II). Por su parte, la temperatura del agua presentó un promedio de variación de ± 1.1 °C con respecto a la temperatura del aire, observándose valores medios de ≈ 20 °C, ≈ 27 °C, ≈ 29 °C y para cada época del año, respectivamente. Estos valores son menores a los reportados por Jiménez-Quiroz (1991), quien registró valores de 43 °C para el mes de agosto; sin embargo, los resultados de este estudio son comparables con los reportados para la laguna por Cervantes-Duarte *et al.* (2001), tanto para la época cálida como para la época templada.

Las diferencias en la temperatura se pueden atribuir principalmente a la interacción de factores geomorfológicos, ya que el cuerpo de agua analizado en el presente estudio es mucho más somero y presenta fondos muy oscuros, lo que, junto con los altos niveles de radiación solar, contribuyen a una mayor absorción de calor (Jiménez-Illescas *et al.* 1994).

La temperatura del agua obedece a la época del año, registrándose temperaturas más altas durante la época calida cuando la incidencia de la luz solar tiene un ángulo menos oblicuo con respecto a la superficie del terreno, y los tiempos de radiación solar son más prolongados, contrario a la época templada que presenta condiciones inversas (figura 5). Las variaciones térmicas locales en el agua también están asociadas a los cambios estacionales en el patrón de circulación de las aguas en el sur del Golfo de California. Estas se presentan hacia el sur en invierno y al norte en verano, lo que se relaciona con las bajas temperaturas del agua en otoño e invierno y las temperaturas más altas en primavera y verano (Granados y Schwartzlose, 1974).

Un método útil para expresar la aridez de un área geográfica en particular es cuantificar la razón de proporción de precipitación anual (P) y el potencial anual de evapotranspiración (PET). Cuando PET es mayor que P da como resultado un déficit de agua local. Según Blasco (1984), muy pocos manglares crecen en condiciones semiáridas donde P/PET es menor a 0.20, dando como resultado árboles de poca altura y frondas limitadas, como es el caso del área de estudio donde la evaporación sobrepasa por mucho a las precipitaciones. Sin duda alguna, el manglar estudiado no tiene comparación con los que podemos encontrar en otros estados de la República Mexicana, como es el caso del estado de Nayarit, o de Guerrero, pero, dadas las magnitudes de los aportes en el balance neto anual, podemos decir que es tan importante para esta región como en otras lo son los grandes bosques de mangles.

7.2. Los efectos de la marea y la hidrología en el estero

El flujo de las corrientes que se registraron en el presente estudio se limita al canal de mareas y obedece a los cambios del nivel de agua por efecto de las mareas casi exclusivamente, pues por la boca del sistema entra toda el agua que lo abastece. La función de los manglares (productividad y ciclo de nutrientes), tiene importancia particular para

entender la ecología de ecosistemas marinos adyacentes. El estero exterior constituye un área de alta energía cinética, caracterizado por sedimentos arenosos y conchas. El estero medio y el interno se caracterizan por bajos niveles de energía, donde los sedimentos son fangosos y con altos contenidos orgánicos que, en su mayoría, se deben a la materia orgánica en descomposición proveniente de la vegetación circundante.

El estero El Conchalito, denominado manglar El Conchalito, por presentar vegetación de este tipo en gran parte de su área circundante, observa una influencia en sus propiedades hidrológicas por la ensenada o también llamada laguna de La Paz, la que a su vez presenta influencias hídricas de la bahía del mismo nombre (Lechuga-Déveze *et al.*, 1990). La ensenada o laguna de La Paz presenta niveles de evaporación mayores a los de precipitación, por lo que sus condiciones son antiestuarinas, con incrementos en sus valores de temperatura y salinidad hacia la porción interna (Espinoza, 1979). Esto provoca que el estero El Conchalito muestre una estrecha relación entre la marea y las variaciones fisicoquímicas debido al intercambio de agua con la laguna y bahía adyacentes (Lechuga-Déveze *et al.* 1990).

Los efectos físicos de la marea sobre la dinámica registrada durante el periodo de estudio en el manglar son prácticamente inmediatos; en primera instancia, la altura de marea registrada en los puntos máximos y mínimos, es decir, en las pleamares y las bajamares, tanto en la laguna y el canal de mareas, son correspondientes en el tiempo, como se puede observar en la Figura 7, en ambos registros (tanto para la laguna, como para el canal de mareas del manglar). Sólo se observa una pequeña variación en el tirante de marea, lo cual obedece principalmente a la configuración del canal, pues, al ser mucho más somero y estrecho que la laguna, el efecto producido por las mareas se ve maximizado, ampliándose la señal debido a que en un tiempo determinado el volumen de agua que tiene que salir del sistema es mayor, lo que por consiguiente, resulta en una mayor intensidad de corriente.

7.3. Flujo de agua marina que penetra al humedal

En el manglar El Conchalito las mareas son mixtas semidiurnas, por lo que los aportes de agua marina son de gran importancia para este sistema. La regularidad, amplitud y fuerza de las mareas permiten la renovación constante del agua contenida en el sistema, así como del agua intersticial, manteniendo bien oxigenada la columna de agua y el sustrato, evitando la formación de gases como H_2S , CH_4 y otros desechos metabólicos (Tovilla y Orichuela, 2000); también las mareas juegan un papel importante en el transporte de elementos químicos y particulados.

El régimen de mareas observado en el área de estudio fue similar al reportado para la ensenada de La Paz (Cervantes-Duarte y Guerrero-Godínez, 1988; Lechuga-Devéze *et al.*, 1990; Cervantes-Duarte *et al.*, 1991; Jiménez-Quiroz, 1991 y González-Acosta, 1998), el cual es del tipo, al igual que el área de estudio, semidiurno mixto y determina la interacción existente entre estos dos cuerpos de agua. La predicción de mareas se calculó para la ciudad de La Paz (muelle fiscal), por lo que la marea en el sitio de muestreo presenta un retraso de 15 a 25 minutos, dependiendo de la época del año y del tipo de marea. Dicho retraso es debido principalmente a que la velocidad de propagación de la onda de marea depende de la profundidad, y también al efecto de fricción ocasionado por la poca profundidad en esta parte de la laguna, además de la influencia del viento, la geomorfología de la cuenca, así como el tiempo de llenado y vaciado (Obeso-Nieblas *et al.*, 1993).

La marea observada durante el periodo de estudio registró en el estero una amplitud media de 0.89 m con un tiempo promedio de renovación de agua de 26.98 horas, es decir, poco más de un ciclo de marea lunar (24.84 h), lo que corresponde a 1.09 ciclos (Suárez-Altamirano, 2001). Ambos valores difieren de los reportados para la laguna, pues en ésta se reportan amplitudes de marea medias de 1.02 m, con velocidades de hasta 0.46 m/s y tiempos de renovación de entre 3.5 ciclos y 5.4 ciclos de marea (Salinas-González, 2000).

De acuerdo con ello se puede observar que los procesos físicos registrados en el estero El Conchalito son más enérgicos que los reportados para la laguna de La Paz. Esto se puede atribuir a la geomorfología del estero y a la diferencia de tamaño, dado que, éste representa tan solo un 0.1 %, pues el área total del sistema es de 39.3 ha, la boca del canal de mareas cuenta con un ancho de 10 m y una profundidad promedio de 0.7 m, aproximadamente, mientras que la laguna tiene con un área aproximada de 4,500 h, con un canal de entre 1,000 y 1500 m de ancho y una profundidad promedio de 7 m (Aguirre-Bahena, 2002).

El área de la boca del sistema se ve muy reducida durante los periodos de bajamar en mareas muertas. La influencia de las mareas, así como de algunos otros factores físicos y climáticos, se ven maximizados debido a estos factores (De la Lanza-Espino, 1994). En el canal principal la corriente se considera rectilínea, gobernada por la marea semidiurna y diurna y por las irregularidades topográficas, la corriente persistente está estrechamente relacionada con los ciclos de mareas vivas y muertas y por tanto, se puede considerar que la columna de agua se encuentra bien mezclada. Sin embargo, una parte del manglar funciona como una esponja, absorbiendo agua que liberará mas tarde.

Esto corresponde con la descripción de las características hidrológicas hecha por Contreras (1993), en donde explica que, por la poca profundidad y la amplia extensión de los estuarios y lagunas costeras, se originan variaciones más marcadas que en la zona marina adyacente, ya que estos cuerpos de agua dependen en mayor grado de las condiciones atmosféricas prevalecientes, provocando amplias fluctuaciones. Dichas fluctuaciones se minimizan conforme una masa de agua oceánica domina sobre el sistema.

7.4. Salinidad y temperatura

Las diferencias de salinidad en el humedal entre las épocas climáticas analizadas están también relacionadas con las condiciones atmosféricas. En la época cálida la salinidad

en general es mayor, con valores intermedios en la época de transición. Durante la época templada la salinidad decrece, aunque no considerablemente, con mínimo por dilución y valores bajos en la época de transición (Suárez-Altamirano, 2001).

El calentamiento por irradiación solar y la evaporación producida principalmente por los vientos regulan las variaciones de temperatura y de salinidad, originando una presión que aumenta el poder evaporante de la atmósfera y, que, por consiguiente, aumenta la concentración de sales en el espejo de agua del estero. En noviembre se presenta la concentración más alta de salinidad para el periodo estudiado, con 44.3 ups, lo que se puede atribuir a la constante evaporación causada por el viento en dirección sur y con velocidad constante por arriba de los 3 m/s, lo que indica la presencia de una colla registrada para ese día. Este fenómeno lo explica Robles-Gil (1998): *cuando se presenta una colla, las condiciones meteorológicas más notables que se registran en la superficie son, además de la intensificación de los vientos, un aumento en la presión atmosférica, como consecuencia de la subsidencia de aire, un descenso en la temperatura de punto de rocío, pues con la subsidencia el aire lo vuelve más seco, originando un consecuente aumento en el poder evaporante de la atmósfera.*

Se ha reportado que las salinidades de primavera son mayores que las de verano, registrando los valores más altos entre 35.2-36.7‰ (Cervantes-Duarte *et al.* 1991) y que las de primavera y verano son mayores que las de otoño e invierno en la laguna de La Paz (Espinoza, 1979). Los resultados obtenidos en la salinidad difieren, en lo que respecta a los descensos de salinidad observados en otoño, de los de Cervantes-Duarte *et al.* (1991), quienes mencionan que éstos obedecen a una mayor tasa de intercambio entre las masas de agua, además de un efecto combinado de grandes amplitudes de marea y cambios en la dirección del viento. Debido a ello, en la época de transición (noviembre) se registro la salinidad más alta (≈ 39 ups).

De la misma forma que la temperatura, la salinidad registrada en el estero es mayor a la reportada en la literatura para el cuerpo de agua aledaño por Espinoza (1979), Lechuga-Déveze *et al.* (1990), o Cervantes-Duarte *et al.* (1991). La diferencia obedece al efecto combinado de la evaporación por irradiación solar y por viento. Otro factor que se debe tomar en cuenta es el volumen de mezcla entre las aguas del estero y la laguna, siendo mucho menor en el primer caso.

7.5. Hidrología del humedal

El marco ambiental de esta zona costera es el producto de la interacción de diversos factores, tanto físicos como químicos, climáticos y biológicos. Un canal de mangle es muy diferente de otras zonas costeras en términos de hidrología, niveles mareales, química de suelo, biomasa y estructura de la comunidad (De la Lanza-Espino, 1994). Cualquiera de estas características tiene un cierto efecto en la dirección y la magnitud del flujo de variables en los canales de los manglares. Estos son sistemas altamente complejos, y en algunas partes inaccesibles, cuyo resultado es, en términos generales, que cada rasgo morfológico de cada sistema sea único (Tenshi *et al.*, 1998).

7.5.1. El potencial de hidrógeno (pH)

Desde el punto de vista químico el pH se entiende como el potencial o actividad de los iones hidrógeno y se define como el inverso del logaritmo negativo base 10 de la concentración de iones hidrogeno $(-\log_{10} [H^+])^{-1}$. Los valores del pH en el estero oscilaron entre 8.74 y 6.39 upH. Si tomamos en cuenta que el rango de pH reportado por De la Lanza (1994) oscila entre los 9.5 y 6.5 para estuarios y marismas, podemos decir que los valores observados en el presente estudio coinciden dentro de este rango. Sin embargo, la ligera acidez observada en el periodo de estudio se puede relacionar con la descomposición de la materia orgánica, que por la acción bacteriana produciendo ácido sulfhídrico y, en algunos

casos, por la baja salinidad (Mee, 1977; de la Lanza y Arenas, 1986 y Cruz-Orozco, *et al.* 1989).

7.5.2. Oxígeno

Las concentraciones de oxígeno disuelto registradas en el estero fueron sensiblemente mayores a las reportadas en la literatura para la ensenada y la laguna de La Paz (Espinoza, 1979; Lechuga-Déveze *et al.*, 1990; Cervantes-Duarte *et al.*, 1991). Dentro de las épocas climáticas analizadas se encontró que la mayor concentración de oxígeno se presentó en la época cálida con 8.73 mg/l, contrario a lo descrito en la bibliografía, ya que se atribuye la concentración de oxígeno a la relación directa que guarda éste con la solubilidad de los gases en el agua marina con respecto a la temperatura. Dentro de los meses analizados se registra una tendencia al aumento en la concentración de este gas en el agua hacia la época cálida y una disminución hacia la época de transición.

La disolución del oxígeno en los ambientes acuáticos resulta del equilibrio entre procesos físicos (el intercambio del espejo de agua con la atmósfera, el transporte mediante gradientes de concentración, temperatura y salinidad) y biológicos (la actividad metabólica diaria de los organismos: la producción fotosintética y el consumo respiratorio), lo que hace variar considerablemente la concentración de este gas en el medio. En las zonas muy someras y en las capas de mezcla superficiales la distribución de oxígeno está controlada básicamente por el intercambio agua-aire, por lo que su concentración está en función de la solubilidad de este gas y, por consiguiente de la temperatura (Cano, *et al.* 1997).

Del mismo modo, la oxidación de los compuestos químicos y de la materia orgánica modifican el contenido del gas en el agua. Si bien el oxígeno disuelto muestra cierta estacionalidad, tal variación señala que el mes más crítico para los organismos que habitan el estero es septiembre, ya que se alcanzan condiciones de bajo oxígeno ($1.38 \text{ mgO}_2/\text{l} < 40\%$ de saturación), en tanto que junio es el mes más favorable ($8.73 \text{ mgO}_2/\text{l} > 105\%$ de

saturación). Este superávit coincide con la concentración más alta de clorofila (Figuras 10 y 17).

Según Jiménez-Quiroz (1991), el comportamiento en la concentración del oxígeno se puede atribuir a una elevada actividad productiva del sistema acuático durante el día, por lo cual probablemente la producción biológica haya sido el factor más significativo en la concentración de oxígeno en el mes más cálido y con la mayor temperatura del agua registrada. De la Lanza-Espino (1994) menciona que si bien la temperatura es el factor más importante en los sistemas lagunares y estuarinos, los elementos determinantes en la concentración del oxígeno son la respiración y la fotosíntesis, además de las variables geomorfológicas y de circulación. Sin embargo, Cano y colaboradores (1997) consideran el proceso de intercambio aire-agua más importante que la producción fotosintética como rasgo general en la sobresaturación de aguas someras y superficiales.

Las variaciones de oxígeno también están determinadas por la hidrología del área y por los mecanismos de disolución influenciados por el viento, las que, junto con las mezclas de masas de agua y la estrecha relación de estos procesos físicos con las mareas y corrientes contribuyen en los procesos de oxigenación de las aguas (González-Acosta, 1998), razones a las cuales se les puede atribuir las altas concentraciones de este gas encontradas durante el periodo de estudio (Figura 10). En las lagunas costeras y esteros el oxígeno es una variable sumamente relevante, ya que, además de su carácter biológico, es un importante indicador de la calidad del agua y puede determinar el grado de eutroficación del medio (De la Lanza-Espino, 1994).

7.6. Nutrientes

En los estuarios se reciben y depositan sedimentos y nutrientes de la tierra, ya sea por medio de las descargas acuáticas, o bien por medio del viento. En ellos, los nutrientes forman parte de un ciclo interno y regulan su descarga a las aguas aledañas. Algunos

nutrientes se separan en el estuario y son secuestrados ya sea por depósito o por aprovechamiento biológico y por consiguiente, son acumulados en sus sedimentos o bien, en la biomasa perenne del sistema. La presencia de nutrientes, además de su indudable valor biológico puede emplearse como indicador de zonas de afloramiento o de aguas ricas en estos compuestos, por lo que se utilizan ya sea como indicadores de productividad o bien como elementos indicadores del estado metabólico de los sistemas acuáticos.

Muchas de las lagunas costeras mexicanas se encuentran en regiones con poca o casi nula precipitación pluvial, por lo que es poco común que una laguna reciba un aporte de escurrimientos de agua y sedimentos inorgánicos constante de origen continental suficiente para mantener los altos niveles de producción primaria observados en algunas de ellas, hasta 600 mg de carbono por m³ por día (Mee, 1977), por lo que una fracción importante de nitrógeno debe provenir del reciclaje de este elemento dentro de la laguna o de la importación de los cuerpos de agua vecinos. Este reciclaje puede llevarse a cabo en la columna de agua por oxidación del material orgánico particulado y suelto o por excreción animal directa o bien proveniente del sedimento por la acción física sobre el detritus orgánico.

La tabla IV se presenta con el fin de comparar las diferentes épocas analizadas, los límites mínimo y máximo presentados en los intervalos, corresponden al promedio de un ciclo completo de cada muestreo, así como el promedio (media aritmética), los cuales están calculados sobre la totalidad de muestras tomadas a lo largo de ciclo analizado. Lo anterior es con la finalidad de tener un valor que reflejara, de algún modo, la tendencia del ecosistema en estudio con respecto al parámetro elegido.

7.6.1. Nitrógeno

En el área de estudio las formas oxidadas de nitrógeno alcanzaron concentraciones mayores que las descritas por Cervantes-Duarte *et al.* (1991) y Jiménez-Quiroz (1991),

quienes consideran que las concentraciones de nitritos y nitratos en la ensenada de La Paz son bajas a lo largo del año. Por el contrario, García-Pámanes (1977) describe a las aguas de la ensenada como ricas en nutrientes; además, se describe un gradiente de concentración que va de la boca al interior para los nitritos y en sentido contrario para los nitratos (Cervantes-Duarte y Guerrero- Godínez, 1988).

La concentración de nitritos se mantuvo por debajo de la concentración de nitratos durante el periodo de estudio, pero mayor que la reportada por Cervantes-Duarte *et al.* (2001), quienes indican que por las bajas concentraciones de los nitritos esta forma no es una fuente importante de nitrógeno inorgánico para la laguna. Las concentraciones de este compuesto de nitrógeno son originados a partir del detritus derivado de la vegetación de mangle y por aportes continentales (I-Junn, 1995), mientras que la variación estacional, según Hobbie (1976), es el resultado de las altas concentraciones de salinidad en las aguas y de la absorción llevada a cabo por los sedimentos y la vegetación.

El balance neto de las concentraciones de nitratos registró importación de este nutriente al sistema en dos de las cuatro épocas analizadas (Tabla III). Se ha registrado que las principales vías de aporte de nitratos lo constituyen el arrastre terrígeno y el intercambio de agua producido por la marea (Odum *et al.*, 1982). Es probable que esta baja concentración se presentara debido a las altas concentraciones de nitratos que exportan los bosques de manglar en forma disuelta durante las mareas bajas, o bien a la resuspensión del sedimento ocasionado por las mismas mareas y el viento (Hobbie, 1976; I-Jiunn, 1995).

Por lo general los valores de las concentraciones promedio tanto de nitratos como de nitritos, tienden a ser más bajos que las concentraciones del amonio. En un estudio echo en México a 39 lagunas costeras demostró que en el 82% de ellas el intervalo osciló entre el 0.01 y 5 $\mu\text{g-at/l}$ (70 mg/m^3), con un promedio de 3.5 $\mu\text{g-at/l}$ (49 mg/m^3), alcanzándose estos máximos la época de lluvias (Contreras, 1993). Estos son pues, ecosistemas que reflejan una influencia dulceacuícola dominante a lo largo del año, pero para el estro en estudio la

influencia de aguas dulces es descartada, por lo que se observó, en general, que las concentraciones de estas variables son mayores a las encontradas por Contreras, indicando este nulo aporte de aguas tanto continentales, como de lluvias.

Si bien el procedimiento para calcular el amonio recomendado por Solórzano (1969) ha demostrado dar resultados poco satisfactorios en el análisis de aguas someras, una reducción a una décima parte de las cantidades recomendadas permite obtener blancos bajos y reproducibles (Escalona, 1983). Los flujos de amonio fueron negativos en todos los casos, con excepción de la época cálida, lo cual indica que existe un aporte importante de este nutriente proveniente de los sedimentos. Lo que se puede confirmar, ya que fue en la época de lluvias donde se presentó la mayor concentración de este compuesto, momento donde se lleva a cabo una importante resuspensión del sedimento del sistema. Por otro lado, se observó que durante la época templada las máximas concentraciones de amonio se registraron durante la época de cálida, con un máximo antes del amanecer y mínimos al medio día; esto pudo deberse a que por la noche el amonio se acumula en ambientes poco profundos, debido a que las tasas de asimilación por parte del fitoplancton son casi nulas (Mann, 1982).

El amonio se encuentra frecuentemente en aguas superficiales, ya sea por equilibrio atmosférico, aporte continental, desechos antropogénicos y degradación de materia orgánica vegetal. En ambientes lagunares y estuarinos el ion amonio se encuentra frecuentemente en aguas superficiales en altas concentraciones por varias razones: equilibrio con la atmósfera, aportes continentales y degradación de materia orgánica vegetal. En estuarios el aporte del material orgánico proviene principalmente de los árboles de mangle, fanerógamas acuáticas y algas bentónicas (Mann, 1982).

La degradación de estos materiales, así como su aporte a estos cuerpos de agua es constante y significativa, por lo que la concentración de este compuesto puede alcanzar altos niveles, lo que representa una fuente de nitrógeno importante. Hale (1975) destaca una

correlación entre la liberación de amonio de los sedimentos, el ciclo circadiano y la temperatura. Por la noche el amonio se acumula porque las tasas de asimilación del fitoplancton son reducidas o nulas, por lo que durante la noche las concentraciones de este elemento se incrementan. Por el contrario durante el día cuando las tasas de asimilación del fitoplancton aumentan, la concentración del elemento disminuye por efecto del consumo en la fotosíntesis.

El índice Nt:P en lagunas costeras tiende a ser bajo, como ya se menciono, esto es, que manifiesta una relativa limitación de formas nitrogenadas. Una relación mayor a 16:1 (0.062) está relacionada con ecosistemas con influencia marina a lo largo del ciclo anual. En la región del sur de México (Oaxaca y Chiapas), se manifiesta una tendencia al incremento de formas de fósforo lo que hace que el índice Nt:P llegue a ser inverso (Contreras, 1985) , esto es, una mayor cantidad de fósforo que de nitrógeno. Para todos los casos en el presente estudio no se llegaron a registrar valores por debajo de este índice en el humedal en ninguna época del año, es decir, que no se observaron relaciones inversas de la razón de Redfield (P:Nt). Lo cual obedece, según Contreras (1993), a una clara influencia marina, que además de ser indicador de la importación del nitrógeno total y del fósforo en forma de ortofosfatos, también es indicador de un ambiente fijador; principalmente de nitrógeno ya que importa nitratos y exporta amonio y, por consiguiente, de un metabolismo autótrofo, donde la fotosíntesis es mayor a la respiración en términos generales. Por lo tanto, al estero se le puede considerar como sumidero de estos dos elementos.

7.6.2. Fosfato

Los productores primarios contribuyen a la captura de fosfatos en el medio acuático. Durante los meses más cálidos la producción de la comunidad se eleva y la absorción de fosfatos es un fenómeno que favorece la fijación de energía por fotosíntesis

(Jiménez-Quiroz, 1991). Esto puede explicar que en los meses más cálidos y con mayor radiación solar las concentraciones de fosfatos se vean disminuidas (Tabla IV).

Las concentraciones promedio de fosfatos en el estero son menores que las reportadas por Jiménez-Quiroz (1991) de $0.64 \mu\text{g-at/l}$ para otros sistemas de manglar en la bahía, y por debajo del intervalo de $0.81\text{-}2.48 \mu\text{g-at/l}$ observado por Cervantes-Duarte y Santoyo (1986) para la laguna de La Paz.

Los valores que se detectaron se encuentran muy por debajo de estos rangos, presentándose la menor concentración ($0.02 \mu\text{g-at/l}$), en la época de transición. Aun cuando estas concentraciones de fosfatos son relativamente bajas, y además muestran un amplio intervalo de variación, se encuentran dentro del rango reportado por Contreras (1993), que va desde $0.01 \mu\text{g-at/l}$ a $5.0 \mu\text{g-at/l}$ y que considera como normal; por lo que podemos considerar que no son un factor limitante para el crecimiento de productores primarios (Cervantes-Duarte *et al.*, 2001).

La variación en las concentraciones de fosfatos tiene una aparente relación con la temperatura. Cervantes-Duarte *et al.* (1991) reporta concentraciones bajas de fosfatos para todo el año, con excepción de la primavera, en donde el aumento en la concentración de este compuesto se atribuye a la entrada de aguas de la bahía al interior de la laguna, lo que puede influir sobre el estero, mientras que las bajas concentraciones de fósforo, según Jiménez-Quiroz (1991), se deben a la asimilación de este compuesto por la importación por parte de las zonas de manglar, así como su aprovechamiento en el interior de estos cuerpos de agua. Las condiciones reductoras del sustrato y las altas concentraciones de oxígeno favorecen la precipitación de este compuesto en los sedimentos, formando complejos con el aluminio y el fierro (Hesse, 1963; Riley y Chester, 1989).

Las bajas concentraciones de fosfatos en este estudio se corresponden con lo dicho por Berner (1980), ya que pueden presentar una rápida precipitación para formar apatita en presencia de partículas finas de carbonato de calcio, cuyas superficies actúan como agente

nucleador para formar este cristal. Si bien no se analizó la concentración de carbonatos en el agua o suelo del estero, Godínez-Orta y colaboradores (1997), en un estudio sobre las características litológico-geoquímicas en la superficie de la laguna de La Paz, indican que la concentración de este compuesto es superior al reportado para la corteza terrestre, por lo que se puede inferir que los carbonatos existentes en los sedimentos reaccionan con los fosfatos y se precipitan en forma de cristales de apatita, y mantiene concentraciones bajas durante todo el período de muestreo de este nutriente, por lo que es importado del sistema contiguo. Además

7.6.3. Silicatos

En las concentraciones de los silicatos no se define un patrón estacional o mareal claro, pues los valores registrados fueron muy variables a lo largo de cada ciclo de marea y también las épocas analizadas. Sólo se estimó una alta concentración de este compuesto en la época cálida, estación en donde se han reportado picos en las concentraciones de esta variable (García-Pámanes, 1977). Los aportes de este compuesto generalmente son terrígenos y proceden de rocas con minerales silicatados, de la lixiviación de los suelos y de la forma particulada del cuarzo en las arcillas, por lo que la concentración en aguas salobres y marinas son bajas (De la Lanza-Espino, 1994). La remoción biológica del silicio en estuarios y lagunas, según estos mismos autores, juega un papel importante y señalan cuatro factores de los cuales depende: la población de los organismos silíceos presentes en el sistema, la tasa de crecimiento de estos organismos, la influencia de procesos físicos en el crecimiento de dichos organismos y, por último, la redisolución del sílice. Así mismo, señalan que la utilización de este compuesto es diferencial en función de las estaciones del año, con altas remociones en primavera y verano.

Los trabajos sobre este micronutriente desarrollados para sistemas estuarino-lagunares mexicanos son muy escasos a la fecha, pero se han reportado concentraciones

altas en épocas de lluvias y fuertes vientos para el estuario de Río Tuxpan, con niveles de hasta 52.81 mg/l en los meses de octubre-noviembre, y en la Laguna de Tampamacho concentraciones de 48.01 mg/l en octubre y febrero (Contreras, 1993).

Los valores máximos registrados en el presente estudio son ligeramente más altos a los reportados por otros autores (hasta 41.72 $\mu\text{g-at/l}$ en la época cálida). En el balance de masas se puede observar una exportación de este compuesto, lo cual sugiere un aporte de silicatos proveniente del sistema de manglar y la planicie de inundación de la marisma, además de la rápida remineralización realizada por los niveles de pH producidos por el metabolismo de bacterias anaerobias y el transporte realizado por las corrientes de marea (García-Pamanes, 1977; Lechuga-Déveze *et al.* 1990).

7.6.4. Clorofila a

Si bien, debido a la alta turbidez que presenta el agua del sistema, se podría suponer que el sombreado sea un limitante para la fotosíntesis, lo cierto es que los valores registrados en el estero se asemejan a los reportados por otros autores para esta zona. En este estudio se observó una media de 2.32 mg/m^3 de clorofila, con las menores concentraciones en la época templada (0.3 mg/m^3) y las concentraciones más altas en el muestreo correspondiente a la época cálida con 21.71 mg/m^3 , además de una exportación neta en el balance de masas. Se puede estimar que esta exportación obedece al comportamiento inverso de este compuesto al reportado para la laguna, pues para este cuerpo de agua aledaño se reportan las mayores concentraciones en invierno y mínimas en verano (Reyes-Salinas, 1999). La concentración de clorofila durante el muestreo estuvo caracterizada por fluctuaciones que no permiten discernir un patrón determinado en su distribución temporal, si bien algunos autores, como Canino-Herrera y colaboradores (1990), determinaron que el viento es el principal factor que determina la variabilidad de la clorofila y la productividad primaria del fitoplancton, en el presente estudio se observa una relación más

directa con los ciclos de marea. Para casi todos los casos se observa una relación opuesta a la marea, con concentraciones mayores durante el día; sólo en el caso de la época de lluvias se observó una relación directa entre la curva de marea y la concentración de clorofilas.

7.7. Balance de nutrientes del sistema

Si los nutrientes y la materia particulada y disuelta son o no exportados desde los canales del manglar es una pregunta difícil de responder en términos absolutos; sin embargo, en este caso en particular, los estimados de flujo de marea denotan una relación directa con los niveles de marea, puesto que éstos obedecen principalmente a las influencias físicas resultantes de los factores astronómicos. Según Marmer (1954) y Ward (1980), la magnitud de marea depende más de las fases de la luna. Las variaciones más pronunciadas en el estero El Conchalito se registraron en noviembre, mientras que las variaciones menos drásticas se observaron en febrero.

La dinámica de entrada y salida de nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio (NH_4^+), silicatos ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), fosfatos (PO_4^{3-}) y materia particulada suspendida (MPS) del sistema es compleja, y obedece más a los ciclos de marea que a las épocas del año. La cantidad de nutrientes exportada principalmente por el sistema durante todo el año fue superior a los subsidios recibidos en el caso de nitritos, amonio, silicatos, clorofila y materia particulada suspendida, tanto en la época cálida como en la de lluvias; por el contrario, los nitratos, oxígeno disuelto y fosfatos presentan un comportamiento opuesto (una descripción de la entrada y salida de cada uno de los nutrientes estudiados se observa en la Tabla III y IV). Diversas investigaciones han demostrado la importancia de los humedales como fuente de nutrientes hacia la zona marina (Contreras 1993, De la Lanza y García 1993). Los resultados aquí obtenidos indican que este humedal tiene una exportación anual promedio neta de $50.6 \times 10^6 \mu\text{m} / \text{m}^3$ por día de nutrientes, principalmente en forma de nitritos, amonio, silicatos, clorofila y materia particulada suspendida hacia la laguna, los cuales son especialmente

importantes en una zona donde los aportes de los ríos son nulos, como sucede en la costa interior de la Bahía de La Paz.

Ya que el O_2 de la atmósfera es necesario para que la nitrificación se lleve a cabo (la oxidación de NH_4^+) en los sedimentos, la frecuencia de la inundación se vuelve un factor importante para controlar la circulación de nitrógeno en humedales. La desnitrificación (reducción de NO_3^- a N_2) se presenta bajo condiciones anaeróbicas y está influida por la concentración de nitrógeno y materia orgánica. Bajo condiciones redox apropiadas y fuente de NO_3^- , la desnitrificación representa la pérdida principal de nitrógeno en sedimentos acuáticos hacia la atmósfera. Debido a que el aporte de nitrógeno está frecuentemente limitado en los sedimentos, la tasa de nitrificación es uno de los procesos más importantes para controlar la desnitrificación. En sedimentos con vegetación, el NH_4^+ en zonas anaeróbicas mas profundas de los sedimentos se difunden hacia las raíces donde es absorbido por plantas acuáticas u oxidado a NO_3^- cerca de las raíces. La degradación de estos materiales es significativa y constante, por lo que se explican las altas concentraciones de este compuesto, siendo exportado por el sistema.

El nitrógeno en forma de NO_3^- es usado por plantas o difundido en zonas anaeróbicas adyacentes donde es desnitrificado. Nishio y colaboradores (1983) estimaron que la tasa de desnitrificación esta vinculada a la nitrificación y que esta es 2.5 veces más alta que la desnitrificación, usando NO_3^- del agua superficial. Por lo tanto, el NO_3^- producido por nitrificación es la fuente principal para la desnitrificación.

Mientras que las formas fosfatadas son frecuentes en las lagunas costeras, su concentración es considerablemente menor a las reportadas en sistemas similares de de esta y otras latitudes, como puede apreciarse en la tabla IV. Un efecto de estas concentraciones puede ser estar relacionado como una respuesta a la presencia de la clorofila a, con quien guarda una estrecha relación (Vollenwieder y Kerekes 1982, Contreras y Kerekes 1993).

Los fosfatos son la causa fundamental de los fenómenos de eutroficación en los sistemas costeros (Mee 1977), y se les considera a estos sistemas en donde la concentración de fosfatos es elevada, como consecuencia de una alta tasa de descomposición de materia orgánicas como ecosistemas deteriorados (Contreras y Zabalegui 1991), pero en nuestro caso ocurre lo contrario por lo que podemos deducir que nos encontramos frente a un ecosistema bastante sano todavía.

Por las bajas concentraciones detectadas de fosfatos en algunas lagunas costeras, parece ser que las bajas concentraciones de este compuesto distan mucho de ser un factor limitante para los procesos de la producción primaria.

Sin embargo en áreas y ecosistemas costeros, no es tanto la presencia de bajas o altas concentraciones de este elemento, sino la relación de él con el resto de los nutrientes lo que adquiere mayor relevancia (Redfield 1958, Redfield *et al.* 1963, Rhee 1978, Doremus *et al.* 1980, Contreras *et al.*, 1995). Así, una relación Nt:P menor a 5 es interpretada como una limitación de nitrógeno; una mayor a 10 se considera como indicativa de una limitación de fósforo y se establece que de 5 a 10 es indiferente (Rinaldi *et al.* 1992).

Los valores de Nt:P mayores de 10 están asociados a sistemas con una marcada influencia oceánica como es el caso de el humedal en estudio, durante las épocas de cálida y templada, mientras que, las que poseen una relación menor a 5, están asociadas con elevados suministros de formas fosfatadas que regularmente se introducen en las lagunas por medio de los escurrimientos continentales, por la acción del viento o por actividades antropogénicas, lo que ocurre durante la época de transición.

Las cantidades normales detectadas en la concentración de nutrientes en los humedales costeros sitúan a estos ecosistemas con tendencias a la eutrofia, por lo que un suministro adicional de éstos nutrientes, pone en serio peligro su frágil estabilidad. La eutroficación ha sido planteada como una alteración grave en muchos ecosistemas acuáticos incluyendo zonas costeras y donde el aumento de sales nutritivas ha ocasionado, directa o

indirectamente, severos problemas de salud tanto del sistema mismo como de los ecosistemas que le rodean, incluso en las poblaciones humanas aledañas (Vollenweider *et al.* 1992).

Además de lo anterior e independientemente de la importancia que como recurso natural poseen estos ecosistemas, son muchas las incógnitas alrededor de las interacciones entre los productores primarios y los nutrientes, base fundamental de la trama trófica acuática.

7.8. Exportación de materia particulada suspendida del manglar.

A través de la marea este sistema de manglar exporta en promedio hasta $25.5 \times 10^6 \mu\text{m}^3$ /ciclo de marea de MPS, es decir, por día esta cantidad aumenta hasta $31.73 \times 10^6 \mu\text{m}^3$ /ciclo de marea en la época cálida, como se observa en la Tabla III, lo que se traduce en unas 2464.08 ton de material que se exportan desde el humedal hacia la zona marina a lo largo del año. Se estima que en los bosques ribereños de manglar hasta el 53% de la hojarasca que cae es removida por las mareas en un máximo de 45 días, mientras que en los bosques de cuenca la marea sólo extrae 29% en unos 100 días. El mismo autor indica que este material presenta una calidad nutritiva de hasta un 57.08% de materia orgánica cuando son exportados hacia el mar. El contenido de material orgánico aprovechable como alimento o detritus en la materia particulada suspendida es muy importante para las cadenas alimenticias, tanto dentro del sistema como en la zona marina aledaña (Tovilla, 1998).

La exportación de detritus de manglares está vinculada con la hidrología del sistema. Las tasas de exportación de materia suspendida y, en consecuencia, de carbono orgánico en los manglares de cuenca dependen del volumen de inundación de agua de marea en estos sistemas cada mes, y las tasas de exportación son temporales en respuesta a las fluctuaciones estacionales en el nivel del mar. Asociados a estos procesos se lleva a cabo en

los sedimentos la acumulación de nutrientes en el sistema. Los sedimentos suspendidos en la columna de agua son depositados en los mangles durante las inundaciones y este material enriquece el suelo de los manglares, favoreciendo la acumulación de algunos nutrientes.

La amplia variabilidad presentada por los nutrientes puede ser relacionada con los efectos de marea y las corrientes asociadas, factores que en estos sistemas costeros son el principal mecanismo de variación (Cervantes-Duarte *et al.*, 2001), más que por los procesos biológicos, puesto que el tiempo de residencia del agua en el interior del estero experimenta drásticas fluctuaciones diarias, objeto de la acción de las mareas, con un tiempo de residencia promedio de 26.98 horas, es decir, poco más de un ciclo de marea lunar (24.84 h) con fluctuaciones de medio ciclo lunar (14.42 h).

Sin embargo, se puede señalar, como lo indica Jiménez-Quiroz (1991), que la estimación de tiempos de residencia en periodos muy cortos de tiempo puede enmascarar la dinámica de estos nutrientes entre el sedimento y la columna de agua, ya que, por ejemplo, en algunos de estos compuestos la concentración de silicatos se presenta sensiblemente mayor en las bajamares y decrece en las pleamares.

De la Lanza-Espino (1994) indica que la influencia por parte de la marea en la entrada y salida de nutrientes se presenta como consecuencia de tres principales aspectos físicos: en primera instancia, el tipo de marea, incluyendo los cambios en su desfaseamiento, dispersión y retraso; en segundo término, los aportes pluviales y el escurrimiento periférico de aguas dulces, los que difieren en magnitud y estacionalidad, y, por último, los cambios climáticos extremos que propician fuertes desecaciones, con el consecuente resquebrajamiento de sedimento expuesto, lo que provoca una redistribución de los nutrientes al entrar en contacto con el agua nuevamente.

De acuerdo con Kapetsky y Laperre (1984), se considera que los estuarios y lagunas costeras en zonas semi-áridas, como es el caso del estero estudiado, el aporte de fosfatos,

nitritos y nitratos por parte del continente es mínimo e irregular, por lo que este aporte tiene una mínima influencia sobre el equilibrio biológico de estos ecosistemas. De la misma manera, los altos aportes de nutrimentos que reciben estos cuerpos de agua derivan principalmente del material biogénico de los manglares, la descomposición por bacterias, fitoplancton, zooplancton, de excreción por peces y del intercambio entre el estero y el mar adyacente por medio de la dinámica de las mareas, entre otras causas (De la Cruz-Agüero, 1998).

De acuerdo con todo lo anterior se puede observar que los procesos físicos registrados en el estero El Conchalito son más enérgicos que los reportados para la laguna de La Paz. Esto se puede atribuir a la geomorfología del estero, al tamaño relativamente pequeño y somero del sistema. Es por ello que la influencia de las mareas, así como de algunos otros factores físicos y climáticos, se ven maximizados (De la Lanza-Espino, 1994).

Este estudio no apoya la visión de Boto y Wellington (1988), quienes sostienen que los bosques de manglares se inclinan a conservar el nitrógeno y los fosfatos, siendo limitados por la disponibilidad de estos nutrientes, y muestran que los sedimentos de manglar son un sumidero de nitrógeno y fósforo.

El estero el conchalito es un sistema abierto que, en ciertas formas de nitrógeno, subsidia al sistema lagunar aledaño aportando además materia orgánica y clorofila, y a su vez se encuentra subsidiado en términos de energía en forma de oxígeno proveniente de la interacción laguna-atmósfera.

8. CONCLUSIONES

Las variaciones estacionales de las variables son amplias. La temperatura del agua varía de época a época con respecto a la de la atmósfera (viento), fluctuando de acuerdo con los parámetros ambientales, y se ve fuertemente influida por el viento.

Se observa una variación estacional y, por tanto, sus variaciones en las condiciones físicas del estero son producto de los cambios atmosféricos, configuración de la costa, vientos locales y radiación solar, y el agua circundante (de la laguna) obedece a los mismos fenómenos. Evidenciando la influencia de la ensenada de La Paz en su comportamiento hidrológico del estero.

En términos generales se puede establecer que los procesos físicos, así como la dinámica hidrológica son probablemente los factores que afectan el establecimiento y la regulación de los procesos en el sistema.

Las variaciones de marea que caracterizan la hidrología del estero establecen una gran variedad de funciones, incluyendo el intercambio de sedimentos, de material orgánico, así como de nutrientes y de la biota entre el estero y la laguna, por lo que se considera que las variaciones de la dinámica hidrológica en el estero El Conchalito influyen principalmente en sus propiedades fisicoquímicas.

Las concentraciones más elevadas de los nutrientes se sitúan, en general, entre las épocas cálida y de transición durante las mareas muertas, cuando la profundidad del sistema es menor y se encuentra sujeto a una mayor influencia del viento. Las concentraciones mínimas se detectan mas repartidas entre las épocas analizadas durante las marea vivas, cuando la influencia marina del agua proveniente de la laguna aledaña es mayor; por lo que la laguna aporta al sistema nutrientes en forma de nitritos (NO_2^-) en las épocas cálida y templada en ambos ciclos de marea, y durante la marea muerta en la época de transición. El aporte de fosfatos (PO_4^{3-}) se registra en la época cálida y de transición durante las mareas vivas y muertas.

La alta saturación de oxígeno en el sistema es favorecida por la fricción y mezcla causada por los vientos fuertes sobre el espejo de agua. Se observa una relación inversa entre las concentraciones de oxígeno disuelto y las clorofilas en relación con el amonio, pues, cuando se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, las concentraciones de oxígeno y clorofilas aumentan, mientras que la concentración de amonio decrece.

Por la noche el amonio presenta concentraciones mas altas que durante los periodos diurnos. Comparando estos resultados con las concentraciones altas de clorofilas de manera inversa al amonio, se puede observar hay acumulación de este compuesto por asimilación del fitoplancton.

Con respecto a las formas nitrogenadas, la dominante es el nitrógeno en forma de nitratos lo anterior tiene una fuerte relación con la presencia y dominancia con formas microfitoplanctónicas quienes manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton (Malone 1970, McCarthy *et al.* 1974, Contreras y Castañeda 1992), ya que como se ha comprobado, el microfitoplancton capta preferentemente las formas nitrogenadas nuevas (nitratos), mientras que el nanofitoplancton lo hace con las formas regeneradas (amonio).

De acuerdo con lo anterior se puede inferir que el estero El Conchalito funciona como un sumidero de nutrientes nitrogenados en su forma reducida, absorbiendo en baja intensidad nitrógeno en forma de nitritos, mientras que otras formas de nitrógeno (NO_3^-), son probablemente aprovechados por los organismos que ahí residen como por los que llegan a él de forma ocasional, periódica o estacional.

Así mismo se puede inferir que los procesos de nitrificación en el interior del estuario son muy fuertes, dadas las concentraciones y exportaciones de nitrógeno en forma de nitratos, lo que indica procesos de descomposición de la materia orgánica, caracterizando procesos heterotróficos en el fondo del estero.

Las variables medidas, exceptuando PO_4^{3-} , que presentan de manera general una concentración muy similar durante ambos ciclos de marea: DBO_5 , $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NO_2^- , NH_4^+ , presentaron mayores concentraciones en los ciclos de marea muerta. Por el contrario NO_3^- presenta concentraciones mayores durante los ciclos de marea viva.

Se observa una relación directa entre la marea y el pH, la temperatura y NH_4^+ , así como entre la salinidad y PO_4^{3-} , lo que indica una tendencia de fluctuación temporal entre estos parámetros.

Entre las relaciones inversas se registran las observadas entre la marea y el $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, PO_4^{3-} . La salinidad y DBO_5 . La temperatura con salinidad y O_2 , y por último la salinidad con NO_2^- , lo que denota que no existe una tendencia de fluctuación entre ellas.

Las condiciones en el estero están determinadas básicamente por la influencia de la laguna, los procesos locales de flujo y reflujo, así como de circulación interna, mezcla, evaporación, procesos biogeoquímicos, vientos y radiación solar.

El papel del estero en la dinámica de los nutrientes en el cuerpo de agua señala que hay fuentes de nutrientes, pero la información disponible no permite inferir con mayor precisión la importancia relativa de éstas y los procesos que regulan las concentraciones de nutrientes.

Se puede decir que el manglar contribuye en la dinámica y el flujo de nutrientes; sin embargo, es necesario considerar otros compuestos como son el carbono, los bicarbonatos, el carbonato de calcio, la interacción sedimento-agua, la productividad y el consumo químico de oxígeno, así como el análisis de aguas intersticiales.

Con estos datos se podría inferir más certeramente el metabolismo de este cuerpo de agua y su interacción con la laguna aledaña. Asimismo, cabe mencionar que es recomendable cuidar al máximo los aspectos metodológicos, haciendo mayor hincapié en el análisis de las muestras de agua por medio de métodos precisos y no difiriendo mucho el

tiempo de la toma de muestra con el del análisis de los nutrientes, lo que puede minimizar ciertas variaciones observadas en los resultados del presente trabajo.

Variaciones como las descritas, o incluso mayores pueden ocurrir durante el tiempo que dura una campaña, por lo que es factible mencionar que los resultados de las mediciones hidrológicas obtenidos de las campañas en este u otros cuerpos de agua, deben asumirse con cierta cautela al tratar de manera esquemática los datos obtenidos, por lo que debe analizarse el mayor número de variables relacionadas a dichas variaciones para poder tener un panorama más preciso de las causas que originan los niveles de las variables o bien, del metabolismo de el ecosistema en cuestión.

Finalmente, existen numerosos trabajos científicos alrededor de la cantidad de nutrientes en humedales costeros; sin embargo, en esta ocasión se pretende establecer, con base en un número significativo de muestreos, una proposición con fines descriptivos. Por lo que éste trabajo se suma a otros para conocer la dinámica del estero “El Conchalito” y su interacción con la ensenada de La Paz.

9. LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas, A.L. J. Rodríguez-Romero, F. Galván-Magaña, De la Cruz-Agüero y H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la ictiofauna de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. **Ciencias Marinas**, **20**(2): 159-181.
- Aguirre-Bahena, F., 2002. Dinámica de los Componentes de la Materia Particulada Suspendida y Otras Variables Hidrológicas en la Ensenada-Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. **Tesis de Maestría**. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. 146 pp.
- Álvarez, S., Ballesteros, G y Chee-Barragán. 1975. Estudio de algunas variables Físico-químicas superficiales en Bahía de San Quintín en verano, otoño e invierno. **Ciencias Marinas**. 16-45.
- Banse, K., Falls, C.P. and Hobson, L.A. 1963. A gravimetric method for determining suspended matter in sea water using Millipore filters. **Deep-sea Res.** **10**: 639-642.
- Becerril, M.F. and R. Carmona. 1997. Nesting of water birds in Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México (1992-1994). México. **Ciencias Marinas**. **23**(2): 265-271.
- Berner, F.V. 1980. **Early Diagenesis: A Theoretical Approach**. Princenton University Press. Princeton N.J., 241 pp.
- Blasco, F., 1984. Climatic factors and the biology of mangrove plants, p: 18-35. *In*: The mangrove ecosystem: research methods. U.S.A. UNESCO.
- Boto, K. G. and J. T. Wellington. 1988. Seasonal variations in concentrations and fluxes of dissolved organic and inorganic materials in a tropical tidally-dominated mangrove water-way. **Marin. Ecol. Progress Series**. **50**: 151-160.
- Cano, N., García Lafuente, J., Hernández-Guerra, A., Blanco, J.M. y Escánez, J. 1997. Hidrología del Mar de Alborán en junio de 1993. **Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanog.** Instituto Español de Oceanografía. **24**: 9-26.

- Canino Herrera, S.R., Gaxiola Castro, G. y Segovia Zavala, J.A. 1990. Efectos de los procesos físicos sobre la variación de clorofila, seston y productividad primaria en la ensenada norte de Bahía de los Ángeles (verano de 1986). **Ciencias marinas**, **16**(2): 67-85.
- Carmona, R. 1995. Distribución temporal de aves acuáticas en la playa El Conchalito, Ensenada de La Paz, B.C.S. **Inv. Mar. CICIMAR**, **10**(1-2): 1-21.
- Cervantes D., R. y H. Santoyo. 1986. Nota acerca del metabolismo de una laguna hiperhalina de Baja California Sur. **Inv. Mar. CICIMAR**, **15**(2): 129-142.
- Cervantes D., R. y R. G. Godínez. 1988. Variación espacio-temporal de nutrientes de la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. **An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México**. **15**(2): 129-142.
- Cervantes-Duarte, R., S. Agiñaga-García y R.G. Godínez. 1991. Variación estacional de temperatura, salinidad y nutrientes en la ensenada de La Paz, B.C.S. (1986-1988). **Rev. Inv. Cient. U.A.B.C.S.** **2**(2): 56-64.
- Cervantes-Duarte, R., F. A. Bahena, A.R. Salinas y J. E. V. Hoguín. 2001. Caracterización hidrológica de una laguna costera de Baja California Sur, México. **Oceánides**. **16**(2):93-105.
- Contreras, F. 1993. **Ecosistemas costeros Mexicanos**. CONABIO-UNAM Iztapalapa. 415 pp.
- Contreras E. F. 1985. Comparación hidrológica de tres lagunas costeras del estado de Veracruz, México. **Univ. y Ciencia. UJAT** **2**: 47-56.
- Contreras, E. F. & O. Castañeda L. 1993. Contribución del nanofitoplancton en la cantidad de clorofila a de dos sistemas lagunares del estado de Chiapas, México. **Inv. Mar. CICIMAR** **7**: 61-73.
- Contreras, E. F. & J. Kerekes. 1993. Total phosphorus-chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **25**: 448-451.

- Contreras, E. F. & L. M. Zabalegui. 1991. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya Buenavista. Chis., Méx. **An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.** **18**: 207-215.
- Cruz-Orozco, R., Rojo, G., P., Godínez-Orta, L., Nava-Sánchez, E. 1989. Topografía, Hidrología y Sedimentos de las Márgenes de la Laguna de La Paz, B.C.S. **Revista de Investigación Científica**. U.A.B.C.S. 3-15.
- De la Lanza -Espino, G. Y C. Cáceres Martínez (Eds.). 1994. **Lagunas costeras y el litoral mexicano**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México 525 pp.
- De la Lanza, E. G., y Arenas, V., 1986. Naturaleza Química de las Hojas y Rizomas de los Pastos Marinos y su Ambiente Sedimentario. **Biol. Trop.** **26**(2):277-289.
- De la Lanza E.G. y J.L. García-Calderón 1993. **Los sistemas hídricos costeros del Noroeste de México, un recurso amenazado**. Reunión Anual del Programa Universitario del medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México, 21-23 de octubre de 1992.
- De la Lanza, E. G., y Gómez, S. 1999. Físicoquímica del Agua y Cosecha de Fitoplancton en una Laguna Costera Tropical. Universidad Autónoma del Estado de México, **Ciencia Ergo Sum**, **6**(2):147-153
- De la Cruz, A. G., 1998. Bases ecológicas para el manejo y conservación del estero Conchalito, ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. Informe técnico final de proyecto de investigación. **CICIMAR-IPN**. México.
- Doremus, C. M., S. W. Nixon, P. F. Roques & S. K. Seitzinger. 1980. Nitrogen limitation in the ocean versus phosphorus limitation in lakes: An analysis of possible regulatory mechanisms, **Environmental Science Research**, Vol. 19. Poster 8 In P. G. Falkowski (ed.). Primary productivity in the sea. Plenum.
- Dye, H.A. 1982. Oxygen consumption by sediments in a southern African mangrove swamp. *Estuarine, Coastal Shelf Science*. **17**, 473-478.

- Escalona, R. L. 1983. Método para Estimar Flujos de Nitrógeno Reciclado en Lagunas Costeras Someras. **Nota Científica**. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. Contribución No. 367.
- Elorduy-Garay, J.F. y J. Caraveo-Patiño 1994. Hábitos alimentarios de la pierna *Caulolatilus princeps*, Jenys, 1842 (Pices:Branchiostegidae), en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Ciencias Marinas**, **20**(2): 199-218.
- Espinoza A., J. 1979. Los principales parámetros físico-químicos de las aguas de la ensenada de La Paz, Baja California Sur. Resultados de las investigaciones 1997. **Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur** : 5-27.
- Espinosa, G.M., J. Llinas, E. S. Amador. 1982. **Estudio ecológico comparativo de las lagunas Enfermería y Balandra y el canal de mareas Zacatecas, en la bahía de La Paz B.C.S., México**. Inf. Gen. de Lab. Centro de Investigaciones Biológicas La Paz, B.C.S. : 111-136.
- Flores-Verdugo, F.J. 1989. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. *In*: De la Rosa, V.J. y F. González (eds.). **Temas de Oceanografía Biológica en México**. U. A. B.C.: 21-26.
- Flores-Verdugo, F.J., O. González-Fariáz, F. Ramírez-Flores, A. Amezcua-Linares, M. Yáñez-Arancibia, M. Álvarez-Rubio, and J.W. Day JR. 1990. Mangrove ecology aquatic primary productivity and fish community dynamics in the Teacapán-Agua Brava lagoon estuarine system (Mexican Pacific). **Estuaries**, **13**(2): 219-230.
- García, E. 1973. Modificación al sistema de Clasificación Climática de Copen. En: **Lagunas Costeras Mexicanas**. Contreras, F. (Ed.). Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 253 pp.
- García-Pámanes, J. 1977. La distribución superficial de nitratos(NO_3) y silicatos(SiO_4) en la ensenada De La Paz, Baja California Sur. **Resultados de las investigaciones 1997**. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur.: 28-46.
- García-Pamanes, J. 1978. La distribución superficial de nitratos (NO_3) y silicatos (SiO_4) en la ensenada de La Paz, Baja California Sur. **Tesis profesional**. Esc. Sup. Ciencias Marinas, U.A.B.C. 27 pp.

- Godinez-Orta, L., Shumilin, E. Sapozhnikov, D. y Rodríguez, M., D. 1997. Características Litológico-geoquímicas de los Elementos superficiales de la Laguna de La Paz, B.C.S. Instituto Nacional de Geoquímica, A.C., México. **Actas INAGEQ**, **3**(1997), 225-233.
- González-Acosta, A. F. 1998. Ecología de la comunidad de peces asociada al manglar del estero El Conchalito, ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. **Tesis de Maestría**. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 126 pp.
- Granados, A. G. y R.A. Schwartzlose. 1974. Corrientes superficiales en el Golfo de California *In: Memorias del V Congreso Nacional de Oceanografía*. Escuela de Ciencias Marinas ITESM campus Guaymas. México. :125-128.
- Hale, S. S., 1975. **Mineral Cycling in Southeastern Ecosystems. The role of benthic communities in the nitrogen and phosphorus cycles of an estuary**, *In: Howell, F. G., J. B. Gentry and M. H. Smith (Ed.) ERDA Symposium Series CONF-74-0513*, (130):291-308.
- Herrera-Silveira, J.A. 1994. Nutrients from underground discharges *In: a coastal lagoon (Celestún, Yucatán, México)*. **Verh. Internat. Verein. Limnol**, 25: 1398-1403.
- Herrera-Silveira, J.A. 1994. Correlaciones entre parámetros físicos, químicos y biológicos de la laguna de Celestún, Yucatán. **An. Inst. de Ciencias del Mar y Limnol. , Univ. Nal. Autón. México**. **21** (1-2): 43-53.
- Herrera-Silveira, J.A. 1994. Phytoplankton productivity and submerged macrophytes biomass variation in a tropical coastal lagoon with groundwater discharge. **Vie Milieu**, **44** (3-4): 257-266.
- Herrera-Silveira, J. A. 1995. Seasonal Patterns and behaviour of nutrients in a tropical coastal lagoon with groundwater discharges. **J. Ecol. Environ. Sci.**, **22** (1): 45-57.
- Herrera-Silveira, J. A. 1996 Salinity and nutrients in a tropical coastal lagoon influenced by groundwater discharges. **Hydrobiologia**. 321: 165-176.

- Herrera-Silveira, J. A., and F. A. Comín. 1995. Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. **Ophelia**, 42: 127-146
- Hesse P.R. 1963. Phosphorus relationships in a mangrove swamp mud with particular reference to aluminium toxicity. **Plant Soil**, 14(4): 335-346.
- Hobbie, J.E. 1976. Nutrients in estuaries. **Oceanus**, 19(5): 41-47.
- INEGI. 2000. **Aspectos geográficos de México**. Carta fotografica de Uso del Suelo y Vegetación, 1:1 000 000.
- I-Junn, Ch. 1995. The temporal changes in the benthic abundances and sediment nutrients in a mudflat on the Chumei Mangrove Forest, Taiwan. **Hidrobiologia**, 295:221-230.
- Jeffrey, S. W. and G.F. Humphrey. 1975. New Spectrophotometric Equations for Determining Chlorophyll a, b, c₁, and c₂ in Heiger Plants, Algae and Natural Phytoplankton. **Biochem. Physiol. Pfanzen**. 167: 191-194.
- Jiménez-Illescas, A.R., M. Obeso-Nieblas, S. Alatorre, S. Troyo y H. García. 1994. Hidrología de la Bahía de La Paz. **Oceanología**, 1(2): 115-131.
- Jiménez-Quiroz, M.C. 1991. Contribución al conocimiento de los productores primarios de la ensenada de La Paz. Análisis de la comunidad de manglar. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 223 pp.
- Kapetsky, J.M. 1984. Coastal lagoon fisheries around the world: some perspectives on fishery yields, and other comparative fishery characteristics. In: **Management of Coastal Lagoon Fisheries**, pp. 97-139 (Kapetsky, J.M. and Laperre, P. eds), Stud. Rev. GFCM (61) vol. 1. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Kjerfve, B. L. Drube de Lacerda, C.E. Rezende and A.R. Coelho Ovalle. 1999 Hydrilological and Hydrochemical variations in mangrove ecosystems, p. 71-82 in: Yañez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (Eds.), **Ecosistemas de Manglar en América Tropical**. Instituto de Ecología, A.C., México, UICN/HORMA, Costa Rica, NAO/NMFS Silver Spring MD U.S.A. 380 pp.

- Lara, R.J. & Dittmar, T. 1999. Nutrient dynamics in a mangrove creek (north Brazil) during the dry season. **Mangroves and Salt Marshes**. Kluwer Acad. Publ. Netherland. **3**: 185-195
- Lechuga-Deveze, C. H., J.J. Bustillos-Guzmán, Ma. T. B. Güémez y D. L. Cortés. 1990. Oscilaciones semi-diurnas, diarias y estacionales de variables físicas en la ensenada de La Paz, B.C.S. **Inv. Mar. CICIMAR**, **5**(1): 1-9.
- Lechuga-Deveze, C. H., J. García-Pamanes y J.J. Bustillos-Guzmán. 1990. Condiciones ecológicas de la laguna costera de la costa oeste del Golfo de California, turbiedad y clorofila a. **Ciencias Marinas**, **12**(1): 19-31.
- Malone, T. C. 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. **Limnol. and Oceanogr.** **16**: 633-639.
- McCarthy, J. J., W. Rowland & M. E. Loftus. 1974. Significance of nanoplankton in the Chesapeake Bay estuary and problems associated with measurements of nanoplankton productivity. **Mar. Biol.** **24**: 7-16.
- Mann, K.H. 1982. **Ecology of Coastal Waters: A Systems Approach**. Estudios *in*: Ecology. University of California Press Berkeley and Los Angeles. 332 pp.
- Marmer, H.A. 1954. Tides and sea level in the Gulf of México. **Fishery Bulletin**, 55:101-118.
- Mee, D. 1977. **Coastal lagoons**. p. 441-490 *In* J. P. Riley y R. Chester (eds.). Chemical Oceanography 7.
- Mee, L. D. 1977. The Chemistry and Hydrography of Some Coastal Lagoons in the Pacific Coast of México. **Tesis Doctoral**. Universidad de Liverpool. Reino Unido.
- Miranda, F. 1957. Vegetación de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas (México) y sus relaciones florísticas. **Proc. 8th Pacific Sci. Congr.**: 438-453.

- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 1986. **Wetlands**. Van Nostrand Rienhold Company. Nueva York.
- Nishio, T., I. Kolke and A. Hatori. 1983. Estimates of denitrification and nitrification in coastal and estuarine sediment. **Appl. Environ. Microbiol.**, **45**: 444-450.
- Nixon, S. W. 1981. **Freshwater inputs and estuarine productivity**, p. 31-57 *In* R. D. Cross, & D. L. Williams (eds.). Proceedings of the National Symposium on Freshwater inflow to Estuaries. U. S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services. (FWS/OBS-81/04, Vol 1.)
- Obeso-Nieblas, M., A.R. Jiménez-Illiescas y S. Troyo-Diéguez. 1993. Modelación hidrodinámica de la Ensenada de La Paz, B.C.S. **Inv. Marinas CICIMAR**. México, **8**(1): 1-11.
- Odum, W.E.; C.Mc. Ivor y T.J Smith. 1982. **The ecology of south Florida: a community profile**. Bureau of Land Manag. Serv. Biol. S. Progr. U.S.A., 141 pp.
- Palomares-García, J.R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de La Paz. **Oceánides**, **11**(1): 29-43.
- Parsons, T.R., and. Maita y C.M.Lalli. 1984. **A Manual of chemical And Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press. New York. 173 pp.
- Ramírez-García, P. Y A. Lot-Helgueras. 1994. La distribución del manglar y de los "pastos marinos" en el Golfo de California, México. **An. Inst. de Biol.** UNAM. Ser. Bot., **65**(1): 63-72.
- Redfield, A. C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. **Am. Sci.** **46**: 206-221.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum & F. A. Richards. 1963. **The influence of organisms on the composition of seawater**, p. 26-77 *In* M. N. Hill (ed.). The sea 2. Wiley-Interscience, Nueva York.

- Rhee, G-Yull. 1978. Effects of N:P atomic ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition, and nitrate uptake. **Limnol. and Oceanogr.** **23**: 10-25.
- Rinaldi A., G. Montanari, A. Ghetti., C. R. Ferrari & A. Ferrari. 1992. **Eutrophy and dystrophy in the Goro lagoon**, p. 457-470 In R. A. Vollenweider, R. Marchetti & R. Viviani. (eds.). Marine coastal eutrophication. Elsevier Sci. Pub.
- Riley, J.P. y R. Chester. 1989. **Introducción a la Química Marina**. AGT. México, 459 pp.
- Reyes-Salinas, A., 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. **Tesis de maestría**. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. 122 pp.
- Robles-Gil, M.S. Ma. G. 1998. Clima en la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México., 233 pp.
- Rozas, L.P. 1995. Hidroperiod and its influence on nekton use of the salt marsh: A pulsing ecosystem. **Estuaries**, **18**(4): 579-590.
- Salinas-González, F., 2000. Mezcla turbulenta y Transporte de Masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, B.C.S.: Experimentación y Modelación Numérica. **Tesis de Doctorado**. **Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas**, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. 260 pp.
- Siqueiros-Beltrones D.A. and Mozaria-Luna, H., L. 1999. New Records of Marine Benthic Diatom Species for the Northwestern Mexican Region. **Océanides**. **14**(2): 89-95.
- Solórzano L. 1969. Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. **Limnol. Oceanogr.** **14**: 799-801.
- Strickland, J.D.H and T.R. Parsons. 1972. **A practical handbook of sea water analysis**. Bull. 167. 2ª Ed. Fisheries Research Board. Canadá. 310 pp.
- Suárez-Altamirano, J. M. 2001. Dinámica Hidrológica en el estero El Conchalito, La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Licenciatura**. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México. 82 pp.

- Tenshi, A. 1998. Carbon fixation and storage in mangroves. **Mangroves and Salt Marshes**. Kluwer Acad. Publ. Netherland. **2**(4): 245-247.
- Tenshi, A., Miller, D., Wolanski, E. and Spagnol Simon 1998. Fluxes of nutrients and particulate organic carbon in two mangroves creeks in northeastern Australia. **Mangroves and Salt Marshes**. Kluwer Acad. Publ. Netherland. **2**: 223-230.
- Tomohiro, K., Hosokawa, Y. and Eguchi, N. 1998. Dissolved inorganic cycling intertidal sand-flat, Japan. **Mangrove and Salt Marshes**. Kluwer Acad. Publ. Netherland. **2**: 176-175.
- Tovilla, H. C. 1998. Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecanapa, Guerrero, México. **Tesis Doctoral**. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 210pp.
- Tovilla, H. C. y Orichuela, E., B. 2000. Ecología de los Bosques de Mangles y Algunos Aspectos Socioeconómicos de la Zona Costera de Barra de Tecanapa, Guerrero, México: Un Estudio Integral. **Gaceta Ecológica INE-SEMARNAP**. México. **53**: 88-104.
- Vollenweider, R. A. & J. Kerekes. 1982. Eutrophication of waters, monitoring, assesment and control. Final report. OECD Coperative program on monitoring of inland waters (Eutrophication control), **Environment Directorate, OECD**. Paris. 154 pp.
- Vollenweider, R. A., R. Marchetti & R. Viviani (eds.). 1992. **Marine coastal eutrophication**. Elsevier Sci. Pub. 1310 pp.
- Ward, G.H., Jr. 1980. Hydrography and circulation processes of Gulf estuaries. *In*: P. Hamilton and K.B. Mac Donald (Eds.), **Estuaries and Wetland Processes with Emphasis on Modeling**. Plenum Press, Nueva York.: 183-215.

11 ANEXOS



ANEXO 1

Tabla VII. Comparación de los valores descritos para las variables físicas y químicas en la laguna de La Paz y el manglar El Conchalito, reportados por diversos autores durante los meses de muestreo febrero (F), junio (J), septiembre (S) y noviembre (N). Se muestran los valores de media aritmética (MEDIA) y desviación estándar (D.S.).

Mes	Valor	Temp. °C	SiO ₂ *H ₂ O μm/ m ³ d	Po ₄ ³⁻ μm/ m ³ d	Salinidad Ups	OD μm/ m ³ d	NH ₄ ⁺ μm/ m ³ d	NO ₂ ⁻ μm/ m ³ d	NO ₃ ⁻ μm/ m ³ d	Cl a mg/ m ³	MPS g /m ³ d
LAGUNA											
F	MEDIA	20.08*	2.48*	0.87*	35.25*	X	X	0.06-	2.53-	2.13*	19.30*
	D.S.	0.69*	1.83*	0.17*	0.10*	X	X	0.02-	1.57-	1.20*	11.03*
J	MEDIA	24.8+	17.22+	1.07+	37.1+	X	X	0.09+	0.40+	1.59+	3.16+
	D.S.	0.6+	4.00+	0.36+	0.8+	X	X	0.03+	0.21+	0.47+	2.07+
S	MEDIA	30.9+	3.52+	0.84+	36.1+	X	X	0.10+	0.89+	1.84+	2.34+
	D.S.	0.5+	1.49+	0.41+	0.8+	X	X	0.05+	0.20+	0.96+	0.92+
N	MEDIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	D.S.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MANGLAR											
F	MEDIA	19.72	13.27	0.13	37.67	3.25	0.77	0.10	1.94	2.14	13.98
	D.S.	2.29	3.21	3.72	1.16	1.09	0.21	0.03	1.86	1.26	7.65
J	MEDIA	26.06	20.15	0.64	41.52	4.85	0.56	0.08	5.20	4.14	20.15
	D.S.	3.34	8.23	0.24	1.77	1.60	0.39	0.03	2.38	3.85	7.08
S	MEDIA	29.11	17.71	0.85	37.32	3.78	0.82	0.27	5.04	2.37	19.03
	D.S.	1.80	7.87	0.31	0.99	1.19	0.42	0.10	2.29	0.93	9.82
N	MEDIA	22.98	11.36	1.63	37.44	2.37	0.74	0.21	0.87	2.17	9.21
	D.S.	0.94	6.10	0.40	1.46	1.32	0.53	0.08	0.35	0.55	8.24

+ Tomado de Cervantes-Duarte *et al.*, 2001, - Tomado de Aguirre-Bahena 2002, * Tomado de Romero-Bañuelos, 2003. X: no hay datos reportados para estas variables.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
Glosario	vi
INTRODUCCIÓN	1
1 ANTECEDENTES	5
2 JUSTIFICACIÓN	7
3 OBJETIVOS	9
3.1. Objetivo general.....	9
3.2. Objetivos específicos	9
4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
4.1. Ubicación geográfica	10
4.2. Condiciones climáticas	10
4.3. Hidrología.....	14
5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5.1. Análisis de agua	16
5. 1.1. Colecta de las muestras <i>in situ</i>	16
5.1.2. Análisis de los nutrientes	17
5.1.3. Análisis de clorofila <i>a</i>	17
5.1.4. Determinación de las concentraciones de MPS	18
5.1.5 Medición de oxígeno disuelto y demanda	

	bioquímica de oxígeno	18
	5.2. Caracterización climática e hidrotopográfica	19
	5.3. Dinámica hidrológica.....	19
	5.4. Cálculo del la sección transversal.....	20
	5.5. Cálculo del balance.....	21
	5.6. Cálculo del balance de masas	21
6	RESULTADOS	23
	6.1. Corrientes	23
	6.2. Climatología.....	25
	6.3. Condiciones climáticas a lo largo del año	26
	6.4. Análisis de los ciclos de marea (curvas de marea)	27
	6.5. Hidrología	30
	6.6. Balance de masas	53
	6.7. Relación de las variables químicas con respecto de las variables físicas	54
	6.8. Estequeometría	59
7	DISCUSIÓN	61
	7.1. El clima y sus efectos sobre el estero	61
	7.2. Los la efectos de la marea y la hidrología en el estro ...	62
	7.3. Flujo de agua marina que penetra al humedal	64
	7.4. Salinidad y temperatura	65
	7.5. Hidrología del humedal	67
	7.5.1. pH	67
	7.5.2. Oxígeno	68

	7.6. Nutrientes	69
	7.6.1. Nitrógeno	70
	7.6.2. Fosfato	73
	7.6.3. Silicatos	75
	7.6.4. Clorofila <i>a</i>	76
	7.7. Balance y presupuesto de nutrientes del sistema	77
	7.8. Exportación de materia particulada suspendida del manglar	80
8	CONCLUSIONES	83
9	LITERATURA CITADA	87
10	ANEXO	97
	Anexo 1	98