



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD Y DENSIDAD DE
LOS COPÉPODOS Y LOS CLADÓCEROS CON
RELACIÓN A LAS CONDICIONES AMBIENTALES
DEL SISTEMA LAGUNAR DE MECOACÁN,
TABASCO, MÉXICO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I O L O G O
PRESENTA
MAURICIO DANIEL SÁNCHEZ AMEZCUA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO LUGO VÁZQUEZ

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO 2009





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por mostrarme su inmenso amor hacia mí, transformando adversidad por salud, felicidad y prosperidad.

A MI PADRE Y A MI MADRE (Javier y Aída): Por darme la vida, por ser mis guías, por transmitirme sus experiencias. Ante todo, por amarme, aceptándome con virtudes y defectos, sin dejar de sentirse orgullosos de mí.

A MI HERMANO (Israel): Por compartir tristezas y alegrías, por ser el cómplice incondicional en el reto más grande ... la vida.

A MIS ABUELOS(AS) (Juan y Teresa) (Raymundo e Irma): Por su paciencia, por consentirme a su manera, por cada uno de sus valiosos consejos, los cuales me han servido para enfrentar y superar todo tipo de dificultades a través de mi existencia.

A MIS TÍOS(AS), PRIMOS(AS), SOBRINOS(NAS): Por estar pendientes de mí y sin importar la distancia que nos separa han venido a visitarme; sé lo difícil que es para ustedes, pero me motivan a seguir adelante.

A MIS AMIGOS (Jonathan, Israel, Carlos, Miguel, Rafael, Armando y Poncho): Porque han sido leales, piensan en mí y jamás se han olvidado, incluso a través del tiempo.

A LAS AUTORIDADES DE LA UNAM Y DE LA FES IZTACALA: Por su apoyo e interés en la consecución de mis metas, la realización de un objetivo y su ayuda para formar profesionistas aún en situaciones complejas, como la reclusión.

A LAS AUTORIDADES DEL R.P.V.O.: Por procurar la readaptación social del interno a través de la educación, la promoción de la superación personal y la aplicación de valores.

A TODOS MIS AMIGOS INTERNOS DEL R.P.V.O.: Por transmitirme entereza, hacerme olvidar la soledad y darme valor para continuar adelante.

A LOS INTEGRANTES DE MI JURADO: Por sus comentarios y atinadas sugerencias.

INDICE

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes.....	5
3. Objetivos.....	6
4. Área de estudio.....	7
5. Material y métodos.....	9
6. Resultados biológicos de las especies de copépodos.....	11
7. Resultados de las condiciones ambientales en la laguna.....	22
8. Discusión	32
9. Conclusiones.....	38
10. Referencias bibliográficas.....	39

RESUMEN

Se investigó la composición taxonómica y la variación temporal y espacial de los copépodos y cladóceros de la laguna costera de Mecoacán, Tabasco, México, así como la relación con las variables ambientales temperatura, salinidad, pH, concentración de oxígeno disuelto y concentración de clorofila *a* durante un período anual (1997). Se realizaron cinco muestreos trimestrales en la laguna en cinco estaciones localizadas desde la salida al mar del sistema hasta la entrada del río Cucuxapa, uno de los afluentes principales. En las estaciones con mayor profundidad se tomaron dos o tres niveles de profundidad y únicamente el nivel superficial en las estaciones más someras.

Se obtuvieron muestras puntuales de 20 L de agua filtradas a través de una malla de 63 μm de abertura. Los organismos se cuantificaron mediante una cámara de recuento de zooplancton y un microscopio estereoscópico.

Los cladóceros prácticamente no se presentaron en las muestras y no fue posible identificar los muy escasos ejemplares colectados. En cambio los copépodos fueron generalmente abundantes. Se identificaron 6 especies de copépodos 2 del orden Calanoidea, 2 del orden Cyclopoida y 2 de Harpacticoida. La riqueza específica de copépodos en Mecoacán puede considerarse baja. Dos especies fueron dominantes: el calanoideo *Acartia spinata* y el ciclopoideo *Oithona ovalis*. El resto de las especies se presentó con densidades considerablemente menores. Todas las especies fueron de ambientes marinos o estuarinos. Se observó una importante variación temporal con densidades elevadas durante enero y junio y menores en el resto de los muestreos. Las densidades de copépodos fueron elevadas pero no llegaron a los valores presentes en condiciones claramente eutróficas. La laguna mostró una variación espacial y temporal importante en sus condiciones ambientales, especialmente en la temperatura (22.5-32 °C), oxígeno disuelto (1.6-7.6 mg L^{-1}) y salinidad (0.8-34 ups). Los valores de concentración de clorofila *a* fluctuaron ampliamente (0-38.3 mg m^{-3}) indicando que la laguna tiene fuertes variaciones estacionales en su productividad. Durante el mes de agosto, las elevadas concentraciones de clorofila *a* y los bajos números de copépodos presentes podrían indicar un importante control del fitoplancton en la laguna por parte de los copépodos.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas lagunares costeros ocupan una gran porción de los litorales del mundo, presentando una alta complejidad ambiental e importantes fuentes de recursos naturales para cualquier país que límite con el mar. En México hay cerca de 128 sistemas estuarinos, principalmente estuarios y lagunas costeras (Lankford,1977).

Las lagunas costeras son cuerpos de agua litorales con comunicación permanente o efímera con el mar, que representan además el encuentro de dos masas de agua con diferentes características, lo que provoca fenómenos peculiares en su comportamiento físico, químico y biológico, dando como resultado que en dichos ecosistemas exista una alta complejidad de hábitats, con altos índices de diversidad biológica y productividad (Yáñez-Arancibia, 1977). Los volúmenes de las lagunas costeras están sujetos a fuerte variación en períodos cortos, tanto estacionales como anuales, causados por las oscilaciones propias de sus aportes de agua marina, de los afluentes fluviales y de los volúmenes aportados por la precipitación pluvial; esto provoca que también los organismos que las habitan estén sujetos a cambios ambientales marcados (Gómez-Aguirre, 1987)

Dentro de estos hábitats se encuentran comunidades acuáticas como el plancton, que incluye toda una serie de diferentes organismos que se caracterizan por flotar libremente y cuyo movimiento intrínseco, si es que existe, es tan débil que permanecen a merced de cualquier corriente o movimiento de agua (Margalef,1983).

El plancton se ha dividido tradicionalmente en dos grupos: el fitoplancton y el zooplancton; se puede categorizar al plancton de acuerdo a su distribución espacial, tamaño y modo de vida. Los organismos cercanos al fondo son el hipoplancton y las formas superficiales el epiplancton; los organismos de varios milímetros se denominan como macroplancton y los de un tamaño de hasta 50 micras como microplancton; algunas especies son planctónicas toda su vida y reciben el nombre de holoplancton y otros organismos tienen fases planctónicas sólo en algún período de su vida y se denominan meroplancton (Newell,1983).

En las lagunas costeras el zooplancton incorpora una gran diversidad de grupos de organismos, entre los cuales se puede mencionar a los foraminíferos, radiolarios, protistas ciliados, celenterados, ctenóforos, rotíferos, quetognatos, poliquetos, heterópodos, pterópodos, salpas y apendicularias, además de varios grupos de crustáceos tales como cladóceros, ostrácodos, copépodos, tanaidáceos, mysidáceos, cumáceos, anfípodos, isópodos, eufasiáceos y decápodos (Gómez-Aguirre, 1987).

El plancton presenta un comportamiento temporal relacionado con factores ambientales como la luz, que provoca y dirige los movimientos propios de los

organismos y regula su distribución vertical; la temperatura, que afecta la densidad del agua y tiene una influencia directa sobre la velocidad de los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en estos organismos; otro factor es el oxígeno disuelto cuya concentración influye en la distribución y abundancia del zooplancton, pues la gran mayoría de los organismos de este grupo (con la excepción de algunos protozoos) son aerobios (Moss,1980).

El zooplancton tiene gran importancia en el flujo de energía que circula desde bacterias, detritos y fitoplancton hasta los niveles tróficos más altos. Esto se debe a que consume los alimentos mencionados y a su vez, es fuente de energía para larvas, juveniles y adultos de numerosas especies de peces (Smith,1979)

Dentro de los grupos de crustáceos del zooplancton de lagunas costeras con tamaño mayor a 200 μm se encuentran principalmente los copépodos y los ctenópodos y anomópodos, conocidos conjuntamente bajo la denominación de cladóceros. En los ambientes dulceacuícolas los cladóceros tienen la mayor importancia pero en los ambientes marinos y costeros son los copépodos el grupo principal del zooplancton (Suárez-Morales y Campos-Hernández 1994). Los copépodos son los consumidores primarios más numerosos de casi todos los cuerpos de agua oceánicos y continentales costeros (Boltovskoy,1981; Owre y Foyo 1964), constituyendo aproximadamente la mitad de la biomasa del zooplancton, aunque lo más frecuente es que representen porcentajes de entre 75 y 90% en regiones oceánicas y costeras (Suárez,1990).

En contraste, los cladóceros son un grupo fundamentalmente dulceacuícola, cuya riqueza de especies es de aproximadamente 620 especies (Forró et al. 2008). En los ambientes marino o salobres la diversidad de especies de cladóceros marinos es muy reducida, con pocas dificultades para su clasificación (Boltovskoy,1981).

Los copépodos pueden consumir detritos orgánicos (Harding, 1974 en Boltovskoy,1981) y hasta algunos componentes del petróleo derramado, constituyendo así un importante factor de depuración en general y de la contaminación por hidrocarburos en particular; por ejemplo, el copépodo *Temora longicornis* defeca los restos de los hidrocarburos ingeridos depositándolos en el fondo (Conover,1971 en Boltovskoy,1981).

Los copépodos, y especialmente las especies de los géneros más abundantes (*Oithona*, *Acartia*, *Centropages* y *Labidocera*, entre otros) han sido utilizados para caracterizar las masas de agua; un ejemplo es la determinación de la distribución de las aguas surgentes por la presencia de *Calanoides carinatus* en la región subtropical de Cabo Frío, en Brasil (Suárez, 1990). El incremento de las densidades de algunas especies, como *Acartia clausi* y *Euterpina acutifrons* significa la eutrofización de las aguas correspondientes (Bjonberg, 1981)

En cuanto a la previsión de la pesca, se ha probado la existencia de una relación estrecha entre ciertas asociaciones de copépodos y cardúmenes de

peces de interés comercial. Por ejemplo, los pescadores de arenque del Mar del Norte realizan un breve muestreo para observar la presencia de un color rojizo en el agua que es debido a copépodos del género *Calanus*. La presencia de estos copépodos garantiza la abundancia de arenques. Este pronóstico sencillo ha economizado dinero, tiempo y trabajo (Hardy, 1936 en Boltovskoy, 1981).

Por otra parte, se ha comprobado que algunos copépodos pueden transmitir toxinas del medio a los niveles tróficos superiores; lo anterior se debe a que algunos copépodos se asocian al fenómeno de “marea roja”, como por ejemplo algunas especies del género *Acartia* son capaces de acumular y retener en sus tejidos las toxinas de los dinoflagelados que provocan la marea roja y al ser ingeridos por los peces les causa la muerte por intoxicación indirecta, como ha sucedido con la sardina *Clupea harengus* (White 1981 en Suárez-Morales y Campos-Hernández, 1994).

Otro aspecto importante es el hecho de que se ha asociado la abundancia de ciertos copépodos pláncnicos con los brotes de cólera en zonas tropicales de alta productividad. Se ha encontrado que el agente responsable de esta enfermedad (*Vibrio cholerae*), se aglutina en las bases de las antenas y de las patas natatorias, de manera que los copépodos funcionan como vector de la enfermedad al ser consumidos por los peces (Martínez-Pérez et al. 2004).

Además de los factores de relevancia ya señalados, es necesario poner más atención en la zona que corresponde a las costas mexicanas y en general a la Zona Económica Exclusiva Mexicana del Golfo, ya que se encuentran muy pobremente estudiadas en lo que a zooplancton se refiere y en consecuencia, también ocurre esto para el grupo de los copépodos (Suárez-Morales 2003)

Es por esto que en el presente trabajo se pretende conocer la diversidad y densidad de los copépodos y cladóceros presentes en el zooplancton y su relación con las características físicas y químicas del agua del sistema lagunar de Mecoaacán en el estado de Tabasco, México.

2. ANTECEDENTES

El sistema lagunar costero de Mecoaacán ha sido objeto de numerosos estudios con diversos enfoques, pero sobre copépodos y cladóceros en particular, puede considerarse que son escasos.

La Secretaria de Recursos Hidráulicos (1975 en Contreras, 1985), realizó un estudio en el que describió y cuantificó el plancton de Mecoaacán, encontrando que el fitoplancton presenta gran diversidad, con predominio de dinoflagelados y diatomeas. En cuanto al zooplancton, se registraron ostrácodos, copépodos, foraminíferos y larvas de ostión.

Valenzuela y Gómez (1994) realizaron un estudio taxonómico y cuantitativo sobre los copépodos de Mecoaacán en el período de enero a mayo de 1993. La especie más abundante durante el lapso muestreado fue *Acartia tonsa*.

Entre los meses de abril y junio de 1995 el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) realizó un estudio sobre *Vibrio cholerae* en Mecoaacán. En el informe del trabajo se presentan también algunos datos sobre copépodos de la laguna. Los organismos encontrados pertenecieron al género *Cyclops* y también se encontraron harpacticoides que no fueron identificados (Ramírez et al. 1995).

Desde un punto de vista ecológico, en esta región del país sobresalen los desequilibrios provocados por la contaminación los cuales son un problema cotidiano, principalmente por las alteraciones que se han generado en la zona costera por la expansión agrícola, ganadera e industrial de los últimos años (Castañeda y Contreras 1993). Esta es la razón por la cual existen numerosos estudios de los problemas de contaminación que se presentan en las lagunas costeras de Tabasco, en general, y en la Laguna de Mecoaacán en particular, entre las que pueden citarse los trabajos de Vázquez Botello (1978, 1979), Vázquez Botello y Mandelli (1980) y Castro Gessner (1981), que estudian algunos efectos de la contaminación por hidrocarburos en sedimentos y ostiones.

En cuanto a aspectos ecológicos y biológicos, García-Cubas et al. (1990) realizaron un estudio sobre la diversidad de moluscos de Mecoaacán. Domínguez et al. (2003) investigaron los crustáceos macroscópicos de la laguna. Sarma et al. (2000) describen los rotíferos y los cladóceros del plancton de Mecoaacán. De la Lanza y Gómez (1999) presentan resultados de concentraciones de nutrimentos y fitoplancton en la laguna.

3. OBJETIVOS

- Identificación taxonómica de los copépodos y cladóceros (adultos) encontrados en las muestras, hasta el nivel taxonómico más bajo posible.
- Cuantificación de cada una de las especies presentes.
- Determinación de algunas características físico-químicas del agua (temperatura de la columna de agua, pH, concentración de oxígeno disuelto, salinidad y concentración de clorofila a).
- Relación de los parámetros físico-químicos con la diversidad y densidad de los copépodos y cladóceros identificados.

4. AREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar de Mecoaacán se ubica en la zona litoral de Tabasco, en el litoral del Golfo de México y entre los meridianos 93° 04' y 93° 14' y los paralelos 18° 16' y 18° 26'; forma parte del cuerpo deltaico de los ríos Grijalva y Usumacinta.

La laguna tiene un área aproximada de 5 168 ha. Su eje principal se orienta en dirección este-oeste y es paralelo a la línea de costa; mide 11.5 Km de norte a sur y en su parte más ancha 7 Km (Contreras,1985).

El clima de la zona es del tipo Am(f)w"(i)g ,en el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1988). Esto corresponde a un clima cálido y lluvioso. La temperatura promedio mensual es cercana a los 26 °C mientras que la precipitación anual varía entre 1500 y 1800 mm. Se distinguen tres épocas climáticas en la zona: la de secas que abarca de enero a abril; la de lluvias, entre junio y septiembre, y la de "nortes" que abarca de octubre a enero (García-Cubas et al. 1990).

Pertenece a la región hidrológica 30 y según (Lankford,1977 en Contreras,1985), ésta debe incluirse en el tipo II-A y (Carranza-Edwards,1975 en Contreras,1985) en la unidad morfotectónica III.

La profundidad de este cuerpo acuático oscila entre 0.30 y 2.30 m y la media es de 1 m. El canal de acceso al mar registra algunos tramos con profundidades de 8 m y se localiza al norte. La laguna está formada por un par de canales en forma de pinza que se abren permanentemente al mar a través de la Barra de Dos Bocas . Por la parte Este de la laguna desemboca el río Escarbado (15 m de ancho), el cuál sirve de enlace a aquélla con el río Gonzales, que llega al Golfo de México. En la parte sureste se localiza el río Cuxcuchapa (15 m de ancho) mientras que el río Seco desemboca al noroeste de la laguna, con un ancho aproximado de 100 m.

El rasgo fisiográfico más notable lo constituye la saliente Punta Tilapa en la parte sur; dicha punta flanquea una laguneta llamada Tilapia, que sería la prolongación de agua anexa más importante de la laguna de Mecoaacán. Por el suroeste se encuentra la ensenada del Chivero. La boca de acceso de la laguna a los canales de intercomunicación con el océano se conoce como Boca Grande y se localiza en la parte norte del sistema.

En general, la vegetación circundante es del tipo bosque de mangle. El aporte principal de materia orgánica proviene del manglar que rodea a la laguna ,así como del lirio acuático arrastrado por los ríos que desembocan en la misma; además, también introducen lirio las corrientes provenientes de otros ríos que desembocan al mar, como es el caso del río González.

Existe un complejo petroquímico de PEMEX (al lado de la estación 2 en la Fig. 1) que descarga parte de sus aguas residuales hacia la laguna.

El agua penetra en el sistema y se distribuye hacia el sur y sureste de la laguna, con una ligera circulación en sentido de las manecillas del reloj, que se acentúa a medida que transcurre la pleamar; finalmente se pierde esta circulación, y la masa de agua se dirige hacia la boca de la laguna durante la bajamar (Contreras,1985).



Fig. 1. Fotografía aérea de la Laguna de Mecoacán, Tabasco, mostrando la ubicación de las estaciones de muestreo

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de este trabajo se realizaron 5 visitas al sitio de estudio aproximadamente cada 3 meses a partir de enero de 1997. Los muestreos abarcaron las épocas de secas, lluvias y nortes que se presentan en el área estudiada. Todos los muestreos se realizaron durante la pleamar.

La frecuencia y localización de la toma de muestras viene dictada por el objetivo del estudio (E.P.A., 1982). Con base en una visita prospectiva se seleccionaron 5 sitios de muestreo localizados en diferentes condiciones de la laguna (Fig. 1). Los sitios muestreados fueron: zona de influencia marina (1), zona de descarga de la planta de PEMEX (2), zona de cultivo de ostión (3), parte central de la laguna (4), y zona de influencia dulceacuícola (5).

En las estaciones 1, 3 y 5, que son muy someras, únicamente se tomó una muestra del nivel superficial (0.5 m). En la estación 4, que corresponde a la parte más profunda de la laguna se tomaron muestras en superficie (0.5 m) y fondo (8 m). Finalmente, en la estación 2, que se ubicó en el canal de comunicación con el mar y que es también profunda, se obtuvieron muestras en los niveles superficial (0.5 m), medio (2.5 m) y de fondo (8 m).

Las muestras superficiales se recolectaron con una cubeta de plástico de 10 L de capacidad. En el caso de las muestras profundas y medias se empleó una botella de muestreo tipo Niskin de 6 L de capacidad.

Con base en un muestreo preliminar se estableció que un volumen de 20 litros era adecuado para obtener estimaciones de la densidad promedio de las especies más abundantes con un intervalo de confianza del $\pm 20\%$ para la media (Elliot 1977). Por lo anterior, para cada muestra se filtraron 20 litros, con una red de zooplancton de 112 μm de apertura. Los organismos recolectados de cada muestra fueron colocados en frascos de plástico de boca ancha con capacidad de 250 ml y se fijaron con formol al 4% (Wetzel y Likens, 2000), para posteriormente ser transportados al laboratorio.

La identificación taxonómica, en organismos adultos, se basó en las claves de Boltovskoy,(1981), Davis (1955), Owre y Foyo (1964), Dussart y Defaye (1995), Grice (1960) y Suárez-Morales y Campos Hernández (1994).

Para el trabajo de identificación de las especies y la cuantificación de las mismas se emplearon dos tipos de microscopios: un microscopio estereoscópico marca Wild Heerbrugg M5A, que se usó en la separación de los organismos y la cuantificación de cada especie.

Como auxiliar para la realización de las cuentas de organismos se empleó una cubeta de recuento de zooplancton de 5 a 10 ml, con fondo cuadrulado. Debido al tamaño de los organismos estudiados, el resultado final de la cuantificación se expresó como organismos por metro cúbico (APHA et al.,1992).

Para la observación de algunos rasgos morfológicos finos, importantes en la correcta identificación taxonómica de las especies (Dussart y Defayé, 1995), se empleó un microscopio óptico marca Zeiss modelo K7 con las técnicas de microscopía de campo claro, contraste de fases y campo oscuro.

La medida de las siguientes variables ambientales se realizó in situ en cada una de las estaciones: temperatura del agua y oxígeno disuelto, con un oxímetro con termistor marca YSI (Yellow Spring Instruments) mod. 51B; la salinidad, con un salinómetro y conductímetro YSI mod. 33, el pH con un potenciómetro marca Hanna mod. HI 8314 con compensación de temperatura.

La concentración de clorofila a, se midió mediante la filtración in situ de un volumen de entre 100 y 300 ml de agua a través de un filtro Whatman de fibra de vidrio tipo GF/C que se mantuvo en oscuridad y congelación (APHA et al. 1992). Una vez en el laboratorio, se empleó el método fluométrico (Wetzel y Likens 2000) con un fluorómetro marca Turner modelo 450. y extracción en acetona en frío (4° C) durante 24 horas. La profundidad de cada estación se midió con una sondaleza.

A los datos biológicos se les aplicó un análisis de frecuencia vs abundancia para clasificar la importancia de las especies en el sistema (García de León, 1988). Para establecer las relaciones de los copépodos y cladóceros con las condiciones ambientales se aplicó una transformación logarítmica ($\log n + 1$ ó $\log n$) y posteriormente se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (Elliot, 1977).

6. RESULTADOS BIOLÓGICOS DE LAS ESPECIES DE COPÉPODOS.

Se identificaron 6 especies de copépodos, pertenecientes a 5 familias y 5 géneros, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de las especies encontradas (según Owre y Foyo, 1964)

Clase: CRUSTACEA

Subclase: COPEPODA

Orden: CALANOIDEA

Familia: Acartiidae

Acartia spinata (Esterly, 1911)

Acartia lilljeborgi (Giesbrecht, 1892)

Orden: CYCLOPOIDA

Familia: Oithonidae

Oithona ovalis (Herbstl, 1955)

Familia: Clausidiidae

Saphirella tropica (Scotts, 1894)

Orden: HARPACTICOIDA

Familia: Tachydiidae

Euterpina acutifrons (Dana, 1852)

Familia: Ectinosomidae

Microsetella rosea (Brady y Robertson 1873).

MORFOLOGIA GENERAL DE LAS ESPECIES :

Del Orden Calanoida, se identificaron 2 especies: *Acartia spinata* y *Acartia lilljeborgi*. Este orden es el más abundante en el zooplancton de Mecoaacán; sus componentes son de vida libre, casi exclusivamente pláncnicos y marinos, su cuerpo puede dividirse en tres partes (cabeza, tórax y abdomen). Una característica diferencial con respecto a otros órdenes, es que las antenas constan de hasta 27 segmentos en hembras, y en el macho la antena derecha esta geniculada o modificada como gancho para sostener a la hembra durante la cópula. Son relativamente lentos, alternando en su movimiento saltos y pausas. Presentan un saco ovígero central, con huevos relativamente grandes (Suárez, 1994).

En esta familia son caracteres importantes para su clasificación la presencia o ausencia de dos filamentos rostrales, de espinas en las anténulas, de puntas laterales o espinas y/o cérdulas en el último segmento torácico; además del aspecto de las cinco patas, siendo iguales en hembras y desiguales en los machos. (Boltovskoy, 1981).

Los machos y las hembras de *Acartia spinata* tiene el cuerpo estrecho y alargado, abdómen trisegmentado, quinto par de patas con el segmento terminal alargado y curvado en hembras, en machos es transformado en un órgano prensil.

Acartia lilljeborgi tiene el cuerpo estrecho y alargado en machos y hembras, antenas con fuertes espinas marginales, abdomen pentasegmentado, quinto par de patas alargado y liso en hembras y en machos transformado en órgano prensil. Este género es característico en aguas del Golfo de México y Mar Caribe. (Suárez, 1994).

Del Orden Ciclopoida, se identificaron 2 especies *Oithona ovalis* y *Saphirella tropica*. Este orden incluye básicamente organismos de vida libre y en el plancton marino son menos abundantes que los calanoideos. Se distinguen por presentar dos partes (tórax y abdomen) claramente definidas. Las antenas son muy cortas (de 6 a 15 segmentos en hembras) y en los machos ambas antenas son geniculadas, funcionando como auxiliares en el momento de la transmisión del espermatóforo durante la cópula. Son muy rápidos, moviéndose por medio de saltos continuos y haciendo pausa después de varios saltos. Las hembras presentan dos sacos ovígeros, uno a cada lado del cuerpo. Los huevos contenidos en los sacos son de pequeño tamaño (Suárez, 1994).

Los caracteres utilizados para identificar a la familia *Oithonidae* son los siguientes: la presencia de pico (rostro aguzado) en la región frontal del cerebro; el tipo y número de cerdas terminales en la mandíbula, y el número de cerdas del margen externo de la primera a la cuarta pata. (Boltovskoy, 1981). La característica principal de esta familia, es su cuerpo relativamente robusto y sus dos pares de patas.

Oithona ovalis tiene el cuerpo generalmente estrecho y alargado, con las antenas simétricas en las hembras y en los machos ambas antenas son geniculadas; el abdomen es pentasegmentado en hembras y hexasegmentado en machos; las patas son trisegmentadas; el quinto par de patas tiene únicamente dos setas, idénticas en ambos sexos.

Saphirella tropica presenta abdomen sin segmentos, con un rostro redondeado, un cuerpo robusto, antenas simétricas, cortas en hembras y en machos son geniculadas, tienen solamente dos pares de patas, y lleva dos o tres pequeñas espinas aserradas. (Owre y Foyo, 1964).

Se ha observado la presencia de ambos géneros de ciclopoideos tanto en aguas oceánicas como costeras del Golfo de México y del Mar Caribe (Suárez, 1994).

Del Orden Harpacticoida, se identificaron 2 especies *Euterpina acutifrons* y *Microsetella rosea*. Los harpacticoides son eminentemente bentónicos y pocos géneros

tienen hábitos pelágicos; por lo general son escasos en el zooplancton pues no es su hábitat preferido. Presentan una división entre el cefalotórax y el abdomen, su aspecto general es prácticamente vermiforme. Las antenas son muy cortas, entre 5 y 9 segmentos en las hembras. y en machos ambas son geniculadas. Son malos nadadores y generalmente se arrastran sobre el sustrato (Suárez,1994).

La familia *Tachidiidae*, tiene un cuerpo con segmentos torácicos ensanchados y la frente puntiaguda, antenas simétricas en hembras, en machos asimétricas, abdomen pentasegmentado en ambos sexos, quinto par de patas rudimentario, laminiforme en ambos sexos.

El cuerpo de *Euterpina acutifrons* presenta segmentos torácicos ensanchados, la frente puntiaguda y encorvada; las antenas son cortas en ambos sexos, pero en los machos terminadas en un gancho afilado. El abdomen es pentasegmentado y los segmentos son más estrechos que los del cefalotórax. En ambos sexos el quinto par de patas tiene forma de placa, con setas espinosas en las hembras, y en machos es similar pero redondeado y unisegmentado.

En la familia *Ectinomatidae*, tienen un cuerpo en forma de torpedo, alargado, sin división entre el cefalotórax y el abdomen la cabeza fusionada al segmento torácico, las antenas pequeñas simétricas en hembras y en machos asimétricas. Quinto par de patas simétrico, reducido a una forma laminar para ambos sexos.

Microsetella rosea, cuerpo fusiforme alargado, rostro desarrollado, corto e inmóvil. Antenas cortas simétricas en hembras, en machos son geniculadas, abdomen pentasegmentado en hembras, hexasegmentado en machos. Su color característico es rosado. Quinto par de patas simétricas, reducido en forma laminar y bisegmentado en ambas especies.

Estos géneros están presentes en aguas del Golfo de México y Mar Caribe. (Suárez,1994).

Un hecho importante fue que, a pesar de que en algunas de las estaciones muestreadas la influencia del agua dulce fue muy importante, no se encontraron especies dulceacuícolas, pues todas las especies de copépodos encontradas fueron de ambiente marino y son comunes en el Golfo de México y mar Caribe.

En lo referente a los cladóceros, sólo hay nueve especies marinas en comparación con las dulceacuícolas que son unas 400 (Boltovskoy,1981). En el presente estudio en la Laguna de Mecoaacán, únicamente se observaron unos pocos ejemplares de cladóceros de agua dulce en la estación 5 (desembocadura del Río Escarbado) durante el muestreo del mes de junio. Por la escasez de organismos y por el grado de deterioro que sufrieron, no fue posible obtener ejemplares en buen estado que permitieran su adecuada identificación taxonómica. Por estas razones los cladóceros no fueron finalmente considerados en el presente estudio. Sarma et al. (2000) encontraron dos especies de cladóceros en Mecoaacán: *Diaphanosoma breviremis* y *Moina minuta*.

considerados en el presente estudio. Sarma et al. (2000) encontraron dos especies de cladóceros en Mecoacán: *Diaphanosoma breviremisis* y *Moina minuta*.

Para establecer la **dominancia** de las especies en la laguna se realizó una gráfica (Fig. 2) de frecuencia vs abundancia (García de León 1988). De acuerdo con los resultados de la gráfica las especies de copépodos pláncnicos claramente dominantes en el sistema fueron *Acartia spinata* y *Oithona ovalis*, con un 100% de frecuencia y las mayores abundancias. Las otras cuatro especies, *Euterpina acutifrons*, *Saphirella tropica*, *Microsetella rosea* y *Acartia lilljeborgi*, debido a que se encontraron con abundancias y frecuencias muy bajas, quedaron ubicadas como raras.

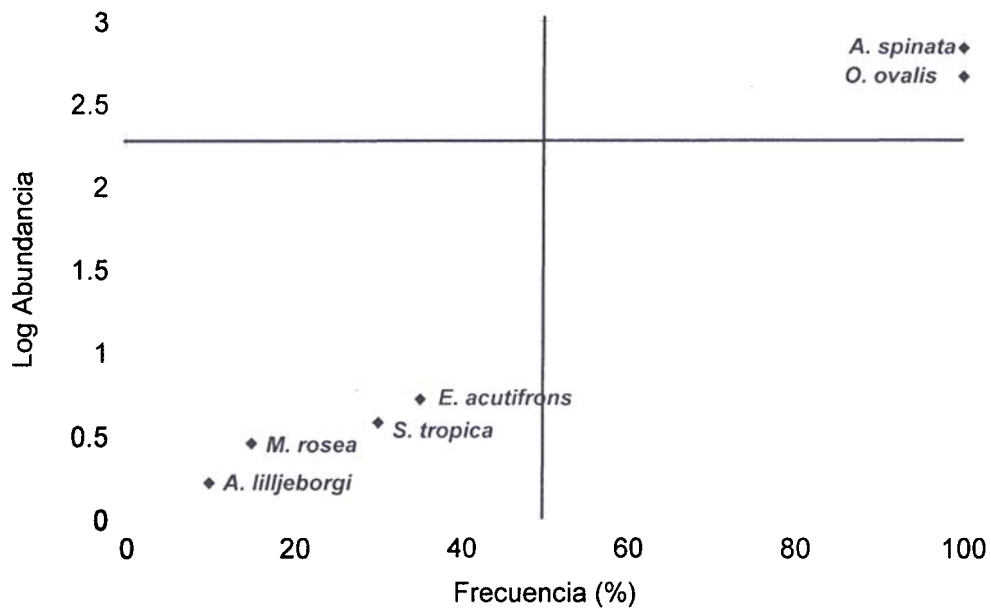


Figura 2. Gráfica de frecuencia contra abundancia de las especies de copépodos de Mecoacán.

VARIACION DE LA DENSIDAD TOTAL ANUAL DE COPEPODOS, POR MUESTREO

Las mayores densidades de copépodos en la Laguna de Mecoacán se encontraron durante los meses de junio y de enero, con valores promedio de 4.8275 y 4.4331×10^4 org m^{-3} respectivamente. Los muestreos de los meses de noviembre y abril presentaron valores promedio menores pero semejantes: 1.6581 y 1.9475×10^4 org m^{-3} . Finalmente, durante el muestreo de agosto se encontró el valor promedio más bajo de la densidad de

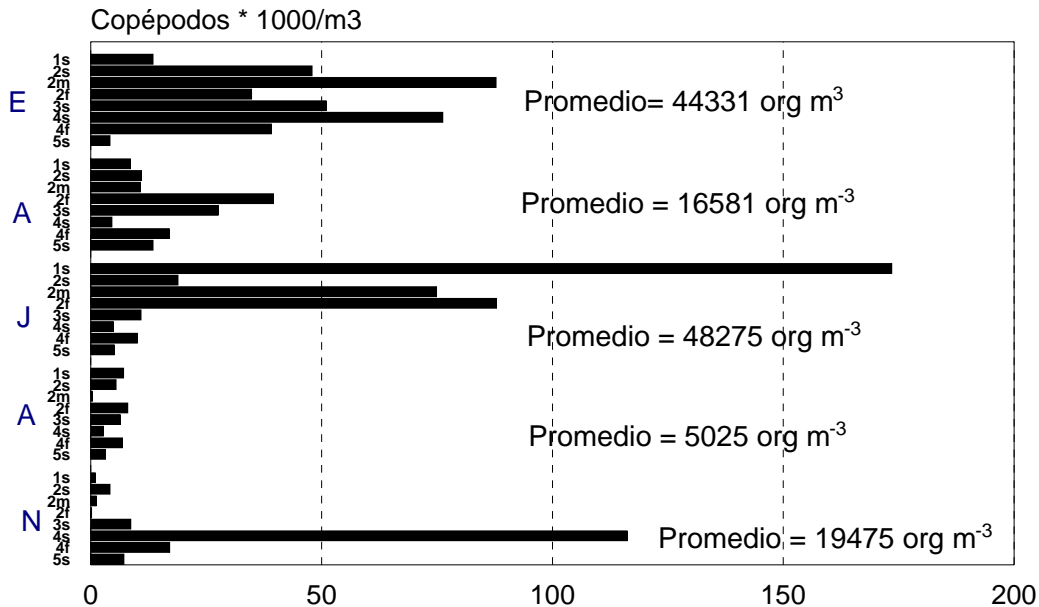


Fig. 3. Variación de la densidad total de copéodos en la Laguna de Mecoacán

VARIACION DE LA DENSIDAD TOTAL DE COPEPODOS POR ESTACION DE MUESTREO.

La ESTACION 1 (desembocadura al mar) presentó su mayor densidad de copéodos en el mes de junio con un valor de $1.74 \times 10^5 \text{ org m}^{-3}$. El mínimo valor de densidad se observó en el mes de noviembre con $1.0 \times 10^3 \text{ org m}^{-3} \text{ org l}^{-1}$.

La ESTACION 2 (planta de PEMEX), también presentó su valor máximo de densidad de copéodos en el mes de junio, siendo de $1.82 \times 10^5 \text{ org m}^{-3}$. El valor mínimo fue de $5.0 \times 10^3 \text{ org m}^{-3}$, presentándose igualmente en el mes de noviembre. (Fig. 4)

La ESTACION 3 (canales) tuvo su valor máximo de densidad de copéodos en el mes de enero con únicamente $5.1 \times 10^4 \text{ org m}^{-3}$. El valor mínimo se encontró en agosto con $6.0 \times 10^3 \text{ org m}^{-3}$.

La ESTACION 4 (centro de la laguna) se comportó de manera diferente a las estaciones previas pues su valor máximo fue de $1.33 \times 10^5 \text{ org m}^{-3}$ y se presentó en el mes de noviembre. La densidad menor fue de $1.0 \times 10^4 \text{ org m}^{-3}$, y se registró en el mes de agosto.

La ESTACION 5 (desembocadura del Río Escarbado), la de mayor influencia de agua dulce, presentó los valores menores de densidad de copépodos. El valor máximo fue de 1.4×10^4 org m^{-3} , en el mes de abril, mientras que el mínimo fue de 3.0×10^3 org m^{-3} , en el mes de agosto

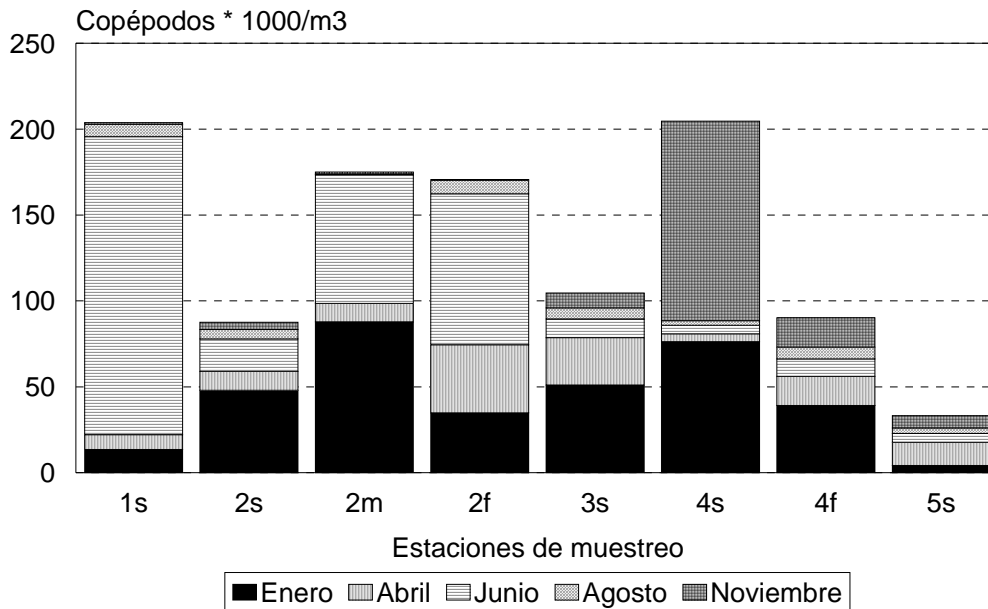


Figura 4. Variación de las densidades de copépodos por estación de muestreo en la Laguna de Mecocacán.

DENSIDAD ANUAL DE CADA ESPECIE DE COPEPODO:

Acartia spinata, presenta una mayor densidad en el mes de junio, en la estación 1 (desembocadura al mar) con 1.263×10^5 org m^{-3} . La menor densidad fue en el mes de noviembre, en las siguientes estaciones, siendo de 1.0×10^2 org m^{-3} (Fig. 5).

Oithona ovalis, tuvo su mayor densidad en el mes de junio en la estación 1 (desembocadura al mar) de 4.65×10^4 org m^{-3} . Las menores densidades (1.0×10^2 org m^{-3}) se presentaron en la estación 2 (Planta Pemex) en los meses de agosto y noviembre, en las profundidades de media y fondo; también en noviembre, en la estación 1 (desembocadura al mar) se encontró el mismo valor mínimo de densidad (Fig. 6)

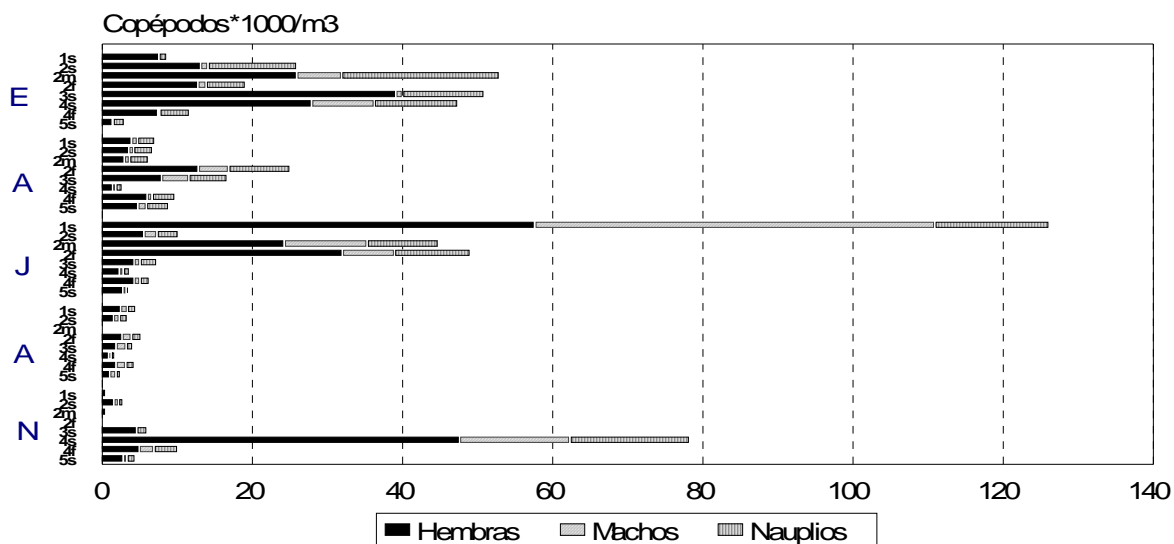


Fig. 5. Variación espacial y temporal de *Acartia spinata* en la Laguna de Mecocán.

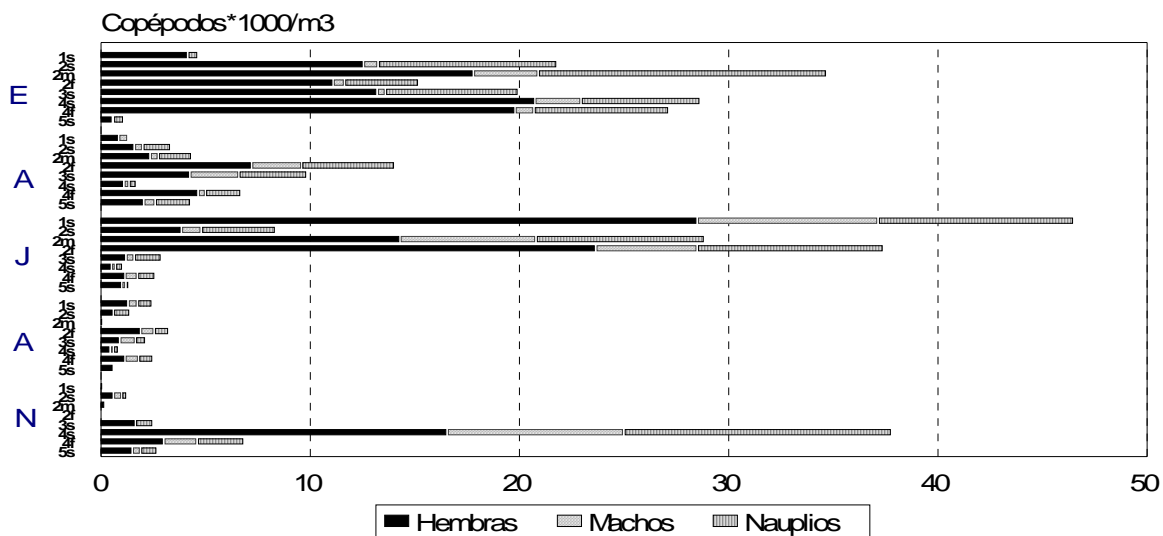


Fig. 6. Variación espacial y temporal de *Oithona ovalis* en Mecocán.

Euterpina acutifrons: su mayor densidad ($1.1 \times 10^3 \text{ org m}^{-3}$) fue en el mes de junio, en el nivel de fondo de la estación 4 (laguna). En cambio, durante el mes de noviembre no se le observó en ninguna estación (Fig. 7)

Saphirella tropica, el registro de mayor densidad ($3.0 \times 10^2 \text{ org m}^{-3}$) fue en los meses de enero y junio, en la zona profunda de la estación 2 (Planta PEMEX), al igual que en el mes de abril, en el fondo de la estación 4 (laguna). Durante el mes de noviembre no se observó la presencia de esta especie y en agosto únicamente estuvo presente en la superficie de la estación 2 (Fig. 8).

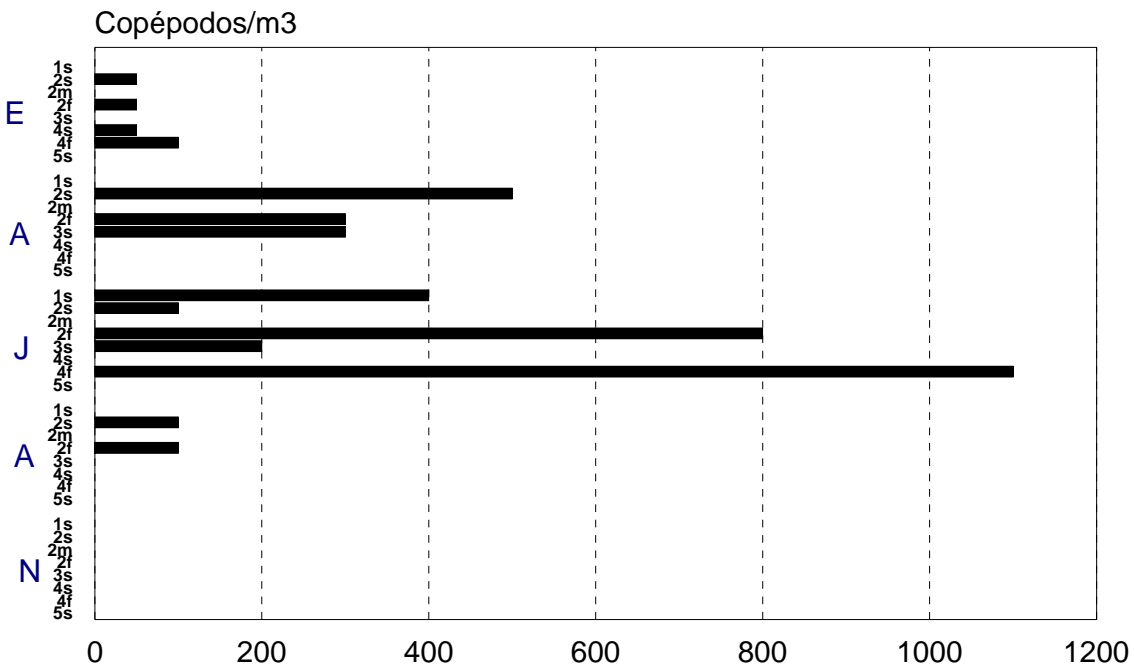


Fig. 7. Variación espacial y temporal de *Euterpina acutifrons* en Mecoacán.

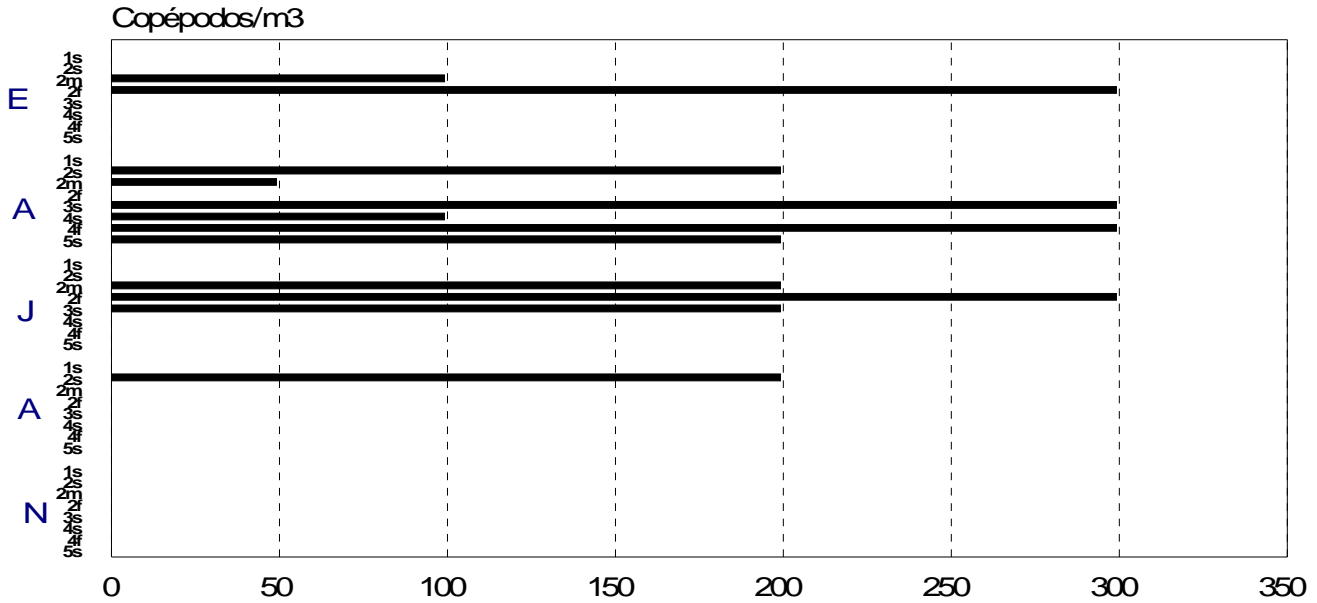


Fig. 8. Variación espacial y temporal de *Saphirella tropica* en la laguna Mecoacán

Microsetella rosea, tuvo su mayor densidad ($9.0 \times 10^2 \text{ org m}^{-3}$) fue en el mes de junio, en la estación 2 (planta PEMEX) en la profundidad media. En cambio, durante los meses de agosto y noviembre únicamente se le encontró en una estación y en el mes de enero estuvo ausente del sistema (Fig. 9)

Acartia lilljeborgi, obtuvo su mayor densidad en el mes de agosto, en la estación 2s (Planta PEMEX) con $3.0 \times 10^2 \text{ org m}^{-3}$. Su presencia y abundancia en la laguna fueron muy escasas pues entre los meses de enero a agosto siempre se le encontró únicamente en una estación (ya fuera en la 1 o en la 2) y en noviembre no se encontró en el sistema (Fig. 10)

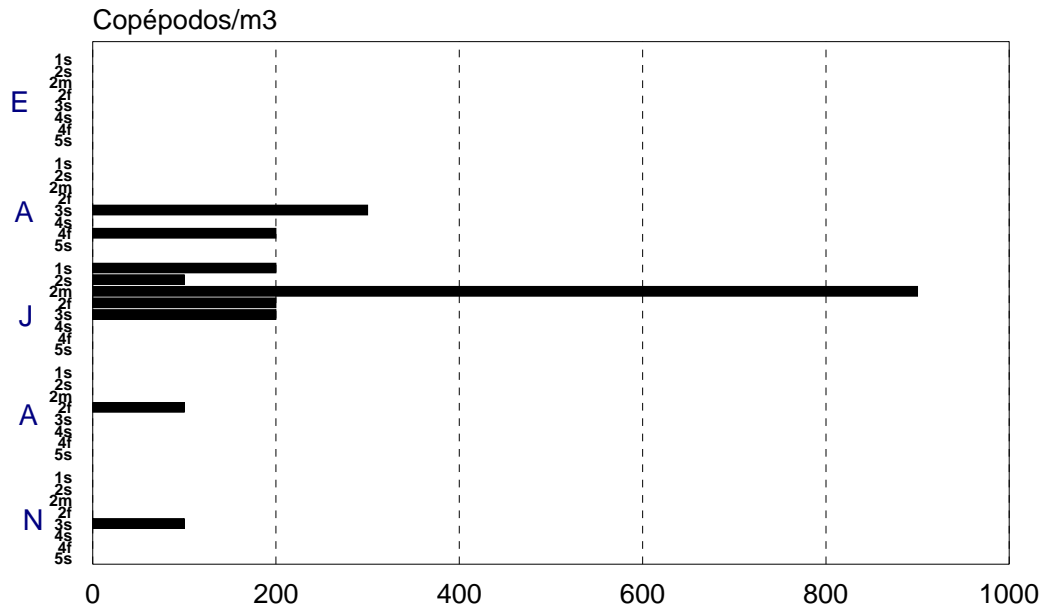


Figura 9. Variación espacial y temporal de *Microsetella rosea* en Mecoacán

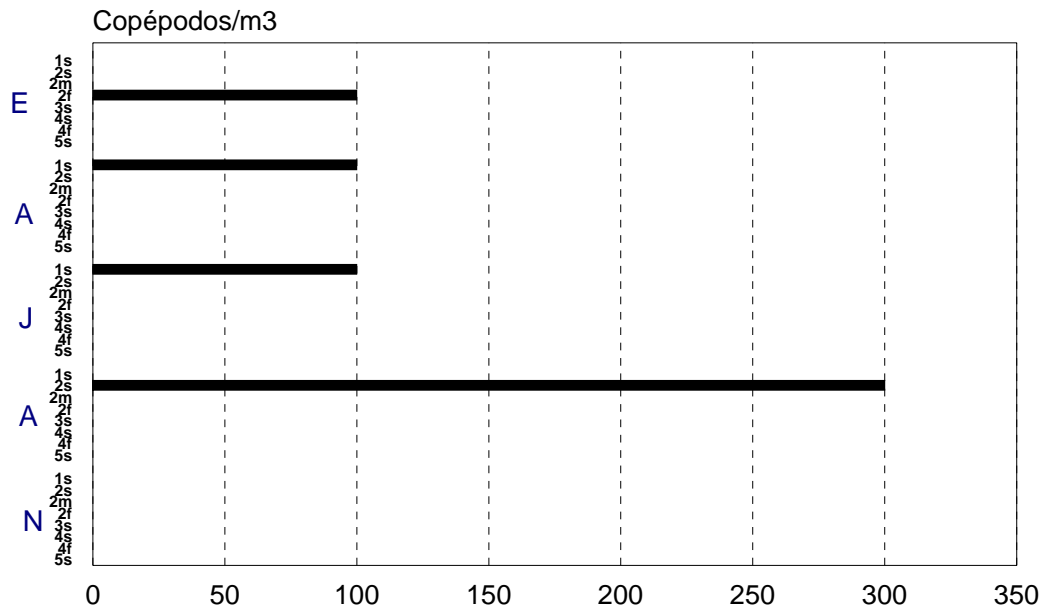


Figura 10. Variación espacial y temporal de *Acartia lilljeborgi* en la laguna de Mecoacán.

CORRELACIONES ENTRE ESPECIES

Se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (Daniel 2003) y una transformación $\log(n+1)$ de las variables.

Las dos especies que mostraron el mayor coeficiente de correlación ($r= 0.96$) fueron las más abundantes en la laguna: *Acartia spinata* y *Oithona ovalis*. Ambas fueron especialmente abundantes en la estación 1 (desembocadura al mar) lo que demuestra su afinidad por ambientes marinos. Aunque *A. spinata* fue generalmente más abundante, el comportamiento de *O. ovalis* fue similar, distribuyéndose en todas la épocas y en todas las estaciones, aunque la abundancia en la estación 5 fue la menor de todas las estaciones.

El coeficiente de correlación entre *O. ovalis* y *M. rosea* fue de 0.35, lo que indica algún grado de relación. Al observar el comportamiento de ambas especies se encuentra que ambas coinciden en el mes (junio) de abundancia máxima. Este debe ser un factor que afecta la correlación.

El resto de las especies tuvo densidades y frecuencias tan bajas que difícilmente puede encontrarse relación. Un hecho relevante es que la mayoría de las especies –la excepción fue *A. lilljeborgi*– presentó densidades elevadas durante el muestreo del mes de junio.

7. RESULTADOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA LAGUNA

La hidrodinámica característica de los cuerpos de agua naturales conjunta los parámetros tanto físicos como químicos, que a su vez ejercen una fuerte influencia en los procesos biológicos especialmente en la sucesión que se da entre las comunidades acuáticas, como es el caso de las planctónicas.

TEMPERATURA

La temperatura es una variable muy importante en el proceso de recambio debido a su conocido efecto sobre la densidad y por lo tanto sobre la estabilidad de la columna de agua (Wetzel 2000). Tiene un papel relevante en la aceleración de los procesos de descomposición de la materia orgánica, en la solubilidad de las sales y por tanto en la conductividad eléctrica, en la determinación del pH, y en el conocimiento del origen del agua y sus eventuales mezclas (APHA *et al.*, 1995).

En la Laguna de Mecoacán, las temperaturas del agua variaron entre 22.5 y 32°C. Las mínimas se midieron en la época invernal (enero) y las máximas se registraron en el verano (junio). Estos datos coinciden parcialmente con lo expuesto por Aguilera (1977), que señala un intervalo de variación de temperatura similar al medido (22 a 32.5 °C); sin embargo, señala las temperaturas más frías para el mes de febrero (finalizando el invierno) y las más cálidas en septiembre. Esto es comprensible si tomamos en cuenta que la temperatura no tiene un estricto patrón de comportamiento. Entre los principales factores que causan su variación se encuentran la estación del año, las condiciones climáticas, la hora del día, la profundidad y los procesos de mezcla generados por las corrientes lagunares (Yáñez 1986 y Galaviz – Solis *et al.*, 1987)

En promedio, la temperatura mostró sus valores extremos en la temporada de secas. En enero la temperatura media mínima fue de 23.3 °C y en abril, cuando el nivel del agua disminuye y la tasa de evaporación es alta, se observó una temperatura media máxima de 29.6 °C. El inicio de la época de lluvias se presentó con cierto retraso en este año y se manifestó en junio con escasas precipitaciones, provocando un ligero descenso de la temperatura en éste mes (27.2 °C), para luego incrementarse en agosto (29.4 °C), cuando los aportes de agua de origen fluvial son abundantes y la radiación solar es muy elevada. En noviembre, durante temporada de “nortes” la temperatura media descendió (26.5 °C) marcando el inicio de la temporada fría.

Estacionalmente, la temperatura superficial varió poco. La diferencia más amplia se observó entre las estaciones próximas a la desembocadura al Golfo (estaciones 1 y 2), cuyas temperaturas promedio mínimas fueron de 27.2 °C en la estación 1 y máximas de 28.2 °C en la 2 (Fig. 11). También en el trabajo de CECODES (1981), las aguas más frías se localizaron en la boca de la laguna, coincidiendo con que son las aguas más transparentes de este sistema.

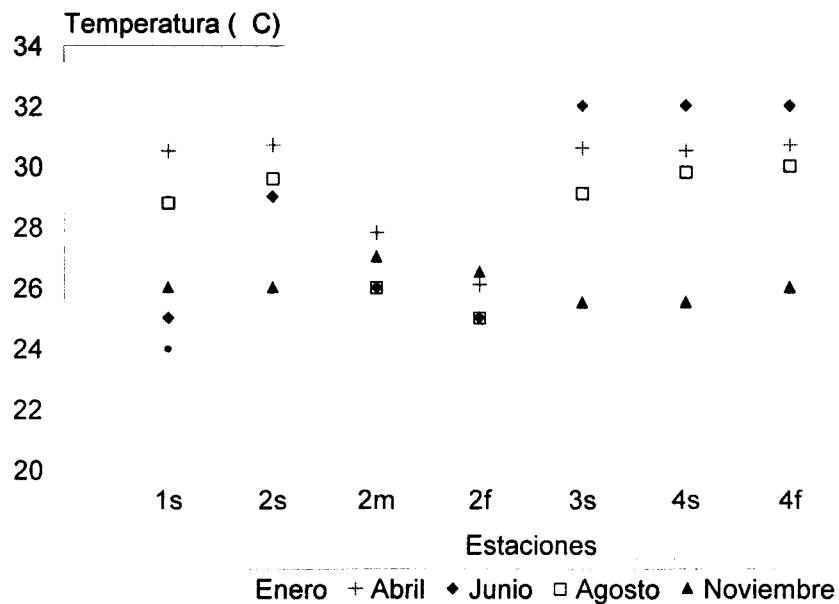


Fig. 11. Variación temporal y espacial de la temperatura en la Laguna de Mecoacán.

Según Ramírez *et al.* (1995) las temperaturas aumentan levemente de oeste a este, por lo que tienden a ser más altas en las estaciones con menor profundidad (en este caso, las estaciones 3, 4 y 5). La influencia de las mareas y el gradiente de densidad provocado por la salinidad y la temperatura producen una circulación rotativa en el sentido contrario a las manecillas del reloj en la parte oeste de la laguna. Y en la parte este, donde al parecer dominan los flujos de las aguas cálidas de las corrientes continentales, la circulación no está muy bien definida (Aguilera, 1977).

En las zonas de la laguna con mayor profundidad se observó una estratificación de la temperatura que puede indicar que, al menos en ciertas épocas del año, no existe una mezcla total del agua en el sistema. Durante el invierno la temperatura mínima (22.5 °C) se registró en la parte media (2m), y la máxima (23.5 °C) se localizó al fondo de la estación (2f); mientras que en la estación 4, la temperatura descendió ligeramente con la profundidad (de 24 a 23.5 °C). Y en la primavera -en la estación 2- fue posible observar que la temperatura disminuye en la medida que aumenta la profundidad (30.7 – 26.1 °C), patrón que se repitió también en el verano (29 – 25 °C) y el otoño (29.6 – 25 °C), aunque en la época de nortes se observó un comportamiento distinto: la temperatura mas alta se registró en la parte media (27 °C) y la más baja en la superficie (26°C). Por el contrario, en la estación 4, durante los periodos de abril, agosto y noviembre, la temperatura del agua se incrementó (máximo 0.5 °C) al aumentar la profundidad y en agosto se mantuvo constante (32 °C -Fig. 11).

Vallentyne (1978), señala que la estratificación térmica implica una incompleta mezcla vertical de las aguas, y donde existe un gradiente vertical de temperatura debe

haber un gradiente de densidad que podría como en este caso, estar relacionado también con la salinidad. Estas diferencias de temperatura permiten además, deducir la probable existencia de una termoclina que impide que se realice una mezcla completa de las aguas superficiales con las del fondo durante algunos lapsos del año.

OXÍGENO DISUELTO

En las aguas naturales la materia orgánica provoca que la cantidad de oxígeno disuelto (OD) descienda debido a que la degradación de la misma requiere de grandes cantidades de oxígeno. La descomposición en la zona profunda puede dar lugar a la disminución del O_2 y a la acumulación de productos de fermentación y de H_2S hasta llegar a desarrollar un hipolimnion anóxico, característico de los sistemas ricos en nutrientes (Wetzel 2000).

La Laguna de Mecoacán se caracteriza por ser un sistema productivo en el cual se observó una tendencia a la disminución del oxígeno en la zona profunda (estación 2f) (Fig. 12).

Durante el periodo estudiado los valores de oxígeno disuelto fueron mayores a los observados en otros trabajos realizados en Mecoacán; la variación fue entre 1.6 y 7.6 $mg L^{-1}$, valores registrados durante los muestreos de agosto y abril respectivamente. Según la información aportada por CECODES (1981) el oxígeno en la laguna se encuentra dentro de un intervalo (0.85 a 4.91 $mg L^{-1}$) biológicamente tolerable, con incrementos máximos en la época de secas (abril). Según Salas (1986) únicamente en el mes de abril se midió la concentración recomendable (4.0 $mg l^{-1}$) de dicho gas para la supervivencia de la mayoría de los organismos acuáticos con respiración aerobia.

En la dinámica temporal se observó que las mayores concentraciones de oxígeno se asociaron con la época de temperatura más elevada (Fig. 12). La solubilidad del oxígeno en el agua disminuye con el incremento de temperatura (Wetzel 2000) pero este factor también favorece el incremento en el fitoplancton y en la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis se eleva en función a los incrementos en la temperatura, observándose una relación positiva entre ambos parámetros (Figs.11 y 12). Se sabe que la solubilidad del oxígeno se ve reducida por los incrementos de la temperatura y la salinidad (Wetzel 2000). En enero, cuando las temperaturas disminuyen, al parecer los factores que determinaron las bajas concentraciones de O_2 registradas (3.3 $mg l^{-1}$) fueron la elevada salinidad y la menor cantidad de fitoplancton presente (medida a través de la concentración de clorofila a). Durante la mezcla de la primavera (abril), conforme las aguas se calentaron, el oxígeno presentó la concentración promedio máxima (6.4 $mg l^{-1}$). Según Bañuelos (1982), el OD en la laguna presenta un incremento en la época de secas debido a que la descarga es mucho menor que en la época de lluvias. En este trabajo se observó un comportamiento similar pues los valores más elevados se midieron al final de la época de secas (abril). El incremento no parece estar asociado con algún florecimiento del fitoplancton, pues los valores medidos de clorofila a en esa época son de los más bajos.

Por su parte, en la disminución de oxígeno que se observó durante junio (5.6 mg l^{-1}) presumiblemente podría estar involucrada la estratificación del agua. En las masas de aguas estratificadas, el movimiento vertical de los solutos y de los gases a lo largo de la termoclina es muy lento. Como resultado, los nutrientes orgánicos e inorgánicos liberados por la descomposición no retornan a la zona eufótica mientras perdure la estratificación y no se mantiene el crecimiento del fitoplancton (Wetzel 2000)

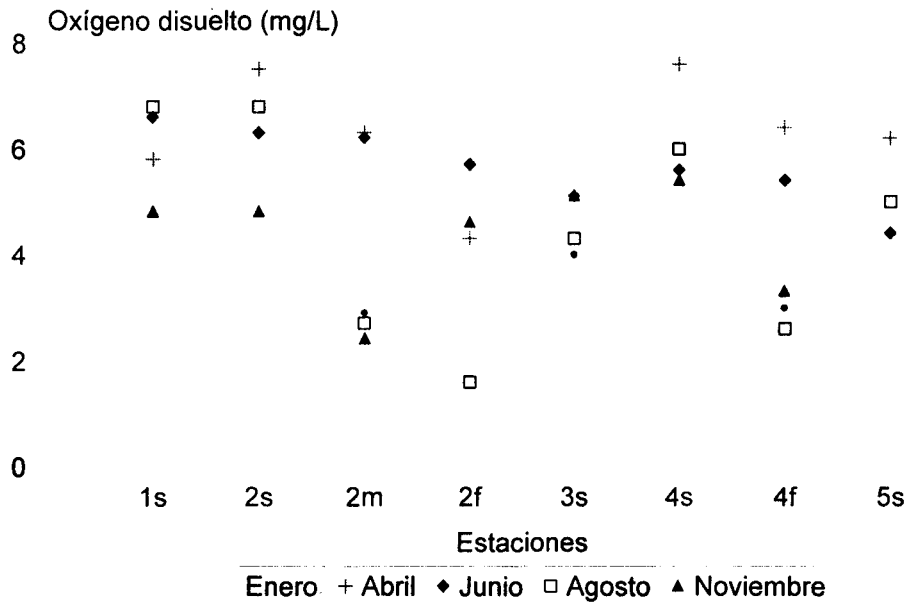


Fig. 12. Variación temporal y espacial del oxígeno disuelto en la Laguna de Mecoacán

Los valores de OD se incrementan nuevamente en agosto (6.3 mg l^{-1}), con el rompimiento de la estratificación. De acuerdo con Grant (1989) la incorporación de los nutrientes a la zona eufótica tiene lugar cuando la termoclina desaparece por los vientos, y puede generarse un “bloom fitoplanctónico”, principalmente de diatomeas, a medida que los nutrientes y el sílice se hacen disponibles. Martínez *et al.* (2004) -quienes trabajaron en esta misma época del año- establecen que en junio se da el primer incremento de clorofila *a*, por lo que se deduce una alta actividad fotosintética que se prolonga e incrementa en agosto en forma de un florecimiento de fitoplancton cuya posterior desaparición y descomposición pudo estar asociada con la disminución del oxígeno que se pudo apreciar en noviembre (4.0 mg l^{-1}) con un descenso también de la temperatura (Figs. 11 y 12).

Horizontalmente, las diferencias más amplias fueron vistas entre las estaciones 4 (5.9 mg l^{-1}) y 5 (4.0 mg l^{-1}). En cambio, en la distribución vertical, la concentración de O_2 fue muy variable principalmente en enero y noviembre, aunque los valores máximos

disminución del oxígeno. En el sitio 2, durante la época invernal y en el periodo de nortes se registraron los niveles de oxígeno más altos en la superficie (2s), los mínimos en la parte media (2m) y se incrementaron al fondo (2f) de la estación. En enero, esta diferencia fue apenas apreciable (3.8, 2.9 y 3 mg l⁻¹) y se hizo mas evidente en noviembre (en el mismo orden: 4.7, 2.4 y 4.6 mg l⁻¹). Mientras que para los demás muestreos los niveles de OD disminuyeron con la profundidad y de igual manera sucedió en la estación 4 durante todos los muestreos.

SALINIDAD

La conductividad mide el grado de mineralización de un cuerpo de agua, proporcionando una estimación acerca de la concentración de las sales presentes en el agua (APHA et al., 1995). En los salinómetros eléctricos la lectura de salinidad es obtenida mediante una fórmula a partir de la medida de conductividad.

En las lagunas costeras la salinidad cambia con el flujo de los ríos y las mareas, el efecto de humedad o sequedad y temperaturas extremas, mostrando aguas salobres con concentraciones halinas intermedias que se podrían considerar simplemente como agua de mar más o menos diluida, según el caso (Yáñez-Arancibia 1986).

Dentro del contexto general, la distribución del agua salada a lo largo del cuerpo lagunar de Mecoacán depende de una corriente marina de aguas con alta salinidad proveniente del Golfo de México (estación 1), y agua dulce aportada por los ríos que desembocan en la laguna, originándose en la parte central una masa de agua con valores intermedios de salinidad, mientras que en la desembocadura del río Escarbado (estación 5) se presenta una masa de agua de baja salinidad. Por consiguiente, el intervalo de variación más amplio se observó entre ambas estaciones (Fig. 13).

Los datos en el presente estudio demuestran que las diferencias mas grandes tuvieron lugar entre la temporada de Nortes (0.8 ups) y el periodo de secas (34 ups), lo cual significa una variación desde agua completamente dulce hasta agua marina (Mc Connaughey 1974).

La variación anual y estacional en la concentración de sales se presentó conforme a la influencia de los diversos factores que se han venido mencionando. Durante enero, las diferencias en la salinidad definen muy bien el origen de las dos masas de agua que entran al sistema, reflejando la existencia de un ambiente con valores de 34 ups de agua de mar euhalina en la boca de la laguna, y otro con valores de 6 ups, que significa aguas salobres oligohalinas (Mc Connaughey 1974) para la estación ubicada en la desembocadura del río Escarbado (Fig. 1) donde a lo largo de todos los muestreos se registraron las concentraciones mínimas. El efecto de los vientos en abril, así como los aportes continuos de agua de los ríos (Seco, Escarbado y Cuzcuchapa) se manifestó en el grado de dilución diferenciado de entre 3.1 a 28.9 ups de salinidad (Fig. 13).

En el mes de junio, debido a la prolongación del periodo seco y por consiguiente a la elevada tasa de evaporación provocada por la incidencia de radiación solar, la cantidad de

En el mes de junio, debido a la prolongación del periodo seco y por consiguiente a la elevada tasa de evaporación provocada por la incidencia de radiación solar, la cantidad de sales disueltas se incrementó y fluctuó de 9.5 a 33.5 ups. En el apogeo de la estación lluviosa –agosto- las concentraciones disminuyeron, mostrando valores de entre 3.0 y 28 ups. En noviembre (1997), con la presencia del huracán Paulina, se mantuvieron salinidades de 0.8 a 29.3 ups que son menores en comparación al comportamiento habitualmente salino en la mayoría de las estaciones

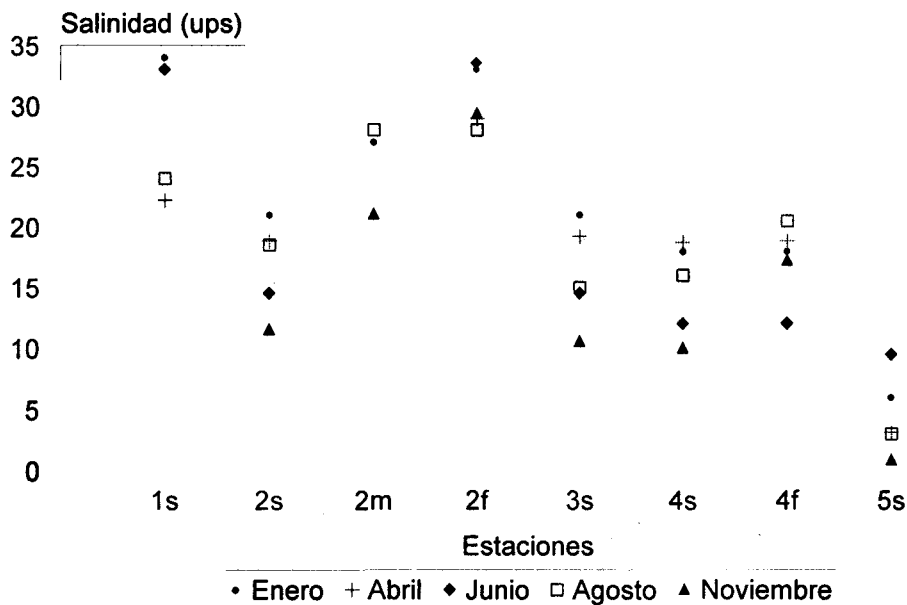


Fig. 13. Variación temporal y espacial de la salinidad en la Laguna de Mecoacán

La distribución horizontal de la salinidad tuvo importantes diferencias, principalmente entre las estaciones 1 y 5, que registraron en promedio 22.7 y 3.9 ups, respectivamente. Mientras que en las aguas superficiales de las estaciones 2, 3 y 4 se observaron los valores intermedios.

Las estación 1 fue euhalina (33-34 ups) en enero y junio, polihalina (22.2 -24 ups) en abril y agosto y mesohalina (12 ups) en noviembre. Las estación 2 fue la de mayor variación pues fue euhalina (33 ups) en su parte profunda en enero y en su profundidad media y mayor (31.5- 33.5 ups) en junio. En abril y agosto fue totalmente polihalina (18.5-28.9 ups) y en noviembre la parte superficial fue mesohalina (11.5 ups) y el resto polihalino (21-29.3 ups). La estación 3 fue polihalina en enero y abril (19.2-21 ups) y mesohalina (10.5-15 ups) el resto del tiempo. La estación 4 fue meso-polihalina (18-18.8 ups) en enero y abril, oligohalina (12 ups) en junio, meso-polihalina en agosto (16-20.5 ups) y mesohalina

resulta que las mayores salinidades corresponden a la época de secas que según García – Cubas et al. (1990) abarca precisamente de enero a abril. Junio y agosto corresponden a la época de lluvias, donde la salinidad disminuyó en las estaciones 3 y 4, se mantuvo en la 1 y 2 y aumentó en la 5. Finalmente, en noviembre, que corresponde a la época de nortes, la salinidad disminuyó en prácticamente todas las estaciones.

En trabajos anteriores se han venido señalando amplias variaciones de salinidad que difieren en las porciones oriental y occidental de la cuenca lagunar principal, relacionadas principalmente con los aportes pluviales y con el movimiento circular de las corrientes (García-Cubas 1990). Sin embargo las grandes fluctuaciones señaladas por los diversos autores, se pueden atribuir a que los valores han sido medidos puntualmente durante años diferentes, ya que no existen mediciones continuas durante ciclos anuales cuyo régimen pluviométrico varía en intensidad y duración, así como por la presencia de "nortes" que azotan a la región (Galaviz-Solís *et al.* 1987).

Verticalmente, en las zonas más profundas (estaciones 2 y 4) se logró apreciar que la concentración salina se ve afectada por la profundidad, y como era de esperarse, deja entrever una estratificación con salinidades que se incrementan de la superficie al fondo. Los valores promedio en la estación 2 fueron de 19.3 ups en la superficie (2s), 21.2 ups en la parte media (2m) y 28.9 ups en el fondo (2f). De igual manera, en la estación 4 la salinidad se incrementó ligeramente de 11.8 ups en la superficie (4s) a 12.1 ‰ en la zona profunda (4f).

pH

Esta variable describe el carácter ácido o básico de un medio químico. En un cuerpo de agua, la propiedad básica que le confieren los carbonatos y bicarbonatos de los metales alcalinos y alcalinotérreos existentes se ve modificada por los excesos en la respiración o por una intensa actividad fotosintética (Wetzel 2000). En condiciones de florecimiento, las algas pueden reducir los niveles de bióxido de carbono disuelto en el agua a un punto en el que se inhibe la fotosíntesis. Esto también hace que cambie el equilibrio del bicarbonato. La eliminación de bióxido de carbono o bicarbonato durante la fotosíntesis hace que aumente el pH y, por el contrario, la adición de bióxido de carbono a través de la respiración acidifica el medio disminuyendo la capacidad amortiguadora del pH. (Campbell 1987).

Los valores de pH en el mar fluctúan entre 8.0 y 8.3, y en la mayoría de las aguas dulces entre 6.0 y 9.0 (Grant 1989). Bañuelos (1982) afirma que las aguas de Mecocacán son ligeramente ácidas, muy cercanas al neutro con un pH promedio de 6.8. Sin embargo, durante el presente estudio se observaron valores de neutros a básicos (7.2 a 8.9), mayores a los señalados por éste autor.

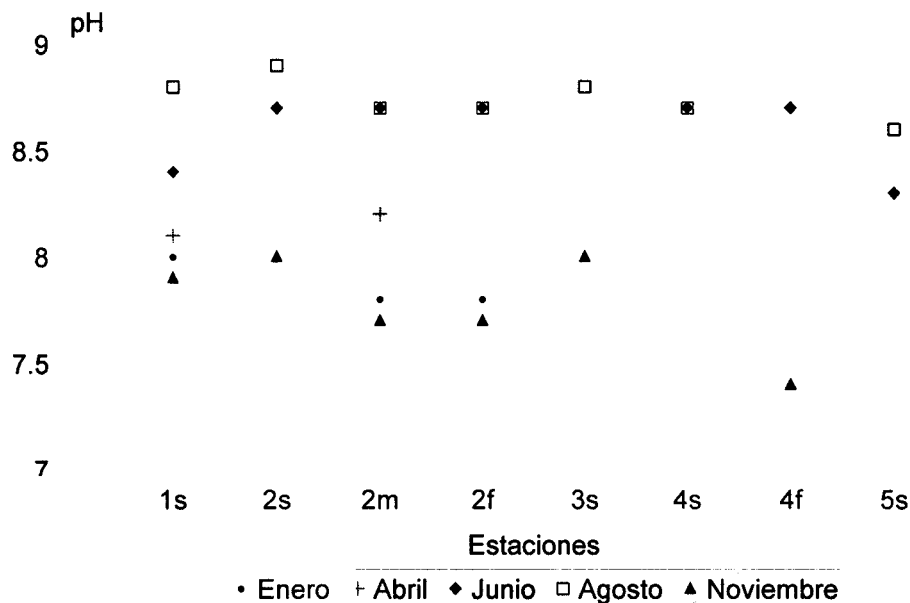


Fig.14. Variación temporal y espacial del pH en la Laguna de Meacoacán

Temporalmente el pH tiende a elevarse ligeramente desde enero (7.7 en promedio) y se incrementa más notoriamente a partir de los periodos de abril (8.1) y junio (8.5), alcanzando un promedio máximo de 8.7 en agosto. En noviembre se observó que el pH descendió hasta un valor promedio de 7.6 que fue el más bajo registrado durante todos los muestreos.

Espacialmente, se encontró que el pH varió muy poco a lo largo del sistema. Los valores promedio fluctúan entre 8.0 y 8.2, que corresponden a las estaciones 5 y 2s, respectivamente.

Verticalmente, en la estación 2 no existieron diferencias de pH a lo largo de la columna de agua, entre enero y junio, al igual que en la estación 4 para enero y noviembre. No obstante, en los demás periodos (abril, agosto y noviembre) en el sitio 2 el agua se vuelve más ácida al aumentar la profundidad. Esta diferencia tiende a ser más amplia en el mes de agosto, cuyo pH en la superficie disminuyó de 8.9 a 7.6 al fondo. Por el contrario, en la estación 4 se observó que en las épocas de abril, junio y agosto el agua más básica se sitúa en la capa inferior de la columna de agua.

CLOROFILA a

Los valores de clorofila a en la laguna presentaron fluctuaciones importantes, variando entre 0 y 38 mg m⁻³ a lo largo del período estudiado. Durante los meses de enero y abril las concentraciones de clorofila a fueron bajas en todo el sistema y no superaron los 10 mg m⁻³, condición que la ubica como moderadamente eutrófica. Sin embargo, en los meses de junio y agosto las concentraciones se incrementaron considerablemente

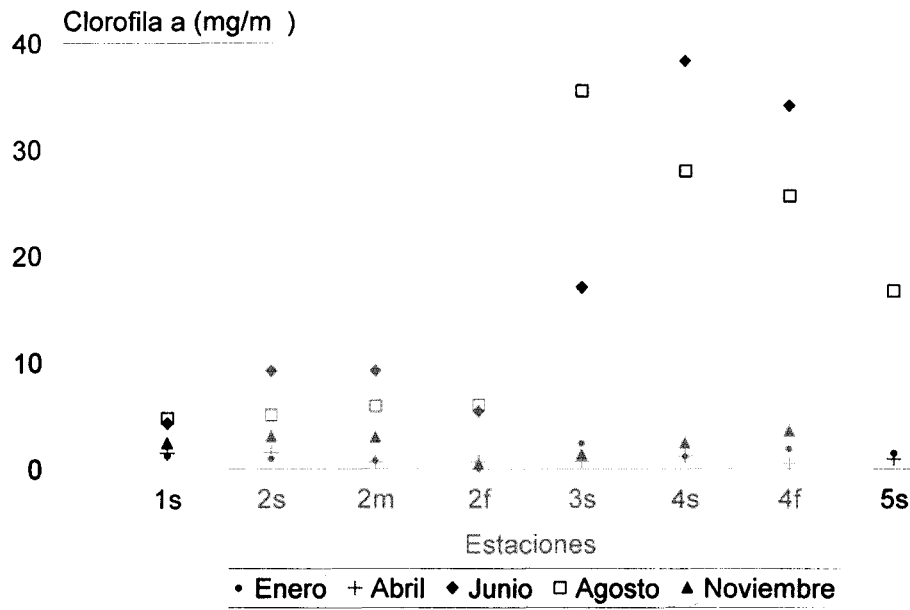


Fig. 15. Variación temporal y espacial de la concentración de clorofila a en la laguna de Mecoacán.

unicamente en las estaciones 3 a 5, pues las estaciones 1 y 2 continuaron con valores medios similares a los observados anteriormente (Fig. 15).

Los valores de clorofila señalan que la laguna tiene condiciones de productividad elevada la mayor parte del año, pero durante la época cálida y lluviosa la cantidad de fitoplancton es aún más alta.

CORRELACION ENTRE PARAMETROS AMBIENTALES Y ESPECIES DE COPÉPODOS

El análisis de correlación realizado arrojó los siguientes resultados:

La temperatura se correlacionó significativa ($p < 0.05$) e inversamente con las dos especies más abundantes: *Oithona ovalis* (-0.47) y *Acartia spinata* (-0.40). Esta relación puede resultar del hecho de que las mayores densidades de copépodos se presentaron en el mes de junio en la estación 1 (desembocadura al mar), con una temperatura de 25°C, que es inferior a las temperaturas registradas en otros meses.

En la **salinidad** se encontró una correlación con las siguientes especies: *Oithona ovalis* ($r = 0.31$), mostrando que esta especie tiene afinidad por los valores mayores de salinidad. Para apoyar este resultado, la especie presentó su densidad máxima en el mes de junio en la estación más cercana al mar (33 ups).

Saphirella tropica ($r=0.28$) tuvo una correlación directa pero menor con la salinidad . Finalmente, la especie más abundante. *A. spinata*, también se relacionó directamente ($r=0.26$) con la salinidad.

El (**pH**) se correlacionó inversamente con *O. ovalis* ($r=-0.25$), reafirmando la preferencia de esta especie por ambientes más marinos y con pH más elevado.

Para el caso de la concentración de oxígeno disuelto y la concentración de clorofila *a* no se presentaron correlaciones significativas con las especies de copépodos. A pesar de lo anterior es posible observar en las gráficas que en algunos de los meses de menor densidad de copépodos (agosto) se presentaron las concentraciones más elevadas de clorofila *a*, mientras que en meses donde la densidad de copépodos fue más elevada (enero y junio) se presentaron concentraciones menores de clorofila *a*.

8. DISCUSIÓN

Condiciones biológicas

La diversidad y tipo de copépodos presentes en las lagunas costeras está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales (Gómez, 1987). En la laguna de Chelem, Yucatán, Escamilla et al. (2001) encontraron 12 especies de copépodos realizando únicamente dos muestreos, el doble de las observadas en el presente estudio. Sin embargo, coincidiendo con lo aquí encontrado, únicamente dos especies fueron las que presentaron la mayor importancia en el sistema, las otras 10 se presentaron esporádicamente o con densidades muy bajas. En Chelem las dos especies dominantes fueron del grupo de los calanoides mientras que en Mecoacán fue un calanoide y un ciclopoide. En el sistema estuarino de Celestún, Yucatán, Ordoñez-López y Ornelas-Roa (2003) identificaron la presencia de 17 especies de copépodos. En el sistema lagunar de San Ignacio-Navachiste-Nacapule, en Sinaloa, De Silva-Dávila et al (2006) mencionan la presencia de ocho especies de copépodos. Entonces la riqueza de especies de copépodos en Mecoacán es menor comparada con las de otras lagunas costeras. Un factor metodológico que pudo influir es el hecho de que en el presente estudio no se realizaron arrastres de zooplancton sino que únicamente se tomaron muestras puntuales.

Los copépodos son el componente más importante en la mayoría de las lagunas costeras estudiadas en México (Suárez-Morales, 1990; Álvarez-Silva y Gómez-Aguirre, 2000). Lo anterior también parece ser verdad para la Laguna de Mecoacán, donde los copépodos fueron muy abundantes. De las especies encontradas en Mecoacán, *A. lilljeborgi* tiene una distribución muy amplia en las lagunas costeras mexicanas, pues su presencia ha sido registrada en lagunas costeras tanto del Pacífico como del Atlántico. Se le ha observado en el sistema lagunar de Navachiste, Sinaloa (Da Silva-Dávila et al., 2006) pero también en diversas lagunas costeras de Veracruz (Alvarez-Silva y Gómez-Aguirre, 2000) y de Yucatán (Ordoñez-López y Ornelas-Roa 2003) y Quintana Roo (Suárez-Morales 1990). En varios de éstos casos es una de las especies más abundantes, sin embargo en Mecoacán se presentó como una especie rara. Una posible explicación es que se le considera una especie costera más que estuarina (Escamilla et al. 2001)

La especie dominante, el calanoideo *Acartia spinata* ha sido citada en la zona del Golfo de México por Suárez-Morales y Gasca (1997). Se considera una especie epipelágica. En cambio, la otra especie dominante *O. ovalis* no ha sido observada en México (CONABIO, 2009), aunque el género *Oithona* si está presente en aguas oceánicas y costeras del Golfo de México y del Mar Caribe (Suárez-Morales, 1994). *S. tropica* también figura dentro de la lista de las especies encontradas en ambientes costeros de la República Mexicana (CONABIO 2009). Las especies de copépodos harpacticoides *M. rosea* y *E. acutifrons* pertenecen a géneros que están presentes en aguas del Golfo de México y Mar Caribe (Suárez-Morales y Campos-Hernández, 1994). *Euterpina* y *Microsetella* son organismos bentónicos o hiperbentónicos que raspan la comida del fondo o son comedoras de detritos, y esporádicamente se pueden integrar al plancton (Boltovskoy, 1981). Para disminuir la tendencia al hundimiento, algunos copépodos tienden a mantener un equilibrio osmótico con el agua de mar utilizando un intercambio de iones

más ligeros; otra estrategia consiste en disminuir el peso del organismo por medio de la acumulación de gotas de aceite, como es el caso del género *Microsetella*, lo cual explica su presencia en las muestras de plancton analizadas. Este género es común en aguas costeras cálidas y estuarinas, llegando a alcanzar altas densidades poblacionales y pueden presentar coloraciones intensas, como rosa o azul-verdosa (Suárez-Morales, 1990).

Otro aspecto importante es que estos dos géneros se alimentan con pequeñas partículas de plancton, ya que no son filtradores estrictos, sino que atrapan su alimento por medio de las largas cerdas de las maxilas o maxilípedos, que funcionan como espumadoras (Boltovskoy, 1981).

Valenzuela y Gómez (1994) estudiaron durante un breve período los copépodos presentes en la Laguna de Mecocán. Encontraron como especie dominante a *Acartia tonsa*. En el presente estudio es *A. spinata* la dominante. Sería necesario realizar un análisis más detallado de los organismos obtenidos para definir si efectivamente en un corto lapso *A. tonsa* desapareció de la laguna y fue sustituida por *A. spinata* o si se trata de un problema de identificación taxonómica. De acuerdo con las claves de identificación empleadas en el presente estudio las características de los organismos corresponden a *A. spinata*.

Los valores de densidad de las especies de copépodos de Mecocacán son parecidas a los de otras lagunas costeras. Escamila et al. (2001) encontraron densidades de entre 478 y 216 473 copépodos m⁻³ en la laguna de Chelem, Yucatán. En Mecocán las densidades variaron entre 4200 y 173 500 copépodos m⁻³. Algunos géneros de copépodos pueden ser considerados como indicadores de condiciones ambientales. *Acartia* y *Euterpina*, cuando alcanzan elevadas densidades (>500 000 organismos m⁻³) indican claramente la presencia de condiciones eutróficas en el ambiente (Crisafi y Crescenti, 1975 en Boltovskoy 1981). Estas condiciones no se alcanzaron en Mecocacán.

Las especies presentes indican, primero que nada, el predominio de las condiciones salobres en el sistema, pues todas se asociaron a ambientes primordialmente marinos y quizá esto tenga relación con el menor número de especies observadas con relación a otros ambientes similares, donde conviven especies marinas, estuarinas y dulceacuícolas. La presencia de *E. acutifrons* señala la elevada productividad del sistema y la tendencia a la eutrofización, aunque las densidades moderadas llevan a pensar que todavía el problema no es tan grave. Las densidades de los copépodos no son tan altas como en otros sistemas, pero señalan la importancia de los copépodos como componentes del plancton de la laguna de Mecocacán.

Condiciones ambientales

Temperatura:

García-Cubas et al. (1990) describieron el comportamiento de la temperatura en Mecoacán de la siguiente manera: las temperaturas más bajas (24 –25 °C) están restringidas a la época fría y coinciden con la época de “Nortes”, y las más altas (28.5 – 32 °C) se manifiestan a principios del otoño. La temperatura promedio en el agua de la laguna es de 28 °C y la variación anual es de alrededor de 7 °C. La temperatura mínima promedio corresponde a los meses invernales, a partir de los cuales se registra un ascenso que coincide con el inicio de la época cálida. Al empezar las lluvias, a partir del mes de junio, la temperatura disminuye como consecuencia de los aportes de agua dulce que recibe la laguna. Posteriormente, al final de los meses lluviosos se registra un ligero aumento en los valores promedio. El ciclo se cierra con un nuevo descenso al llegar nuevamente la época invernal.

CECODES (1981), señala que las temperaturas al interior de la laguna oscilan entre 23.9 y 24 °C, para el mes más frío (enero), y varían de 28 a 32 °C en los meses de marzo (28 – 28.5 °C), junio (29 – 30 °C) y octubre (28.5 – 32 °C). De lo anterior se desprende que la temperatura del agua en la laguna durante un ciclo anual tiene un intervalo de variación entre 22 y 32 °C; en cambio, Galaviz - Solis et al. (1987) midieron un mayor intervalo de variación de la temperatura en la laguna (12.5 - 29.98 °C) y mencionan que los factores que provocan los cambios son la intensa insolación y los procesos de ingreso de la marea y del agua fluvial en las diferentes zonas de la laguna.

Los resultados de este estudio coinciden con lo señalado en los trabajos anteriores. El ámbito de variación fue similar al de CECODES (1981) pues varió de 22.5 a 32 °C pero también coincide bastante bien con lo señalado por García-Cubas et al. (1990). En cambio, nunca se midieron temperaturas tan bajas como las señaladas por Galaviz-Solis et al. (1987). Los resultados de diversos estudios, incluyendo al presente, confirman que Mecoacán es una laguna costera tropical con una variación moderada en su temperatura (De la Lanza y Gómez 1999). Desde el punto de vista de Tom (1967, citado en López – Portillo y Ezcurra 1985), en Mecoacán se pueden distinguir dos patrones estacionales: a) un periodo de altas temperaturas (27 –29 °C), de primavera a verano y b) un periodo de bajas temperaturas (15 –20 °C), causadas por la nubosidad en los meses de junio y septiembre, o por la entrada del periodo de “nortes” a partir de octubre. Los resultados del presente trabajo coinciden parcialmente con este punto de vista, pues se observaron las dos épocas; sin embargo, aún durante el período frío no se midieron temperaturas del agua menores a 20 °C. De la Lanza y Gómez (1999) consideran que las tres épocas climáticas más importantes en la región son: la estación seca (enero a mayo), la de lluvias (mayo-septiembre) y la de vientos o “nortes” (octubre-enero). Térmicamente no hay una buena concordancia con estas épocas: enero sería época seca fría, con las menores temperaturas anuales, pero abril, todavía en época de secas, corresponde a la etapa cálida donde se midieron algunas de las temperaturas más elevadas. En junio, ya en la temporada de lluvias, las temperaturas fueron todavía muy elevadas, pero en la misma época en agosto, se presentó un descenso. Finalmente, durante noviembre en la

temporada de “nortes” o vientos, la temperatura continuó disminuyendo.

Salinidad:

Diversos autores han observado amplias variaciones temporales y espaciales de la salinidad en la laguna. Las diferencias entre la parte oriental y la occidental de la laguna se relacionan especialmente con los aportes pluviales y con el movimiento circular de las corrientes (García-Cubas et al. 1990). Galaviz-Solís et al. (1987) midieron salinidades de 8 a 16 % en el invierno; para el verano la parte oriental tuvo valores bajos que variaron de 9 a 15 % y contrastaron con los de la porción occidental cuyo intervalo de variación fue de 19 hasta 28 %; para el otoño, observaron valores de 6 a 15 %.

Las medidas obtenidas por CECODES (1981) son notablemente diferentes: para la estación invernal (enero), entre 1 y 3 % para la parte oriental y entre 4 y 7 % para la occidental; durante la primavera (marzo), entre 5 y 11 % en la parte oriental y de 11 a 16 % en la occidental; para el verano, de 9 a 10 % en la oriental y de 10 a 22 % en la occidental; para el otoño señalan valores entre 1 y 2% para toda la laguna

Los resultados de este estudio son diferentes de los dos anteriores: las salinidades en el invierno (enero) tuvieron valores entre 6 y 18 ups (aproximadamente equivalentes al %); en abril la salinidad en la parte occidental fue muy parecida (18.7 ups) mientras que disminuyó en la zona oriental (3.1 ups). En el verano (junio) la laguna se hizo más homogénea y sólo varió entre 9.5 (area oriental) y 12 en la parte occidental. Para finales del verano los valores se incrementaron en la parte poniente (20.5 ups) y disminuyeron en la oriente (3 ups). En noviembre la zona poniente disminuyó levemente (17.2 ups) mientras que la parte este se diluyó considerablemente (0.8 ups).

Debe resaltarse que las estaciones 1 a 3 de nuestro estudio se localizaron fuera de la laguna en sentido estricto, dentro de los canales que comunican al mar con el cuerpo propiamente dicho de la laguna. Estos sitios, muy cercanos a la abertura de la laguna hacia el mar, presentaron la mayor parte del tiempo salinidades (10.5-34 ups) considerablemente superiores a las del interior de la laguna

Domínguez et al. (2003) realizaron un estudio sobre los macrocrustáceos de la Laguna Mecoacán y también midieron algunas condiciones ambientales. Las salinidades más elevadas se midieron generalmente en enero, época de secas, y junio, inicio de la época de lluvias (García-Cubas et al. 1990). Por el contrario, durante el mes de noviembre, correspondiente a la época de “nortes”, se midieron las salinidades menores en la mayor parte de la laguna. Este comportamiento coincide con el presente estudio.

Domínguez et al. (2003) proponen la existencia de tres zonas de salinidad en Mecoacán: una zona polihalina correspondiente a la boca y a su zona aledaña, otra zona mesohalina correspondiente a la mayor parte de la laguna y una zona oligohalina cercana a la desembocadura de los ríos Cuxcuchapa y Arroyo Hondo. La extensión y concentración salina de cada una de estas zonas se modifica de acuerdo a la temporada de secas o de lluvias, y los valores globales de la salinidad se encontraron entre 1 y 29 ups. En el

presente estudio la variación fue algo más amplia pues los valores fluctuaron entre 0.8 y 34 ups. La presencia de valores euhalinos se debe a que la estación 1 de este estudio se ubicó en la boca de la laguna, mientras que Domínguez et al. (2003) no muestrearon ninguna estación tan cerca de la conexión con el mar. Exceptuando lo anterior, el comportamiento de la salinidad en el presente estudio concuerda bastante bien con lo señalado por Domínguez et al. (2003)

Oxígeno disuelto.

De la Lanza y Gómez (1999) señalan que en Mecoaacán existe una marcada variación estacional de la concentración de oxígeno disuelto, comportamiento que también se observa en los presentes datos. Sin embargo, la variación que encontraron estos autores es muy diferente de la observada en el presente estudio. Ellos señalan que en el período frío (enero a marzo) existieron mejores condiciones de oxigenación en la laguna, pero en abril el contenido de oxígeno se tornó crítico, con valores de saturación inferiores al 50%. En mayo se encontró un incremento y julio fue el mes con las mejores condiciones (98.9%).

En nuestro estudio las concentraciones menores ($2.9 - 4 \text{ mg L}^{-1}$) se midieron en enero, mientras que abril se midieron las más altas ($4.3 - 7.6 \text{ mg L}^{-1}$). Valores ligeramente menores se observaron en junio ($4.4 - 6.6 \text{ mg L}^{-1}$) y agosto ($1.6 - 6.8 \text{ mg L}^{-1}$). En noviembre se presentó una disminución en todo el sistema ($2.4 - 5.4 \text{ mg L}^{-1}$).

Los bajos valores de enero podrían deberse a la muy baja presencia de fitoplancton en ésta época, de lo cual la concentración de clorofila a es un indicador. En abril el fitoplancton no aumentó, pero el final de la época de secas implica una fuerte disminución de la descarga de los ríos hacia la laguna, bajando considerablemente el aporte de materia orgánica. Bañuelos (1982) asocia el incremento de OD durante la época de secas en la laguna a que la descarga de los ríos es mucho menor que en la época de lluvias. En cambio los valores altos de junio y agosto pudieran estar asociados al incremento del fitoplancton que se evidencia por el fuerte aumento de las concentraciones de clorofila a, especialmente en el último mes. El muestreo de noviembre fue un poco posterior al paso por la zona del huracán Paulina. Los efectos fueron evidentes en la disminución de la concentración de clorofila a y en el ingreso de gran cantidad de materiales orgánicos a la laguna que causaron una disminución generalizada de las concentraciones de oxígeno disuelto. Especialmente, resultó notorio que en las estaciones de la laguna propiamente dicha (4 y 5) la concentración de oxígeno fue más elevada mientras que las estaciones ubicadas en los canales (1 a 3) el OD siempre fue menor. En las estaciones más profundas (2 y 4) el oxígeno tendió a ser más bajo en el nivel de fondo, probablemente asociado a la acumulación de sedimentos orgánicos.

pH:

Los valores de pH en el mar fluctúan entre 8.0 y 8.3, y en la mayoría de las aguas dulces entre 6.0 y 9.0 (Grant 1989). En este estudio el intervalo medido fue de 7.2 a 8.9 que corresponde de valores cercanos a la neutralidad hasta básicos. Bañuelos (1982)

afirma que las aguas de Mecoacán son ligeramente ácidas, muy cercanas al neutro con un pH promedio de 6.8, condiciones que difieren bastante de las medidas.

Los valores menores de pH se presentaron en enero (7.5-8.0) y en noviembre (7.2-8.0). En cambio, durante los meses de abril, junio y agosto los valores siempre estuvieron por arriba de 8 (8.1 a 8.9). Un factor para el incremento puede ser el aumento de fitoplancton y de la producción primaria, evidenciado en junio y agosto a través de la clorofila a. Sin embargo, es difícil explicar el aumento de pH en abril. La variación del pH en Mecoacán es más amplia que en otros ambientes costeros. Ordoñez et al. (2003) midieron pH entre 8.0 y 8.4 en Celestún, Yucatán.

Concentración de clorofila a

La concentración de clorofila a indica que la laguna de Mecoacán es bastante productiva. Durante la época de secas (enero-abril) las concentraciones fueron menores ($0-2.4 \text{ mg m}^{-3}$) pero se incrementaron notablemente en la época de lluvias (junio-agosto) alcanzando valores de hasta 38.3 mg m^{-3} . Debe resaltarse que en esta época hubo una diferencia notable entre las estaciones 1 y 2 (canal) donde los valores aumentaron pero únicamente en el intervalo entre 4.3 y 9.2 mg m^{-3} y las otras tres estaciones, que mostraron valores entre 17 y 38.3 mg m^{-3} . Más tarde, en la época de nortes (noviembre) los valores disminuyeron en toda la laguna (0.4 a 8.1 mg m^{-3}). Los valores de Mecoacán son más elevados que los de Celestún ($2.5-3.5 \text{ mg m}^{-3}$, Ordoñez et al. 2003) o que los del sistema lagunar de Navachiste, Sinaloa ($1.4-3.9 \text{ mg m}^{-3}$, De Silva-Davila et al. 2006). Basándose en la cantidad de fitoplancton y en las concentraciones de nutrientes De la Lanza y Gómez (1999) concluyen que la Laguna de Mecoacán es un sistema muy fértil y de gran eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes. Estos autores afirman también que representa una importante área de crianza para especies pesqueras del banco de Campeche.

9. CONCLUSIONES

La riqueza específica de los copépodos en la Laguna de Mecoacán fue baja comparada con otros sistemas lagunares.

La presencia de especies de cladóceros en el sistema fue mínima, probablemente asociada a la prevalencia de condiciones salobres y marinas.

Únicamente dos especies de copépodos aparecieron como dominantes en la laguna, siendo su presencia constante y su densidad variable.

Todas las especies de copépodos observadas fueron afines a ambientes marinos y salobres. No se observaron especies dulceacuícolas.

Las densidades de copépodos fueron elevadas pero no alcanzaron los niveles considerados indicativos de claras condiciones eutróficas.

Temporalmente, los meses de enero y junio fueron los de mayor abundancia, mientras que agosto tuvo las menores densidades.

De las condiciones ambientales, la salinidad fue la más importante pues determinó el tipo de especies presentes y la distribución de las mismas.

Se observó una coincidencia en el mes de agosto entre las menores densidades de copépodos y las concentraciones más elevadas de clorofila a. Esto indicaría la posibilidad de una función importante de los copépodos en el control del fitoplancton en la laguna.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, G.F.A. 1977. *Introducción al conocimiento hidrológico de la Laguna de Mecoacán, Puerto Ceiba, Tabasco*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. 83 p.
- Alvarez-Silva, C. y Gómez-Aguirre, S. 2000. Listado actualizado de la fauna de copépodos (Crustacea) de las lagunas costeras de Veracruz, México. *Hidrobiologica* 10: 161-168
- APHA,AWWA,WPCF. 1992. *Métodos Normalizados.Para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Días de Santos, S.A. Madrid,España.1221 pp.
- Bañuelos, R.I.S. 1982. *Variación estacional de la contaminación bacteriana coliforme en tres lagunas costeras del estado de Tabasco, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 34 p.
- Bjornberg, T. K. 1981. Copepoda. En: Boltovskoy, D. (ed.). *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental*. I.N.I.D.E.P., Mar del Plata, Argentina: 587 -679.
- Boltovskoy, D. 1981. *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*.Ed. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Mar del Plata, Argentina. 936 pp.
- Campbell, R.E. 1987. *Ecología Microbiana*. Ed. LIMUSA, México. 268 p.
- Castañeda, L.O. y Contreras, F. (Compiladores). 1993. *Bibliografía comentada sobre ecosistemas costeros mexicanos. Vol. IV, Golfo de México II(De Tabasco a Quintana Roo)*. Fundación UNAM. pp. 54-78.
- Castro Gessner, S. A.,1981. *Determinación de los niveles de hidrocarburos en sedimentos recientes y en el ostión Crassostrea virginica de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México*. Tesis Profesional . Fac. Ciencias, Univ. Nal. Autón. México.134 p.
- CECODES. 1981. *Las lagunas costeras de Tabasco: un ecosistema en peligro*. Centro de Ecodesarrollo, México. 67 pp.
- Contreras, F. 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca. México. pp.48-50.
- Davis, C. 1955.*El plancton marino y dulceacuícola*. Michigan State University Press. Michigan. 562 pp.
- De la Lanza, G. y Gómez Aguirre, S. 1999. Físicoquímica del agua y cosecha de fitoplancton en una laguna costera tropical. *Ciencia ergo Sum* 6: 147-153

- De Silva-Dávila, R., Palomares-García, R., Zavala-Norzagaray, A. y Escobedo-Urías, D.C. 2006. Ciclo anual de los grupos dominantes del zooplancton en Navachiste, Sinaloa. *Contribuciones al conocimiento de los crustáceos del Pacífico Este* 4: 25-39
- Domínguez, J.A., Sánchez, A.J., Florido, R. y Barba, E. 2003. Distribución de macrocrustáceos en Laguna Mecoacán, al sur del Golfo de México. *Hidrobiológica* 13:127-136
- Dussart B.H. y Defaye D. 1995. *Copepoda: introduction to the copepoda*. SPA, Amsterdam. 277 pp.
- Elliot, J.M. 1977. *Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates*. Freshwater Biological Association. Ambleside. 159 pp.
- Forró, L., Korovchinsky, N.M., Kotov, A.A. & Petrusek, A. 2008. Global Diversity of Cladocerans (Cladocera: Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 177-184
- Galaviz-Solís, A., Gutiérrez-Estrada, M. y Castro del Río, A. 1987. Morfología, sedimentos e hidrodinámica de las lagunas de Dos Bocas y Mecoacán, Tabasco, México, *An. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx* 14: 1-27
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Ed. Facultad de Ciencias UNAM y Esc. Nal. del I.P.N. México. 217 pp.
- García-Cubas, A., Escobar de la Llata, F., González Ania, L.V. y Reguero, M. 1990. Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México: Sistemática y Ecología. *An. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Méx.* 17: 1-49
- García de León, A. 1988. Generalidades del análisis de cúmulos y componentes principales. Instituto de Geografía, UNAM. México. 29 pp.
- Gómez-Aguirre S. 1987. Plancton de lagunas costeras. En: Gómez Aguirre, S. y Arenas Fuentes, V. (eds.). *Contribuciones en Hidrobiología*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp. 207-221
- Grice, G.D. 1960. Calanoid and cyclopoid copepods collected from the Florida Gulf Coast and Florida keys in 1954 and 1955. *Bull. Mar. Sci. of the Gulf and Caribbean*. Institute of Marine Science, University of Miami. pp. 217-226.
- Grant, D.T. y Long, P.W.E. 1989. *Microbiología Ambiental*. Acribia, Madrid. 222 p.
- Lankford, R.R., 1977. Coastal Lagoons of México-Their Origin and Classification. En: Cronin, L.E. (Ed.). *Estuarine Processes. Circulation sediments and Transfer of Material in the Estuary*. Academic Press. Nueva York 2:182-215.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona. p.331-392.

- Martínez-Pérez, M.E., Macek, M., and Castro-García, M.T. 2004. In situ measure elimination of *Vibrio cholerae* from brackish water. *Trop. Med. Internat. Health* 9:1-8
- McConnaughey, B.H. 1994. *Introducción a la Biología Marina*. Acribia, Madrid. 455 p.
- Moss, B. 1980. *Ecology of fresh-waters*. Blackwell Scientific Pub. University of Oxford. 232 p.
- Newell, G.E. 1983. *Marine plankton a practical guide*. Ed. Tiptree Essex. Londres. 206 pp.
- Ordoñez-López, U. y Ornelas-Roa, M. 2003. Variación de la comunidad de copépodos plánticos en el gradiente estuarino-costero de Celestún, Yucatán, México. *Hidrobiologica* 13: 231-238
- Owre, H.B. y Foyo, M. 1964. *Report on a collection of copepoda from the Caribbean Sea*. Ed. Institute of Marine Science, University of Miami. pp. 358-372.
- Ramírez, P., Cortés, J., Sánchez, J.J. y Hernández, G.C. 1995. Informe final del proyecto *Nicho ecológico de Vibrio cholerae en el ambiente acuático vs un estudio experimental*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 117 p.
- Salas, G.R. 1986. *Estudio hidrológico y nivel de alteración causado de organoclorados en las Lagunas Mecoacán y Carmen-Machona*, Tabasco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 44 p.
- Sarma, S.S.S., Nandini, S., Ramírez García, P. y Cortés Muñoz, J. 2000. New records of brackish water Rotifera and Cladocera from Mexico. *Hidrobiologica* 10:121-124
- Smith, G.A. 1979. Structure and dynamics of zooplankton community in a small north-central Texas pond ecosystem. *Southwestern Naturalist*. Ed. USA. Vol 24. p 1-16.
- Suárez-Morales, E. 1990. Copépodos planctónicos de la Bahía de Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, México. www.ambos.com.mx/roo13029.html
- Suárez-Morales, E. 2003. Bibliografía comentada y perspectivas del estudio de los copépodos pelágicos del Golfo de México y áreas adyacentes. En: Barreiro Güemes, Ma. T., Meave del Castillo, Ma. E., Signoret Poillot, M. y Figueroa Torres, Ma. G. (eds.). *Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México. pp. 143-155

Suárez Morales, E. y Campos Hernández, A..1994. *Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe*. Ed. Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO).México. 359 pp.

Suárez, E., R. Gasca, J. Zurita, L. Segura y M. A. Fernández. 1987. Algunos copépodos (Crustacea: Copepoda) como posibles indicadores de surgencias en el Canal de Yucatán. *Mem. II Reun. Ind. de Act. Reg. Oceanogr. (Golfo de México y Mar Caribe Mexicanos)*. Nov., 1987, Veracruz, México: 124 - 135.

Valenzuela, G. y Gómez, S.1994. Copépodos del plancton de Mecoaacán, Tabasco en el período enero-mayo 1993. Resúmenes de la VII Reunión de la Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC)

Vallentyne, R.J. 1978. *Introducción a la limnología*. Los lagos y el hombre. Ed. Omega, Barcelona. 127 p.

Vázquez-Botello, A.1978. Presencia de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop* 26: 135-151

Vázquez-Botello, A. 1979. Niveles actuales de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 6: 7-14

Vázquez-Botello, A.,y Mandelli, E. F. 1980. Organic carbon isotope ratios of recent sediments from coastal lagoons of The Gulf of Mexico. *Geochim. Cosmochim. acta* .44: 557-559

Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystem*. Academic Press, San Diego. 1006 p.

Wetzel ,R.G. y Likens,G.E. 2000. *Limnological Analyses*. Springer-Verlag, Nueva York .429 pp.

Yáñez-Arancibia,A.,1977.Patrones ecológicos y variación ciclica de la estructura trófica de las comunidades neotónicas en lagunas costeras del Pacífico de México. *An. Centro Cien. del Mar y Limnol.U.N.A.M.* México. 5(1):287-306.

Yañez-Arancibia, A. 1986. *Lagunas costeras y estuarios como ecosistemas. Ecología de la zona costera*. AGT Ed., México. pp 11-20