

Zooplankton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México

Eduardo Suárez-Morales¹
y Evelia Rivera Arriaga²

¹El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Chetumal. A.P. 424. Chetumal, Quintana Roo 77000. México.
²EPOMEX-ECOMAR. Av. Agustín Melgar y Juan de la Barrera, A.P. 520. Campeche 24030, Camp. México.

Suárez-Morales, E. y E. Rivera A., 1998. Zooplankton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 8 (1): 19-32.

RESUMEN

Se analizan los procesos que inciden sobre la distribución -en microescala- del zooplankton en zonas costeras y arrecifales del Caribe Mexicano. Este análisis se basó en la información disponible sobre el zooplankton de esta zona y en la interpretación de estos datos propios en función de patrones hidrológicos y fisiográficos ya descritos. El comportamiento del zooplankton sobre las áreas arrecifales depende de las características de los flujos que en ellas incidan. Estos flujos a microescala favorecen la acumulación y retención del zooplankton en ciertas zonas; los flujos transversales provocan menores concentraciones de zooplankton en los quebrados y son zonas de transición entre la zona nerítica y la laguna arrecifal. Las turbulencias son factores relevantes en la dinámica trófica del zooplankton arrecifal. En general, a lo largo de la costa de Quintana Roo, el zooplankton tiende a derivar hacia la costa; esto genera un ingreso periódico de formas neríticas y oceánicas a sistemas costeros como la Bahía de la Ascensión. Existe evidencia de que el zooplankton a lo largo de la zona costera y arrecifal de Quintana Roo es homogéneo tanto en su composición general como en la distribución de ciertas especies o grupos poco comunes.

Palabras clave: Zooplankton, hidrología, Caribe, México.

ABSTRACT

An analysis of the processes affecting the small-scale distribution of zooplankton in coastal and reef zones of the Mexican Caribbean, is presented herein. This analysis was based upon the available information on the local zooplankton and on the interpretation of these data with regard to previously described hydrologic and physiographic patterns. Zooplankton behaviour over reef areas depends on characteristics of the flow affecting the area. These microscale flows promote zooplankton accumulations in certain zones; transverse flows produce minor zooplankton concentrations in the areas where the barrier is interrupted, these are transitional areas between the neritic zone and the reef-lagoon. Turbulence is a relevant factor on the reef-zooplankton trophic dynamics. In general, along Quintana Roo's coast, zooplankton tends to derivate towards the coast. This promotes a periodical input of neritic and oceanic forms into coastal systems such as Bahía de la Ascensión. There is evidence showing that zooplankton along the reef zone of Quintana Roo is homogeneous both, in its general composition, and in the distribution of certain species or of rare groups.

Key words: Zooplankton, hydrology, Caribbean, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Es axiomático que el zooplancton marino se distribuye en los ambientes oceánico y nerítico de acuerdo con la dirección y velocidad de las corrientes. Así, la composición y la distribución espacio-temporal del zooplancton en las zonas neríticas y oceánicas está determinada en gran medida por los movimientos y características de las masas de agua (Ashjian y Wishner, 1993; Power, 1996). Diversos organismos del zooplancton llegan a ser excelentes indicadores de masas de agua o de condiciones oceanográficas particulares. Es por esto que cuando se requieren interpretaciones dinámicas relativas al zooplancton, se hace necesario contar con la información básica del comportamiento hidrográfico local y regional (Wiafe y Frid, 1996). Estos procesos hidrodinámicos que inciden en la distribución del plancton operan en varios niveles distintos, desde la escala mayor que representa la advección de grandes masas de agua (Pagés y Gili, 1992), hasta las turbulencias y otros fenómenos locales (Alcaraz, 1997), pasando por los fenómenos a mesoescala como las surgencias, giros ciclónicos y anticiclónicos y las corrientes de marea (Steele y Henderson, 1994; Biggs *et al.*, 1997).

Los arrecifes y zonas costeras de Quintana Roo son ecosistemas poco estudiados que están sujetos a presiones de diversa índole; no existe aún un trabajo que aborde aspectos relativos a la interacción zooplancton/hidrodinámica en las costas del Mar Caribe Mexicano. En esta revisión se hacen algunas consideraciones acerca de la composición, distribución, abundancia y dinámica del zooplancton en las zonas oceánicas y costeras del Mar Caribe Mexicano considerando los patrones de circulación conocidos. El punto de partida para realizar este análisis es la información generada a lo largo de varios años de muestreo de zooplancton en toda esta zona.

HIDROLOGIA DEL MAR CARIBE MEXICANO

Las aguas del Mar Caribe se forman principalmente a expensas de las del Océano Atlántico, que penetran al Caribe por las Antillas Menores. La Corriente del Caribe se forma a partir de la Corriente de Guyana, con mezcla de aguas del Mar Caribe y del Mar de los Sargazos, formando así la Corriente de Yucatán. Existe una notable similitud hidrográfica entre las aguas del Mar Caribe y las ecuatoriales del Atlántico Central (Björnberg, 1971). En resumen, las masas de agua que atraviesan el Canal de Yucatán resultan de una mezcla de aguas procedentes del Atlántico sur, del Atlántico noroccidental, vía el Mar de los Sargazos, y de la Corriente Norecuatorial. La velocidad de la Corriente de

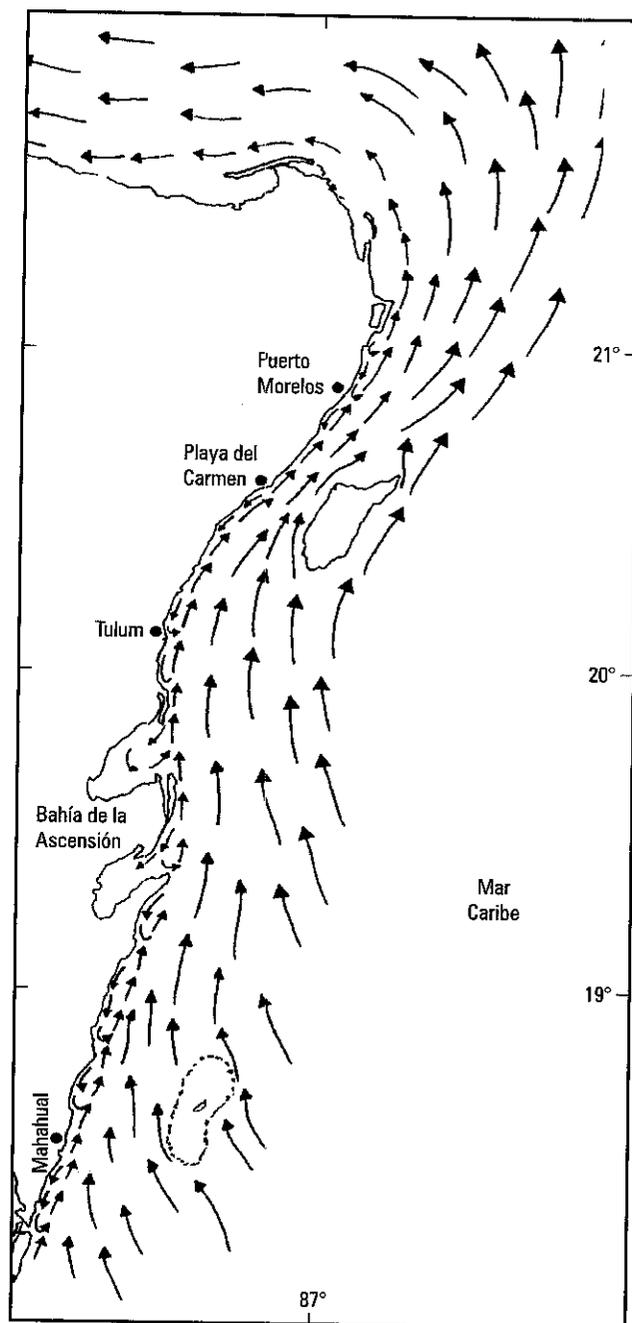


Figura 1. Diagrama del flujo de la corriente en la zona costera y oceánica cercana en el Mar Caribe de México (modif. de Merino, 1986).

Yucatán aumenta a medida que se acerca al Canal de Yucatán, con valores de 2.5 a 3 nudos (Emilsson, 1971).

Debido al efecto del régimen de vientos prevaleciente (alisios), se produce un transporte intenso de agua con dirección sur-norte representado por la Corriente de Yucatán (Fig. 1). Los patrones hidrodinámicos estacionales dependen

básicamente de la potencia de la Corriente de Yucatán y de los vientos dominantes; en invierno los vientos dominantes provienen del norte, y el resto del año, del sureste.

Durante primavera y verano, desde el estrecho de Yucatán hasta el Banco de Campeche llegan masas de agua con bajas temperaturas (22° - 23° C) y salinidades (36.2 PSU) (Merino, 1992). La información acerca de las características del agua sobre la plataforma continental y zonas costeras de Quintana Roo, es aún muy limitada (Merino y Otero, 1991; Jordán, 1994); solamente se tienen registros aislados en periodos muy cortos. Sin embargo, es posible generalizar indicando que la capa superficial presenta salinidades del orden de 36 PSU hasta una profundidad de 30-50 m. Por debajo de esta zona isohalina se encuentran aguas con salinidad superior (ca. 37 PSU), de origen subtropical. La temperatura superficial promedio oscila entre 27 y 28 °C. En la zona arrecifal frente a la porción central de Quintana Roo se han registrado valores medios de temperatura variables (25 - 31° C), con promedios menores en febrero (25.5° C) y un incremento en marzo-mayo (28.5° C). Los mayores valores ocurren en junio y julio (30.5° C). En esta misma zona la salinidad varía de 32-36 PSU, la menor en febrero (32.3 PSU), la mayor en junio (35 PSU). Estos valores e intervalos podrían considerarse representativos para toda la costa de Quintana Roo en condiciones similares.

CIRCULACIÓN EN EL LITORAL DE QUINTANA ROO

Las aguas de origen y tipo tropical-caribeño que bañan este litoral corren de sur a norte, para entrar al Canal de Yucatán e ingresar eventualmente al Golfo de México (Merino y Otero, 1991). A mayor detalle, este panorama es bastante más complejo, ya que no sólo existen variaciones estacionales en la intensidad de la corriente (Merino, 1992), sino que se presenta una contracorriente costera que fluye paralela al litoral en dirección norte-sur (Fig. 1) y tiene una dinámica propia (Merino, 1986). Esta contracorriente caracteriza a las porciones más internas de la costa quintanarroense, con influencia en los arrecifes, lagunas arrecifales y bahías. Sin embargo, en ciertos tramos de la barrera arrecifal -sobre todo en los más expuestos a la zona oceánica- se puede esperar una influencia alternativa de la corriente principal (sur-norte). Aparentemente la contracorriente es más fuerte a medida que aumenta también la fuerza de la corriente; esto sucede aproximadamente a mitad de la primavera (Merino, 1992). Durante la época de nortes, el régimen de vientos -predominantemente hacia el sur- fortalece la contracorriente.

De acuerdo con el trabajo hidrológico de Merino (1986), sin duda el más completo en este aspecto, la tendencia básica (sur-norte) del flujo continúa de manera parcial hasta la porción norte de la costa del Caribe de México. La contracorriente (norte-sur) se establece con mayor claridad y fuerza entre dos puntos prominentes del litoral (Merino, 1986). La mezcla de ambos flujos forma giros de amplitud variable y de forma longitudinalmente alargada cuyo flujo resultante se dirige hacia la costa; es probable que este patrón sea válido para todo el litoral de Quintana Roo (Fig. 2). Podría sugerirse que cada sección de la costa separada por una prominencia litoral -o punta- tuviese su propio giro de contracorriente y una misma dinámica dentro de este patrón, en el que el agua se acumula en su porción frontal inferior favoreciendo así un flujo resultante hacia el sur. Además, en estas zonas cóncavas de puntas, ensenadas y otros accidentes costeros, el intenso flujo de la corriente hacia el norte -paralelo a la costa-, genera gradientes negativos de presión, favoreciendo también la formación de giros entre las puntas. En términos hidrodinámicos, este patrón puede resumirse como sigue: la dirección de las

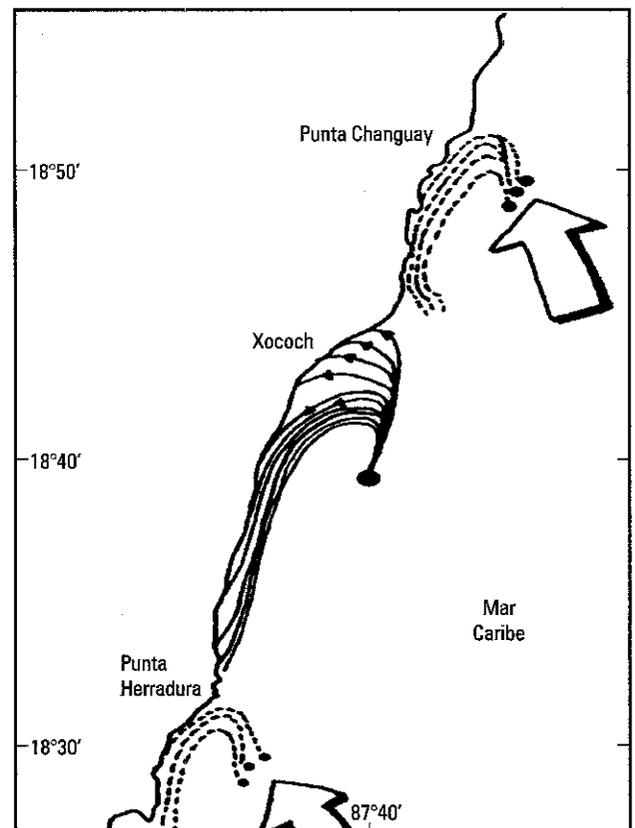


Figura 2. Comportamiento de cuerpos de deriva frente a diversas puntas litorales: el de Punta Xococho (según Merino, 1986); en líneas punteadas se muestra el comportamiento esperado de los derivantes frente a otras puntas adyacentes, como Punta Changuay y Herradura.

aguas superficiales a lo largo del margen oriental de la Península de Yucatán es, finalmente, hacia la costa, por efecto sumado de la corriente sur-norte y de la fisiografía de la costa. Estos patrones pueden tener modificaciones estacionales por efecto de las variaciones temporales en la fuerza de la Corriente de Yucatán (Merino, 1986, 1992). La barrera arrecifal modifica en meso y microescala la circulación costera. Por ejemplo, frente a Punta Maroma, que es una de las mayores prominencias costeras de la zona, se esperaría la formación de un giro de contracorriente de acuerdo con el patrón descrito, pero aparentemente no ocurre así. Es posible que el giro se debilite por efecto del extenso arrecife de barrera frente a la punta, dificultando la acumulación de agua que regeneraría la contracorriente en este sector.

Así, la circulación costera podría estar caracterizada por giros seccionales -de amplitud e intensidad variables- en la porción sur de las puntas, regenerando la contracorriente hacia el sur. A partir de estas premisas y tomando en cuenta la disposición de una parte de las prominencias arrecifales a lo largo de la zona costeras de Quintana Roo (Jordán, 1994), se han construido tres diagramas del flujo esperado de la corriente y la contracorriente en distintas secciones del litoral quintanarroense (Figs. 3A-C). Desde luego, este panorama se modifica a medida que cambian también las condiciones hidrodinámicas locales; el efecto de los arrecifes en el tipo de flujo se basó, para la elaboración de este esquema, en el "efecto de isla" en los arrecifes descrito por Hamner y Haury (1981). La forma y disposición de los arrecifes hará variar este patrón; en el

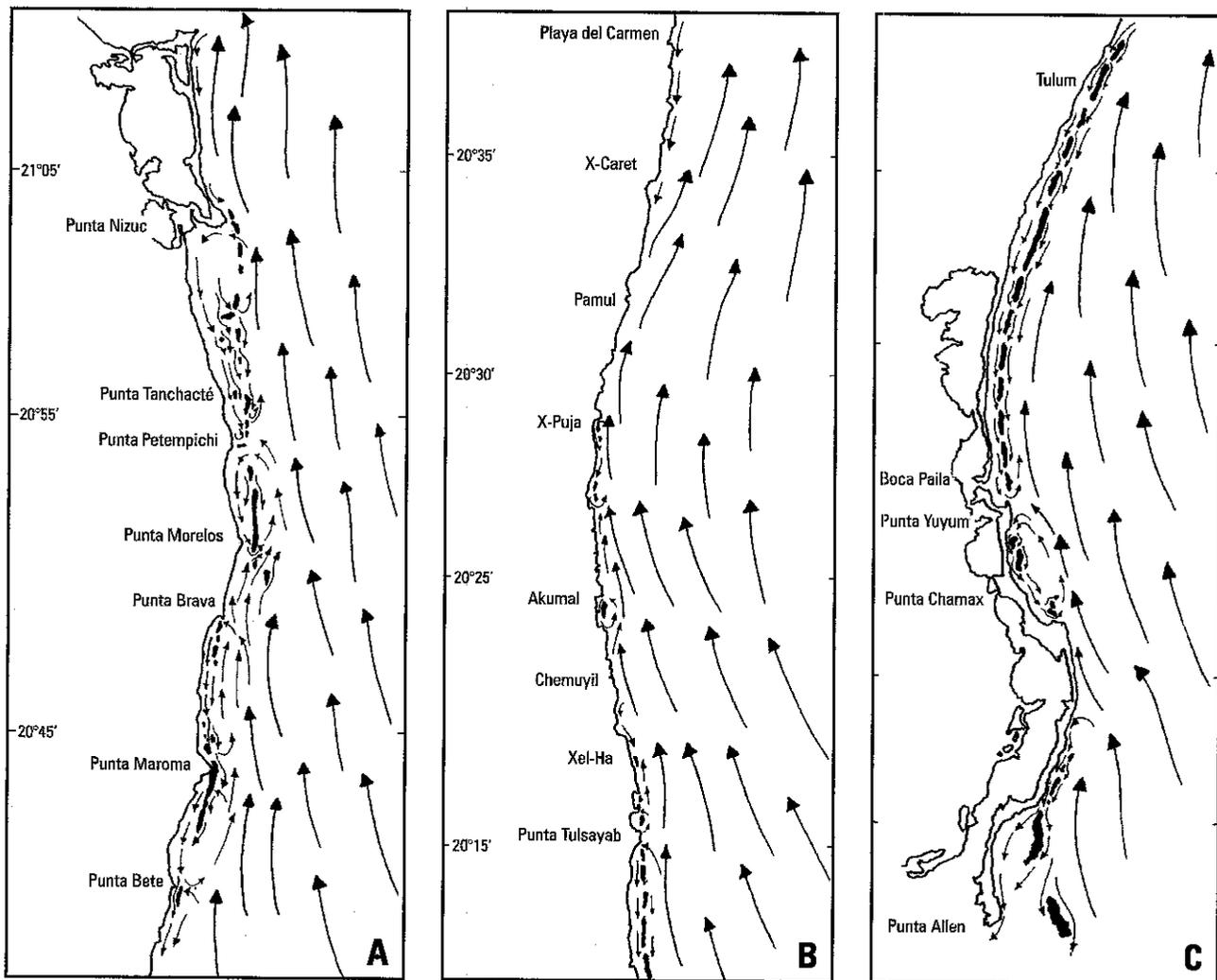


Figura 3. Comportamiento esperado de las corrientes costeras considerando la disposición general de los arrecifes en varias secciones del norte y centro de Quintana Roo. A. Cancún-Punta Bete; B. Playa del Carmen-Punta Tulsayab; C. Tulum-Punta Allen. Para su elaboración se utilizaron los criterios de Hamner y Haury (1981) y de Merino (1986); la disposición de las masas arrecifales es la propuesta por Jordán (1994).

caso de arrecifes con macizos y canales dispuestos en sentido perpendicular a la costa, el flujo general a meso-escala puede no tener una representación hidrodinámica muy evidente; sin embargo, a menor escala las zonas de canales pudieran tener flujos particularmente turbulentos.

En sentido transversal, la zona de influencia inmediata de la contracorriente es la zona arrecifal interna y la laguna arrecifal. En sentido paralelo a la costa (latitudinal), es posible prever que las características hidrológicas de las zonas situadas inmediatamente al norte de Tulum y áreas aledañas, van a estar determinadas en gran medida, por las condiciones hidrológicas instantáneas de la zona anexa al norte. Así, por efecto de la sección de la contracorriente en esta zona, se produce un flujo costero proveniente del norte (zona de Tulum), que ingresa a la Bahía de la Ascensión por la parte norte de su amplio frente oceánico.

A pesar de la evidente complejidad relativa a la circulación costera a lo largo del litoral de Quintana Roo, las condiciones físicas y químicas parecen no ser muy heterogéneas o responder a una sectorización evidente. Es decir, dado que tanto la corriente de Yucatán como sus derivados -contracorrientes y giros- están conformados por un solo tipo de agua en su estrato superior, que es tropical superficial del Caribe, es posible esperar una homogeneidad térmica y salina a lo largo del litoral; así lo sugieren los datos físicos en diversas zonas costeras de Quintana Roo. Sin embargo, por efecto de las irregularidades costeras, de las diferencias de profundidad y de los distintos ecosistemas representados en las costas de Quintana Roo, pueden presentarse variaciones térmicas o salinas en microescala, poco perceptibles en un nivel general, pero determinantes para algunos organismos. No se han llevado a cabo estudios detallados sobre estas variaciones en esta zona en particular, pero en general las zonas más someras, como las porciones litorales, o las partes más internas de bahías o ensenadas presentan temperaturas más elevadas (1-3°C); por lo que se refiere a la salinidad, en muchas porciones del litoral quintanarroense se hace evidente la influencia de las descargas freáticas, que son aguas continentales que se filtran -en ocasiones por grietas u "ojos de agua"- hacia las zonas costeras, disminuyendo la salinidad en su zona de influencia. Esto es muy evidente en la Bahía de Ascensión, donde, sin haber corrientes superficiales -ríos-, el gradiente de salinidad de las zonas más internas con respecto al frente oceánico es de más de 10 PSU (Gasca y Suárez-Morales, 1994). Estas variaciones son aún más acentuadas en época de lluvias, en que el aporte de agua dulce a toda la zona costera es superior. Sin embargo, en las zonas arrecifales de Quintana Roo, no se observa un efecto directo de la influencia de esta agua dulce, salvo en

el caso de las comunidades coralinas que van de Punta Piedra a Punta Solimán. La escasez de comunidades coralinas bien desarrolladas en este sector podría atribuirse a la influencia de las aguas dulces descargadas en esta parte del litoral (Jordán, 1994). En general estas descargas freáticas promedian del orden de $8.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}$ de línea de costa/año para todo el litoral de la Península de Yucatán al norte del paralelo 19°30' (Back, 1985). Los máximos valores promedio de descarga se encuentran a lo largo del litoral oriental (ca. $77 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km/año}$), en el área de Xel-Ha. Estas descargas van modificando progresivamente la fisiografía costera a través de procesos de dilución kárstica y forman las caletas.

ZOOPLANKTON DE LAS COSTAS DE QUINTANA ROO

El zooplankton de las costas de Quintana Roo ha sido estudiado de manera sistemática sólo desde hace unos cuantos años. Estos estudios recientes han incluido los mayores accidentes costeros de la entidad. En la Bahía de la Ascensión se han abordado aspectos generales (Suárez-Morales y Gasca, 1990, 1992; Gasca y Suárez-Morales, 1994) y relativos a distintos grupos taxonómicos (Suárez-Morales, 1990a,b; Suárez-Morales *et al.*, 1990; Zamponi *et al.*, 1990; Zamponi y Suárez-Morales, 1991; Gasca, 1992; Vásquez-Yeomans *et al.*, 1992; Suárez-Morales, 1993a-c; Suárez-Morales y Gasca, 1996). En la Bahía de Chetumal, en el extremo sur de la costa de Quintana Roo existen también varios estudios acerca del zooplankton (Suárez-Morales y Gasca, 1992; Gasca y Castellanos, 1993; Gasca *et al.*, 1994). En la zona norte del Mar Caribe mexicano y particularmente en las zonas arrecifal y lagunar se han estudiado aspectos variados de la fauna plánctica (Suárez-Morales y Gasca, 1990; Suárez-Morales e Islas-Landeros, 1993; Alvarez-Cadena *et al.*, 1996, 1998; Alvarez-Cadena y Segura-Puertas, 1997).

Uno de los grupos más conspicuos del zooplankton de arrecifes y lagunas arrecifales de Quintana Roo es el de los copépodos (Suárez-Morales y Gasca, 1996; Castellanos y Suárez-Morales, 1997; Alvarez-Cadena *et al.*, 1998). Suelen ser también dominantes las larvas de crustáceos decápodos, que en ciertas épocas llegan incluso a superar en abundancia a los copépodos. También son abundantes las larvas pláncticas de grupos como equinodermos, celenterados, peces, poliquetos y moluscos. En la tabla 1 se muestra la abundancia relativa de los principales grupos del zooplankton encontrados en las zonas arrecifal y costera en distintas porciones del litoral de Quintana Roo.

Tabla 1. Abundancia relativa de los principales grupos del zooplancton en distintas zonas del litoral del Mar Caribe Mexicano (datos de Suárez-Morales, 1990a, Suárez-Morales y Gasca, 1990 y Gasca y Suárez-Morales, 1994).

ZONA	GRUPO	ABDA. RELAT. (%)
Puerto Morelos (zona norte)	Copepoda	63%
	Larvas Decapoda	25%
	Chaetognatha	10%
	Otros	2%
Tulum (zona centro)	Copepoda	68%
	Larvas Decapoda	17%
	Apendicularia	7%
	Chaetognatha	5%
	Otros	3%
Punta Allen (zona centro)	Copepoda	83%
	Larvas Decapoda	10%
	Chaetognatha	3%
	Apendicularia	2%
	Otros	2%
Mahahual (zona sur)	Copepoda	69%
	Larvas Decapoda	12%
	Chaetognatha	6%
	Otros	10%

El zooplancton arrecifal presenta variaciones en su composición y abundancia durante el ciclo dial (Allredge y King, 1977; Madhupratap *et al.*, 1991; Castellanos y Suárez-Morales, 1997; Alvarez-Cadena *et al.*, 1998). Esta comunidad se enriquece durante la noche por la integración de formas epibénticas o demersales a la columna de agua y por las migraciones de otros organismos hacia la superficie. La mayor parte de los organismos que se integran a la columna de agua durante la noche inician su actividad en la columna de agua poco después del atardecer (Porter y Porter, 1977; Madhupratap *et al.*, 1991). Algo similar ocurre en las lagunas arrecifales, donde las praderas de *Thalassia testudinum* constituyen extensas zonas de refugio para el zooplancton, durante el día; en la noche, la composición del zooplancton varía sensiblemente. Suárez-Morales y Gasca (1990) realizaron un estudio de variación nictemeral para el zooplancton de Puerto Morelos, Quintana Roo, confirmando la relevancia de las praderas de *Thalassia testudinum* como refugio para una gran cantidad de especies, incluyendo larvas de peces, crustáceos y moluscos con valor comercial.

Desde el punto de vista de la biodiversidad, es bien sabido que las praderas de pastos marinos, así como otros ecosistemas ecológicamente complejos contienen una gran cantidad de especies, muchas de las cuales no han sido estudiadas. Como ejemplo en el Mar Caribe de México, está el caso de varias especies nuevas de copépodos monstriloides que han sido encontradas y descritas recientemente en esta zona y a lo largo de todo este litoral (Suárez-Morales, 1993a,b; 1994a, c, e). Las partes más internas de la costa (zonas de bahía o manglar), donde por efecto de las descargas freáticas ocurren salinidades menores, pueden ser consideradas zonas de crianza para las larvas pláncicas de crustáceos y peces; se ha demostrado que el gradiente salino actúa como guía para larvas y juveniles de camarón a sitios de crianza (Hughes, 1969; Young y Carpenter, 1979). En la costa caribeña de México, varios trabajos han demostrado que la Bahía de la Ascensión constituye una verdadera zona de crianza para larvas de peces (Vásquez-Yeomans *et al.*, 1992).

Nuestros datos faunísticos sugieren que la composición general del zooplancton en las zonas arrecifales de Quintana Roo es bastante homogénea; sin embargo, se pueden esperar variaciones locales de abundancia y composición por efecto del meroplancton. En algunos casos, estos cambios pueden ser relativamente notables, aunque en general se sabe que el zooplancton de zonas arrecifales del Caribe no muestra estacionalidad (Moore y Sander, 1976; Morales y Murillo, 1996). Un indicio más de la homogeneidad del zooplancton en la zona del Mar Caribe de México es que su composición en las porciones norte (Puerto Morelos), centro (Tulum y Punta Allen) y sur (Mahahual) es muy similar. La comunidad está dominada espacial y temporalmente por un grupo recurrente de especies de copépodos, que incluye a *Labidocera* spp., *Nannocalanus minor*, *Temora stylifera*, *Undinula vulgaris*, *Acrocalanus longicornis*, *Farranula gracilis*, *Corycaeus* spp. y *Eucalanus* spp. Otro argumento a favor de esta continuidad faunística es que especies selectas de un raro grupo de copépodos, los monstriloides, han sido encontradas a lo largo de todo el litoral, en zonas arrecifales o cercanas a la costa. Así, *Cymbasoma quintanarooensis* (Suárez-Morales, 1994a) ha sido encontrada en las zonas norte y centro del Caribe Mexicano; *Monstrilla mariaeugeniae* Suárez-Morales e Islas-Landeros, 1993 y *M. reidae* Suárez-Morales, 1993a, se encontraron en Puerto Morelos (zona norte) y Bahía de la Ascensión (centro), respectivamente, y ambas en Mahahual (zona sur). *Monstrilla elongata* Suárez-Morales, 1994e se encontró en la zona central (Bahía de Ascensión) y en la zona norte (Puerto Morelos) (Suárez-Morales, 1994c). Esto sugiere que las condiciones para su desarrollo fueron

adecuadas aún en puntos extremos de la costa de Quintana Roo.

HIDRODINÁMICA Y ZOOPLANKTON EN LAS COSTAS DE QUINTANA ROO

Como se ha anotado, la distribución del zooplankton está regida por la dinámica y propiedades de las masas de agua. En este sentido, la dinámica y distribución del zooplankton a lo largo de las costas de Quintana Roo debe responder de manera cercana al patrón descrito en la sección de Circulación de este documento. Para el zooplankton asociado con las zonas arrecifales, esto significaría un continuo recambio de especies entre las zonas sur-centro, centro-norte -y también en sentido inverso- por efecto de los flujos de la corriente y contracorriente a lo largo de la costa, pero probablemente sin incrementos o adiciones significativas a la riqueza específica local. Para el zooplankton de las bahías, la tendencia del flujo a derivar hacia la costa (Merino, 1986), provoca también la deriva de formas pláncnicas propias de las zonas nerítica y oceánica hacia las porciones más internas de la costa; así lo muestran los resultados de Gasca *et al.* (1996) y de Suárez-Morales y Gasca (1997).

Como se ha visto, la estructura general de la comunidad aparenta ser muy estable y homogénea en todo el litoral, como resultado de que el tipo de agua del que se nutre faunísticamente es uniforme. Esto contrasta con lo que ocurre en zonas de transición biogeográfica, como la costa occidental de Baja California, donde confluyen estacionalmente aguas de origen tropical y de origen frío, con faunas propias; ello proporciona una fisonomía estacional distintiva a la comunidad.

ARRECIFES

Las zonas arrecifales de Quintana Roo han sido caracterizadas en varios trabajos (Jordán, 1979, 1988, 1990, 1994; Jordán *et al.*, 1981; Gutiérrez *et al.*, 1993); el zooplankton asociado a los arrecifes es sumamente diverso y existe una estrecha relación entre el zooplankton y los arrecifes coralinos (Richman *et al.*, 1975; Ducklow y Mitchell, 1979; Rogers, 1979; Renon, 1993). Esta relación se expresa en la dinámica de las distintas zonas arrecifales,

Una de las características del patrón de circulación del Mar Caribe mexicano es fundamental para comprender el flujo de la energía que se produce en el arrecife y zonas

adyacentes; se sabe que los arrecifes son sistemas productivos que están rodeados por aguas relativamente pobres (Hamner y Hauray, 1981). El patrón local de circulación transversal a lo largo de la barrera arrecifal del Caribe de México implica la transportación activa de esta materia orgánica generada en el arrecife hacia la laguna arrecifal y podría considerarse un elemento esencial para favorecer el desarrollo de las comunidades bénticas y pláncnicas en la laguna e incluso en las zonas más internas del litoral. Un estudio reciente en Puerto Morelos comprueba que la laguna arrecifal tiene -al menos para los copépodos-, una comunidad zoopláncnica característica, distinta (más productiva y menos diversa) de aquella propia del frente oceánico (Alvarez-Cadena *et al.*, 1998). Sin embargo, el intercambio entre las zonas externas del arrecife y la laguna arrecifal es un aspecto relevante para el zooplankton arrecifal y depende de varios factores; destacan las corrientes de marea y el efecto de los quebrados o canales.

La circulación en microescala en la zona de arrecifes está estrechamente ligada a su conformación fisiográfica; en varios sectores del sistema arrecifal del Caribe de México, la barrera es estrecha, uniforme y seccionada en varios puntos (Jordán, 1994). En estas secciones se forma una laguna arrecifal cuya amplitud transversal va de los 50 a los 3000 m. A lo largo de la barrera existen los llamados quebrados, zonas de interrupción de la barrera que tienen implicaciones en la circulación local y son vías de intercambio entre la fauna nerítica-oceánica y la de la laguna arrecifal. A diferencia del oleaje, en los quebrados el intercambio se produce a todo lo largo de la columna de agua. Estudios de la fauna ictiopláncnica (larvas y huevos de peces) de zonas arrecifales en el centro y sur de Quintana Roo (González-Malpica, 1991; Vásquez-Yeomans *et al.*, 1997), han mostrado que en la zona de los quebrados, donde el intercambio de agua entre la laguna arrecifal y mar abierto es más intenso y donde se generan fuertes flujos transversales de entrada-salida, se presenta un efecto notable en la comunidad zoopláncnica de la zona inmediata. Las abundancias de ictioplankton son considerablemente menores en estas zonas de alta energía que en las áreas inmediatas adyacentes. Esta premisa es aplicable también a los demás grupos del zooplankton (Williams *et al.*, 1988); provoca que la diferencia entre las faunas arrecifal y lagunar no sea tan marcada cerca de los quebrados (Renon, 1993), que de hecho son zonas de transición (Castellanos y Suárez-Morales, 1997). También por encima de las crestas arrecifales existe un intercambio relacionado con las corrientes marea (Kjerfve, 1982) que permitiría el ingreso de formas oceánicas a la laguna arrecifal durante la pleamar, y la salida de formas lagunares durante la bajamar.

Al pasar por los arrecifes, el flujo laminar sigue un patrón que depende de varios factores; el modelo más sencillo es el descrito por Hamner y Hauray (1981), en el que el agua más superficial en marea alta, alcanza a pasar por arriba del arrecife sin mayor perturbación. El flujo de agua subsuperficial e intermedia sufre modificaciones variables por la conformación del arrecife, siguiendo cercanamente el efecto hidrodinámico de isla (Hamner y Hauray, 1981);

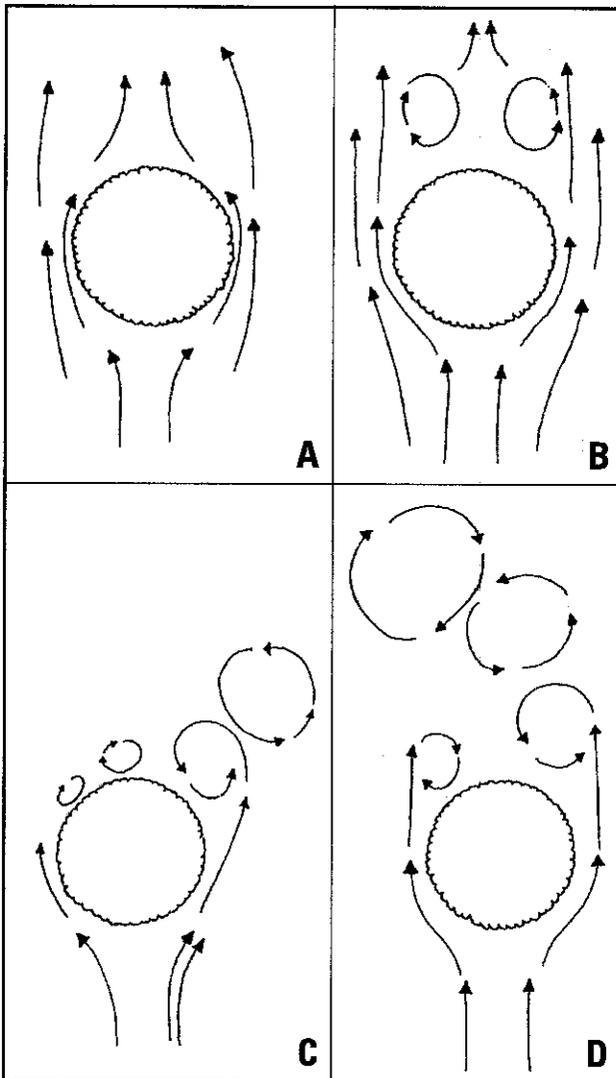


Figura 4. Variaciones en el flujo asociadas con el efecto de velocidad y dirección de la corriente. A. Flujo laminar, en la que se separa una corriente lenta que rodea el obstáculo y está limitada por una capa de flujo externo cuyo grosor es menor a mayor velocidad. B. Cuando la velocidad sobrepasa cierto nivel crítico, el flujo laminar se transforma en turbulento y se forman giros estacionarios. C. Ante un aumento aun mayor en la velocidad de la corriente, la energía rotacional se acumula en los giros; al adquirir mayor vorticidad, los giros se vuelven inestables y forman anillos simétricos y asimétricos más amplios; la vorticidad se ubica en alguno de los lados. D. Este es el mismo caso, pero con mayor energía (Hamner y Hauray, 1981).

cuando el flujo incide de frente a la barrera, se crean microcorrientes alrededor de las porciones más prominentes de los macizos arrecifales, que además forma remolinos estacionarios en la parte interna. Cuando el flujo es casi paralelo o diagonal al eje longitudinal de la barrera, y ésta es simétrica, se forman flujos distintos (Figs. 11a-d). Desde luego, hay variaciones ante formas arrecifales irregulares. Durante el flujo laminar se separa una corriente de baja velocidad alrededor del arrecife (Fig. 11a) y forma una circulación periférica simétrica; aquí no hay mayor perturbación y este sería el modelo en el caso de los más débiles desplazamientos de agua. Al aumentar la velocidad, el flujo laminar se vuelve turbulento y se forman giros estacionarios simétricos o asimétricos (Figs. 4A-C).

A lo largo del litoral de Quintana Roo, se pueden esperar tanto flujos simétricos como asimétricos por efecto conjunto de la velocidad y dirección de la corriente principal, de la contracorriente y de los giros generados por éstas; este comportamiento en microescala se repetiría en cada grupo arrecifal prominente. Desde luego, también es previsible un comportamiento particular del plancton en estas condiciones. El zooplancton sujeto a esta dinámica tendería a acumularse en las zonas de giros opuestas a la acción directa de las corrientes (Hamner y Hauray, 1981; Williams *et al.*, 1984) y en la zona de vacío entre las líneas de divergencia frontales. De hecho, se ha sugerido que algunos peces de arrecife depositan sus huevos en zonas cuya dinámica les permitiría a las larvas regresar al arrecife donde ocurrió el desove (Johannes, 1978). En varias zonas los peces de arrecife desovan en épocas en las que los giros a mesoescala retienen a las larvas en las inmediaciones del sistema arrecifal (Lobel, 1978, 1989), aunque para otros autores estos giros no son tan relevantes para las larvas (Cowen y Castro, 1994). El análisis de este tipo de flujos es indispensable para comprender el transporte de larvas de organismos con importancia económica, como lo es para Quintana Roo la langosta *Panulirus argus* Latreille. Se ha demostrado que los giros a micro y mesoescala favorecen la retención de larvas de langosta en zonas cercanas a la costa, donde tienen mayores posibilidades de asentamiento (Alfonso *et al.*, 1991).

De acuerdo con Hamner y Hauray (1981), los grupos zoopláncticos asociados con estos fenómenos de acumulación en arrecifes son tres principales: los copépodos, los quetognatos y las apendicularias, aunque se podría agregar a las larvas de crustáceos decápodos. Estos cuatro grupos fueron los más importantes en muestras arrecifales tomadas en diferentes zonas del litoral de Quintana Roo (Tabla 1), lo que apoya el concepto de que existe una dinámica hidrológica local similar a la descrita arriba; los muestreos de zooplancton en diversas zonas arrecifales de Quintana

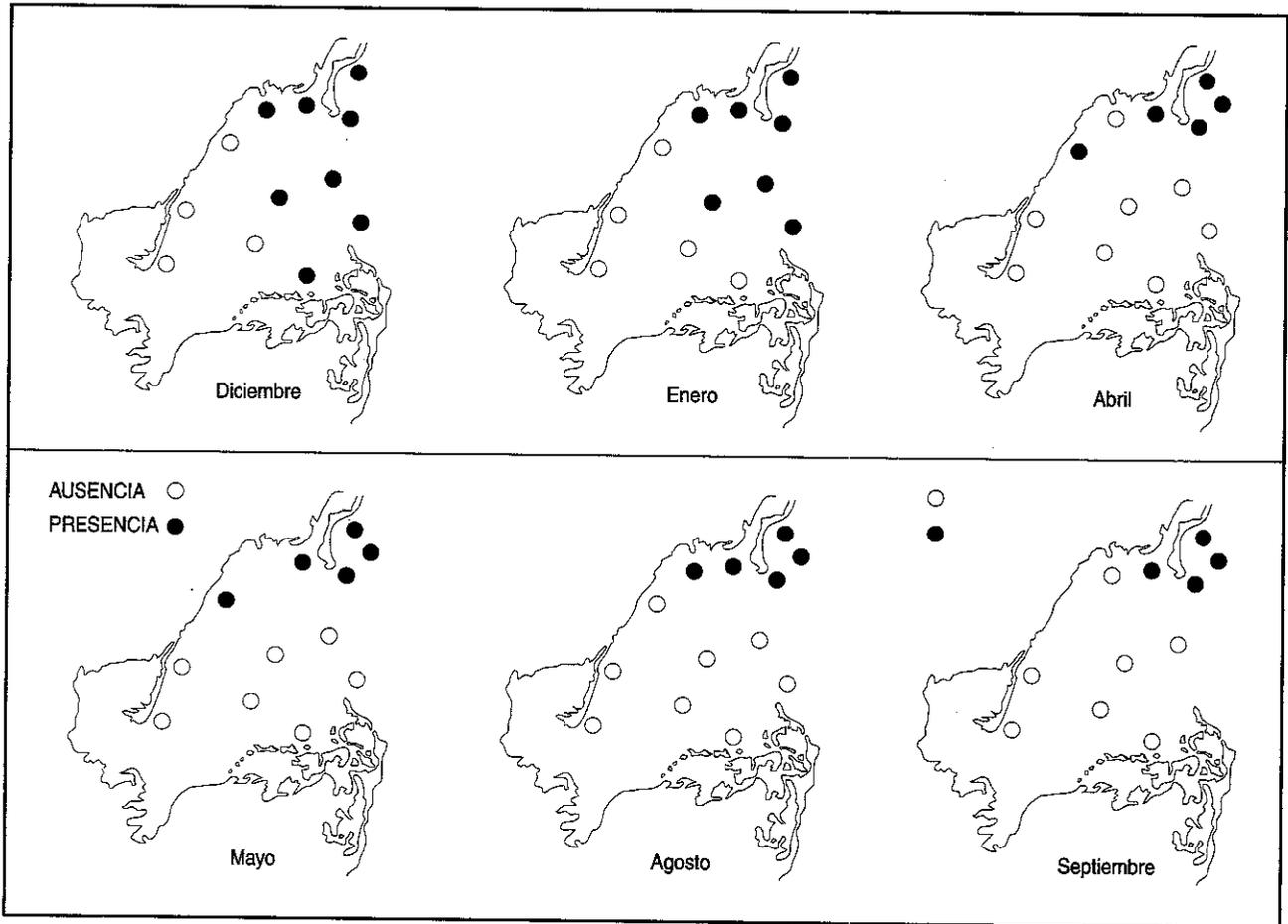


Figura 5. Ingreso de especies de copépodos de origen nerítico-oceánico al sistema de Bahía de la Ascensión (1991). Este ingreso es principalmente por el norte y es indicador del flujo de la contracorriente costera hacia adentro de la bahía. Los círculos llenos indican presencia de especies de origen nerítico-oceánico.

Roo parecen arrojar una composición relativa similar. Las zonas de canales entre macizos, frecuentemente dispuestas en sentido transversal a la corriente, provocarían turbulencias en las zonas adyacentes al canal y por lo tanto, acumulaciones de diversos grupos del zooplankton. Las turbulencias constituyen fenómenos que favorecen la alimentación de diversos grupos del zooplankton (Alcaraz, 1997), incluyendo las larvas de peces (Lough y Mountain, 1996) y ello es particularmente relevante para la dinámica trófica de un ambiente tan complejo como el arrecifal.

Otro aspecto interesante relativo a la interacción arrecife/zooplankton son las agregaciones masivas y inespecíficas de algunos zoopláncteres cerca de las formaciones arrecifales (Hamner y Carleton, 1979; Ueda *et al.*, 1983); aparentemente estas agregaciones no son depredadas intensamente por los peces arrecifales (Hobson, 1991). Aunque no se han observado en aguas arrecifales del Caribe Mexicano, sí han sido estudiadas en los cayos y

arrecifes de Twin Cays, Belice (Ambler *et al.*, 1991), que es continuación del mismo sistema. Durante varios meses del año, la escifomedusa *Linuche unguiculata* se presenta en extraordinarias concentraciones a lo largo de la zona litoral de Quintana Roo, extendiéndose hacia el sur. De acuerdo con observaciones directas (Larson, 1991), la distribución en microescala de los individuos responde particularmente a los patrones de células de Langmuir y forman líneas paralelas a la costa y a la dirección del viento, que permanecen más o menos estables. Este patrón solamente se hace evidente cuando hay viento de moderado a intenso.

BAHÍAS Y ZONA LITORAL

El flujo de la contracorriente costera incide, como se ha descrito, en la mayor parte del litoral de Quintana Roo. Desde el punto de vista faunístico, la zona central de este litoral es de las más estudiadas, en particular la Bahía de la

Ascensión. El zooplancton asociado a este sistema ha sido estudiado durante al menos un ciclo anual (1990-1991). El análisis de la comunidad local de copépodos (Suárez-Morales y Gasca, 1996) demostró que el flujo de la contracorriente que corre hacia el sur ingresa a la bahía por la porción norte del frente oceánico. Esto se logró al comparar la distribución de la fauna residente de la bahía con la de la zona arrecifal adyacente; el flujo de la contracorriente transporta especies neríticas hacia adentro del sistema (Fig. 5). Al tratarse de un estudio en tres distintas épocas climáticas, también pudieron evidenciarse las variaciones temporales en los flujos costeros y su reflejo en la composición faunística en esta zona. Durante la época de lluvias, el flujo ingresante parece no ser muy intenso aunque exista la contracorriente; los vientos dominantes en esta época provienen del sur-sureste. Al disminuir la salinidad interna por las lluvias, pocas especies no residentes prosperan en la bahía y ello crea una división tajante entre las faunas residente y nerítica, sin mezcla (Fig. 6C). En la época de secas la invasión de especies arrecifales que ingresan por efecto de la contracorriente es evidente (zona de mezcla); los vientos procedentes del sureste empujan la franja de mezcla hacia la parte superior de la bahía (Fig. 6B). En época de nortes, los vientos provenientes del norte llegan a contrarrestar los efectos de los vientos alisios del sureste, que son dominantes durante la mayor parte del año. Ello modifica fuertemente el escenario descrito para

lluvias y secas, ya que -aunque se mantiene el flujo ingresante de fauna arrecifal y una extensa zona de mezcla-, estas comunidades son desplazadas hacia las zonas central y sur de la bahía (Fig. 6A). Un estudio reciente sobre las medusas obtiene resultados muy similares a los descritos para los copépodos (Suárez-Morales *et al.*, 1997).

En la Bahía de Chetumal, con el frente oceánico muy estrecho y abierto hacia el sur, la influencia oceánica es moderada durante la mayor parte del año debido al efecto de los vientos dominantes. Al cambiar la dirección durante la época de nortes, disminuye el flujo oceánico y los gradientes internos se extienden hacia la zona de la boca y ello modifica la estructura y distribución del zooplancton; ésto muestra los resultados de estudios acerca de la comunidad zoopláncica, en particular con copépodos y medusas (Suárez-Morales 1994d; Suárez-Morales *et al.*, 1995).

Este panorama es elocuente al confirmar que el efecto de la dirección de los vientos en la circulación local de estos sistemas costeros es fundamental y definitorio para la distribución del zooplancton y de cualquier elemento derivante; se confirma la utilidad inmediata de los estudios del plancton para lograr caracterizaciones dinámicas parciales de los movimientos locales de las masas de agua. En este mismo sentido, y extrapolando lo encontrado para el zooplancton, es posible esperar un comportamiento simi-

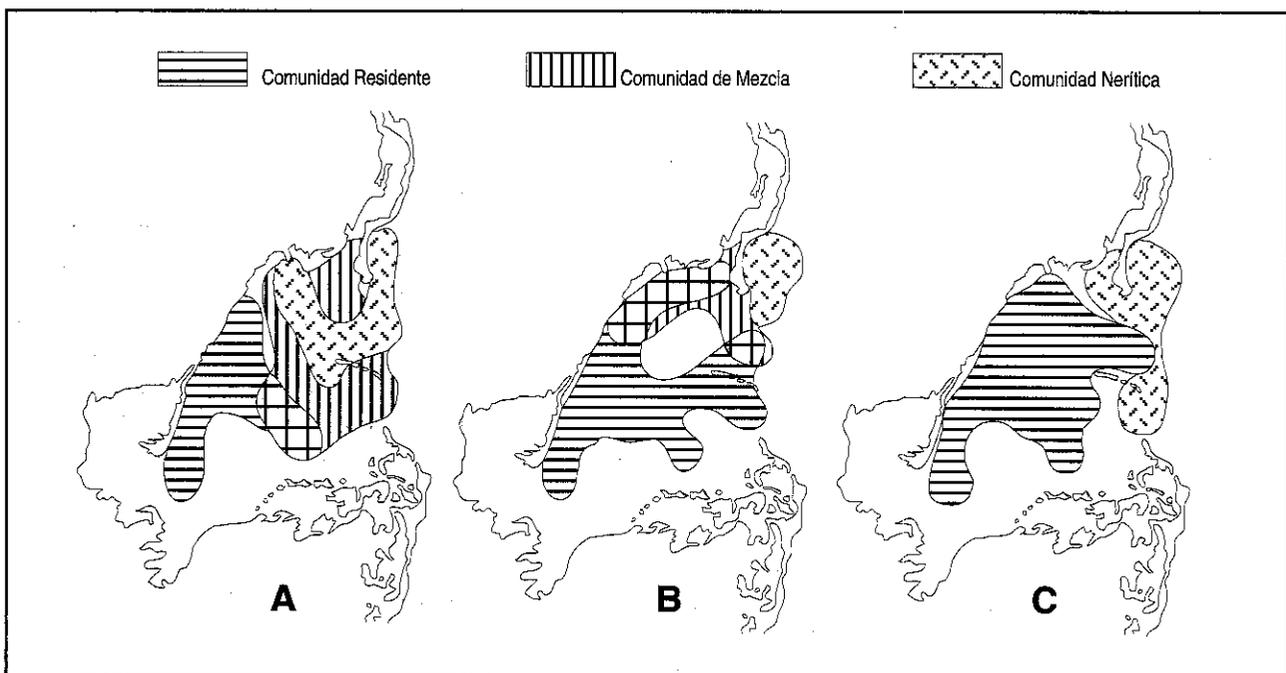


Figura 6. Estructura de la comunidad de copépodos de la Bahía de la Ascensión en función de su afinidad ecológica (nerítica, residente, mezcla) y de las épocas climáticas. A. Época de nortes; B. Época de secas; C. Época de lluvias (de Suárez-Morales y Gasca, 1996).

lar de otro tipo de elementos derivantes provenientes de la zona costera, como contaminantes y/o basura flotante.

LITERATURA CITADA

- ALCARAZ, M., 1997. Copepods under turbulence: grazing, behavior and metabolic rates. *Scientia Marina* 61:177-195.
- ALLDREDGE, A. L. y J. M. KING, 1977. Distribution, abundance and substrate preferences of demersal reef zooplankton at Lizard Island Lagoon, Great Barrier Reef. *Marine Biology* 41:317-333.
- ALFONSO, I., M. P. FRIAS, J. BAISSRE y A. CAMPOS, 1991. Distribución y abundancia de larvas de la langosta *Panulirus argus* en aguas alrededor de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 12:5-19.
- ALVAREZ-CADENA, J. N., M. E. ISLAS-LANDEROS y E. SUÁREZ-MORALES, 1996. A preliminary zooplankton survey in a Mexican Caribbean eutrophicated coastal lagoon. *Bulletin of Marine Science* 58 (3):694-708.
- ALVAREZ-CADENA, J. N., E. SUÁREZ-MORALES y R. GASCA, 1998. Copepod assemblages from a reef-related environment in the Mexican Caribbean Sea. *Crustaceana* 70: (en prensa).
- ALVAREZ-CADENA, J. N. y L. SEGURA-PUERTAS, 1997. Zooplankton variability and copepod species assemblages from a tropical coastal lagoon. *Gulf Research Reports* 9:345-355.
- AMBLER, J. W., F. D. FERRARI y J. A. FORNSHELL, 1991. Population structure and swarm formation of the cyclopoid copepod *Dioithona oculata* near mangrove cays. *Journal of Plankton Research* 13(6):1257-1272.
- ASHJIAN, C. J. y K. F. WISNER, 1993. Temporal persistence of copepod species groups in the Gulf Stream. *Deep-Sea Research* 40: 483-516.
- BACK, W., 1985. Hydrogeology of the Yucatan. In: WARD, W. C., A. E. WEIDIE y W. BACK (Comps.). *Geology and hydrogeology of the Yucatan and Quaternary geology of northeastern Yucatan Peninsula*. New Orleans Geological Society. U.S.A.: 99-119.
- BENSON, A. A. y L. MUSCATINE, 1974. Wax in coral mucus: energy transfer from corals to reef fishes. *Limnology and Oceanography* 19:810-814.
- BIGGS, D. C., ZIMMERMAN, R. G., GASCA, R., E. SUÁREZ-MORALES e I. CASTELLANOS, 1997. Note on plankton and cold-core rings in the Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 95(2): 369-375.
- BJÖRNBERG, T. K. S., 1971. Distribution of plankton relative to the general circulation system in the area of the Caribbean Sea and adjacent regions. pp. 343-356. En: UNESCO (Comps.) *Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions*. UNESCO. Paris.
- CASTELLANOS, I. A. y E. SUÁREZ-MORALES, 1997. Observaciones sobre el zooplankton de la zona arrecifal de Mahahual, Quintana Roo (Mar Caribe Mexicano). *Anales del Instituto de Biología, Univ. Nat. Autón. Méx., Ser. Zoología* 68(2):237-252.
- COWEN, R. K. y L. R. CASTRO, 1994. Relation of coral reef fish larval distributions to island scale circulation around Barbados, West Indies. *Bulletin of Marine Science* 54(1):228-244.
- DUCKLOW, H. W. y R. MITCHELL, 1979. Composition of mucus released by coral reef coelenterates. *Limnology and Oceanography* 24(4):706-714.
- EMILSSON, I., 1971. On the upper layer circulation in the Cayman Sea. pp. 343-356. En: UNESCO (Comps.). *Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and adjacent Regions*. UNESCO Press. París.
- GASCA, R., 1992. Heterópodos de la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo. pp.123-127. En: NAVARRO, D. y E. SUÁREZ-MORALES (eds.). *Diversidad Biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México II*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/SEDESOL. Chetumal, México.
- GASCA, R. e I. CASTELLANOS, 1993. Zooplankton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. *Revista de Biología Tropical* 41 (3): 291-297.
- GASCA, R. y E. SUÁREZ-MORALES, 1992. Pterópodos (Mollusca: Thecosomata) de la Bahía de la Ascensión, Reserva de Sian Ka'an. pp.115-121. En: NAVARRO, D. y E. SUÁREZ-MORALES (eds.). *Diversidad Biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México II*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/SEDESOL. Chetumal, México.
- GASCA, R. y E. SUÁREZ-MORALES, 1994. Zooplankton biomass fluctuations in a Mexican Caribbean bay during a year cycle. *Caribbean Journal of Science* 30 (1-2):116-123.
- GASCA, R., I. CASTELLANOS y E. SUÁREZ-MORALES, 1994. Análisis preliminar de una comunidad ecológica fronteriza: el zooplankton de la Bahía de Chetumal. pp. 119-132. En: SUÁREZ-MORALES, E. (Comps.). *Recursos Naturales en la Frontera México-Belice*. CIQRO/S.R.E. México.
- GASCA, J. N. ALVAREZ-CADENA y E. SUÁREZ-MORALES, 1996. Chaetognath assemblages in the Mexican Caribbean Sea (1991). *Caribbean Marine Studies* 5:41-50.
- GONZÁLEZ-MALPICA, J. C., 1991. Comparación del ictioplankton en tres habitats arrecifales frente a Punta Allen, Q. Roo. Rep. Serv. Social. UAM-Xochimilco. México. 122 p.
- GUTIÉRREZ, D., C. GARCÍA, M. LARA, C. PADILLA, J. PIZAÑA y R. MACÍAS, 1993. Caracterización de los arrecifes coralinos de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Q.Roo. *Sian Ka'an Ser. Documentos* 1:1-47.

- HAMNER, W. M. y J. H. CARLETON, 1979. Copepod swarms: attributes and role in coral reef ecosystems. *Limnology and Oceanography* 24(1):1-14.
- HAMNER, W. M. e I. R. HAURY, 1981. Effects of island mass: water flow and plankton pattern around a reef in the Great Barrier lagoon, Australia. *Limnology and Oceanography* 26(6):1084-1102.
- HOBSON, E. S., 1991. Trophic relationships of fishes specialized to feed on zooplankters above coral reefs. En: SALE, P.F. (Comps.). *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, Inc.:69-95.
- HUGHES, D. A., 1969. Responses of salinity change as a tidal transport mechanism of the pink shrimp *Penaeus duorarum*. *Biological Bulletin, Marine Biology Laboratory* 153:505-526.
- JOHANNES, R. E., 1967. Ecology of organic aggregates in the vicinity of a coral reef. *Limnology and Oceanography* 12(2):189-195.
- JOHANNES, R. E., 1978. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics. *Environmental Biology of Fishes* 3:65-84.
- JORDÁN, E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología., Univ. Nat. Autón. Méx.* 6(1):69-86.
- JORDÁN, E., 1988. Arrecifes profundos en la Isla Cozumel. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Univ. Nat. Autón. Méx.* 14:78-82.
- JORDÁN, E., 1990. Corales escleractíneos y gorgonáceos del ambiente coralino de Sian Ka'an. pp.127-130. En: NAVARRO, D. y J. G. ROBINSON (Comps.). *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. CIQRO. México.
- JORDÁN, E., 1994. *Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe Mexicano. Parte I. El sistema continental*. CIQRO/ICMyL-UNAM. México. 110 p.
- JORDÁN, E., M. MERINO, M. MORENO y E. MARTIN, 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp. Manila*. 2:303-308.
- KJERFVE, B., 1982. Water exchange across the reef crest at Carrie Bow Cay, Belize. pp. 59-63. En: RÜTZLER, K. y McINTYRE, I. G. (Comps.). *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. 1. Structure and communities*. Smithsonian Contributions to Marine Science, 12.
- KJERFVE, B., K. RÜTZLER y G. H. KIERSPE, 1982. Tides at Carrie Bow Cay, Belize. pp. 47-51. En: Rützler, K. y McIntyre, I. G. (eds.), *The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. 1. Structure and communities*. Smithsonian Contributions to Marine Science, 12.
- LARSON, R., 1991. Why jellyfish stick together. *Natural History* 10:66-71.
- LOBEL, P. S., 1978. Diel, lunar, and seasonal periodicity in the reproductive behavior of the pomacanthid *Centropyge potteri*, and some other fishes in Hawaii. *Pacific Science* 32:193-207.
- LOBEL, P. S., 1989. Ocean current variability and the spawning season of Hawaiian reef fishes. *Environmental Biology of Fishes* 24:161-171.
- LOUGH, G. R. y D. G. MOUNTAIN, 1996. Effect of small-scale turbulence on feeding rates of larval cod and haddock in stratified water on Georges Bank. *Deep-Sea Research* 43:1745-1772.
- MADHUPRATAP, M., C. T. ACHUTHANKUTTY y S. R. SREEKUMARAN NUR, 1991. Estimates of high absolute densities and emergence rates of demersal zooplankton from the Agatti Atoll, Laccadives. *Limnology and Oceanography* 36(3):585-588.
- MERINO, M., 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe Mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Univ. Nat. Autón. Méx.* 13(2):31-46.
- MERINO, M., 1992. Afloramiento en la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología., U.N.A.M. México, 255 p.
- MERINO, M. y L. OTERO, 1991. *Atlas ambiental costero. Puerto Morelos, Quintana Roo*. CIQRO/ICMyL-UNAM. México. 80 p.
- MICHAELS, A. F. y A. RUSSELL FLEGAL, 1990. Lead in marine planktonic organisms and pelagic food webs. *Limnology and Oceanography* 35(2):287-295.
- MOORE, E. y F. SANDER, 1976. Quantitative and qualitative aspects of zooplankton and breeding patterns of copepods at two Caribbean coral reef stations. *Estuarine and Coastal Marine Science* 4:589-607.
- MORALES, A. y M. M. MURILLO, 1996. Distribution, abundance and composition of coral reef zooplankton, Cahuita National Park, Limon, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44:619-630.
- PAGÉS, F. y J. M. GILL, 1992. Influence of Agulhas waters on the population structure of planktonic cnidarians in the Southern Benguela region. *Scientia Marina* 56:109-123.
- PORTER, J. W. y K. G. PORTER, 1977. Quantitative sampling of demersal plankton migrating from different coral reef substrates. *Limnology and Oceanography* 22(3):553-557.
- POWER, J. H., 1996. Simulations of the effect of advective-diffusive processes on observations of plankton abundance and population rates. *Journal of Plankton Research* 18:1881-1896.
- RENON, J. -P., 1993. Répartition du copépode planctonique *Undinula vulgaris* (Dana) dans trois types de milieux coralliens. *Annals d'Institute Océanographique, Paris*. 69: 239-247.

- RICHMAN, S., Y. LOYA y L. B. SLOBODKIN, 1975. The rate of mucus production by corals and its assimilation by the coral reef copepod *Acartia negligens*. *Limnology and Oceanography* 20(6):918-923
- ROGERS, C. S., 1979. The productivity of San Cristobal Reef, Puerto Rico. *Limnology & Oceanography*, 24(2):342-349.
- STEELE, J. H. y E. W. HENDERSON, 1994. Coupling between physical and biological scales. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*. 343: 5-9.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1990a. Notas sobre la comunidad zooplanctónica de la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, Mexico. *Universidad y Ciencia*. 7(14):141-146.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1990b. Copépodos planctónicos de la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. pp.215-238. En: NAVARRO, D. y J. ROBINSON (Comps). *Diversidad Biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. CIQRO/Univ. Florida.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1993a. *Monstrilla reidae*, a new species of monstrilloid copepod from the Caribbean Sea off Mexico. *Bulletin of Marine Science* 52(2):717-720.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1993b. Two new monstrilloids (Copepoda: Monstrilloidea) from the eastern coast of the Yucatan Peninsula. *Journal of Crustacean Biology* 13(2):349-356.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1993c. A new species of *Thaumaleus* (Copepoda: Monstrilloidea) from the Eastern coast of the Yucatan Peninsula. *Crustaceana*. 64(1):85-89.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1994a. *Thaumaleus quintanarooensis*, a new monstrilloid copepod from the Mexican coasts of the Caribbean Sea. *Bulletin of Marine Science* 54(2):381-384.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1994b. Comunidades zooplanctónicas en las lagunas costeras mexicanas. pp. 247-268. En: DE LA LANZA-ESPINO, G. y C. CASARES (Comps.). *Lagunas costeras de México*. Instituto de Biología, U.N.A.M./ Universidad Autónoma de Baja California. México.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1994c. Lista faunística comentada de los copépodos monstrilloides (Crustacea, Copepoda) de la Bahía de la Ascensión, Q.Roo. *Sian Ka'an, Ser. Documentos*. 2:11-17.
- SUÁREZ-MORALES, E., 1994d. Copépodos pláncnicos de la Bahía de Chetumal, México (1990-1991). *Caribbean Journal of Science* 30:181-188
- SUÁREZ-MORALES, E., 1994e. *Monstrilla elongata*, a new monstrilloid copepod (Crustacea: Copepoda: Monstrilloidea) from a reef lagoon of the Caribbean coast of Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 107 (2):262-267.
- SUÁREZ-MORALES, E. y R. GASCA, 1990. Variación dial del zooplankton asociado a las praderas de *Thalassia testudinum* en una laguna arrecifal del Caribe Mexicano. *Universidad y Ciencia* 7(13): 57-64.
- SUÁREZ-MORALES, E. y R. GASCA, 1992. A new species of *Monstrilla* from the coastal zone of the Mexican Caribbean Sea. *Crustaceana* 63(3):301-305.
- SUÁREZ-MORALES, E., R. M. HERNÁNDEZ y R. GASCA, 1990. Quetognatos (Chaetognatha) de la Bahía de la Ascensión, Reserva de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. pp.137-146. En: NAVARRO, D. y J. ROBINSON (eds). *Diversidad Biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. CIQRO/ Univ. Florida.
- SUÁREZ-MORALES, E. y R. GASCA, 1996. Planktonic copepods of Bahía de la Ascensión, Caribbean coast of Mexico: a seasonal survey. *Crustaceana* 69: 162-174.
- SUÁREZ-MORALES, E. y R. GASCA, 1997. Copépodos (Crustacea) de aguas superficiales del Mar Caribe Mexicano. *Revista de Biología Tropical* 45(4):1523-1529.
- SUÁREZ-MORALES, E. y M. E. ISLAS-LANDEROS, 1993. A new species of *Monstrilla* (Copepoda: Monstrilloidea) from a reef lagoon off the Mexican coast of the Caribbean Sea. *Hydrobiologia* 271:45-48.
- SUÁREZ-MORALES, E., L. VÁSQUEZ, R. GASCA, A. GONZÁLEZ, R. M. HERNÁNDEZ e I. CASTELLANOS, 1991. Fauna planctónica. pp. 92-116. En: CAMARENA-LUHRS, T. y S. SALAZAR-VALLEJO (eds.). *Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Chetumal, México.
- SUÁREZ-MORALES, E., L. SEGURA-PUERTAS y R. GASCA, 1995. Medusas (Cnidaria: Hydrozoa) de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Caribbean Journal of Science* 31:243-251.
- SUÁREZ-MORALES, E., M. O. ZAMPONI y R. GASCA, 1997. Hydromedusae (Cnidaria: Hydrozoa) of Bahía de la Ascensión, Caribbean coast of Mexico: a seasonal survey. *Proc. 6th International Conference on Coelenterate Biology, National Natuurhistorisch Museum, Leiden*. :465-472.
- THRESHER, R. E., 1983. Environmental correlates of the distribution of planktivorous fishes in the One Tree Reef lagoon. *Marine Ecology Progress Series* 10:137-145.
- UEDA, H., A. KUWAHARA, M. TANAKA y M. AZETA, 1983. Underwater observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. *Marine Ecology Progress Series* 11:165-171.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, L., W. J. RICHARDS y M. A. GONZÁLEZ, 1992. Fish larvae of Quintana Roo coastal and offshore waters. pp. 287-303. En: D. NAVARRO y E. SUÁREZ-MORALES (Comps.). *Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Vol. II. CIQRO-Sedesol. México.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, L., U. ORDÓÑEZ-LÓPEZ y E. SOSA, 1997. Fish larvae associated to coral reef in Mahahual, México. *Bulletin of Marine Science* 61(2): en prensa.

- WIAFE, G. y L. J. FRID, 1996. Short term variation in coastal zooplankton communities: the relative importance of physical and biological mechanisms. *Journal of Plankton Research* 18:229-236.
- WILLIAMS, D. MCB., E. WOLANSKI y J. C. ANDREWS, 1984. Transport mechanisms and the potential movement of plankton larvae in the central region of the Great Barrier Reef. *Coral Reef Research* 3:229-236.
- WILLIAMS, D. MCB., P. DIXON y S. ENGLISH, 1988. Cross-shelf distribution of copepods and fish larvae across the central region of the Great Barrier Reef. *Marine Biology* 99:577-589.
- YOUNG, P. C. y S. M. CARPENTER, 1979. Recruitment of postlarval penaeid prawns to nursery areas in Moreton Bay. *Queensland Australia Journal of Marine and Freshwater Research* 28:745-773.
- ZAMPONI, M. O. y E. SUÁREZ-MORALES, 1991. Algunas hidromedusas del Mar Caribe mexicano, con la descripción de *Tetraotopora siankanensis* gen. et sp. nov. (Narcomedusae: Aeginidae). *Spheniscus* 9:41-46.
- ZAMPONI, M. O., E. SUÁREZ-MORALES y R. GASCA, 1990. Hidromedusas (Hydrozoa) y Escifomedusas (Scyphozoa) de la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. pp.100-108. En: NAVARRO, D. y J. ROBINSON (Comps.). *Diversidad Biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. CIQRO/Univ. Florida.

Recibido: 30 de marzo de 1997.

Aceptado: 9 de diciembre de 1997.