

Siguiendo el patrón usual: Migración vertical dial de los copépodos calanoides en el estrato superficial (0-100 m) del Mar Caribe Occidental (enero, 2007)

Following the usual pattern: Diel vertical migration of calanoid copepods in surface waters (0-100 m) of the western Caribbean Sea (January, 2007)

Saúl Rosales-Saldivar¹, Eduardo Suárez-Morales^{1,2*}, Laura Carrillo², Rebeca Gasca³ y Lourdes Vásquez-Yeomans²

¹Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, México

²El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal, Av. Centenario Km 5.5, Chetumal, Quintana Roo 77014, México

³Jubilada, México

*Autor corresponsal: esuarz@ecosur.mx

Abstract. Marine zooplankton performs diel vertical migration (DVM), a widespread behavioral pattern characterized by descent to deeper waters during the day and ascent to surface layers at night. Based on stratified vertical sampling of the upper 100 m, the vertical migration patterns of the calanoid copepod (CC) community of the Mexican and Belizean Caribbean (MCMB) were examined. Forty-eight diurnal and nocturnal zooplankton samples were obtained from 12 sites across three hydrographically distinct zones and four depth strata (0-25, 25-50, 50-75, and 75-100 m). Eighty-three CC species were identified. Statistically significant differences were found between hydrographic zones: the southern zone was distinguished from the other two by the influence of the Honduras Gyre and by the occurrence of mesopelagic species in the deepest stratum. In addition, the female:male ratio (1:0.49) was significantly higher in the 25-50 m layer. The analysis also revealed weak effects of temperature, fluorescence, and O₂ concentrations in the vertical strata. Hydrographic discontinuities in the north-central zones and also in the deepest two strata were linked to high values of CC diversity and abundance, respectively. As expected, the main migratory pattern observed in the dominant species (*Clausocalanus furcatus*, *Euchaeta marina*, *Haloptilus longicornis*, *Lucicutia flavicornis*, *Nannocalanus minor*, and *Undinula vulgaris*) and in total CC abundance in the MCMB coincides with the characteristics and dynamics of conventional DVM. However, secondary variants were also observed, including non-migratory species, weak and strong migrants, and upwelling-related species.

Key words: Zooplankton, copepods, daily vertical distribution, Caribbean Sea

Resumen. El zooplancton marino realiza una migración vertical diaria (DVM) siguiendo un patrón generalizado que implica la inmersión a aguas más profundas durante el día y emersión nocturna a capas superficiales. Con base en muestras estratificadas se estudiaron los patrones migratorios a pequeña escala de la comunidad de copépodos calanoides (CC) en los 100 m superiores de aguas oceánicas del Caribe mexicano y beliceño (MCMB). Se analizaron 48 muestras de zooplancton diurnas y nocturnas obtenidas de 12 sitios en cuatro estratos (0-25, 25-50, 50-75, 75-100 m) incluyendo tres sectores hidrográficamente distintos. Se identificaron 83 especies de CC. Se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas hidrográficas, con la zona sur diferenciándose de las otras dos debido a la influencia del Giro de Honduras y a la presencia de especies mesopelágicas en el estrato más profundo. Además, la proporción de hembras:machos (1:0.49) fue significativamente mayor en el estrato de 25-50 m. El análisis reveló débiles efectos de temperatura, fluorescencia y concentraciones de oxígeno disuelto en los estratos verticales. Las discontinuidades hidrográficas de las zonas norte-centro y también del estrato más profundo se vincularon a elevados valores de diversidad y abundancia de CC, respectivamente. Acorde a lo esperado, el principal patrón migratorio observado en el comportamiento de las especies dominantes (i.e., *Clausocalanus furcatus*, *Euchaeta marina*, *Haloptilus longicornis*, *Lucicutia flavicornis*, *Nannocalanus minor*, *Undinula vulgaris*) y las abundancias totales de CC en el MCMB coincide con las características y dinámica del DVM convencional, con algunas variantes secundarias, como especies no migrantes, migrantes débiles y fuertes, así como especies relacionadas con surgencia. La amplia distribución y dominancia de las especies comunes y su diversidad trófica parece ser un factor estabilizador de la comunidad local de CC en los 100 m superiores del MCMB.

Palabras clave: Zooplancton, copépodos, migración vertical diaria, Mar Caribe

Información del artículo

Recibido: 25/03/2024

Aceptado: 18/06/2025

Editor responsable: Pilar Muñoz Muga

La revisión por pares es responsabilidad del equipo editorial RBMO-UV y en modalidad doble ciego

Cómo citar en estilo RBMO

Rosales-Saldivar S, E Suárez-Morales, L Carrillo, R Gasca & L Vásquez-Yeomans. 2025. Siguiendo el patrón usual: Migración vertical dial de los copépodos calanoides en el estrato superficial (0-100 m) del Mar Caribe Occidental (enero, 2007). Revista de Biología Marina y Oceanografía 60(2): 64-85. <<https://doi.org/10.22370/rbmo.2025.60.2.5793>>

INTRODUCCIÓN

Los copépodos pelágicos forman parte esencial de la dieta de etapas larvarias y juveniles de peces, muchos de ellos con valor comercial (Campos-Hernández & Suárez-Morales 1994, Llopiz & Hobday 2015, Tilley *et al.* 2016). En particular, los copépodos calanoides (CC) son el grupo más abundante del zooplancton marino y determinan la dinámica trófica de los océanos, incluyendo la migración



vertical dial (DVM) (Hays 2003, Ohman & Romagnan 2015), un proceso en que el zooplancton tiende a descender a capas más profundas durante el día y a ascender en la noche como resultado de diferentes factores que incluyen la depredación, competencia y alimentación (Bollens & Frost 1991, Ohman & Romagnan 2015, Bandara *et al.* 2021). Las variaciones en su estructura comunitaria se encuentran estrechamente vinculadas a procesos bióticos y abióticos regionales; por ello, su estudio permite comprender la dinámica general del zooplancton, su predominio en las capas dispersoras profundas (Kinzer 1969) y los patrones de DVM. La variabilidad física es una característica inherente al ambiente pelágico y las respuestas de los organismos pelágicos como los CC a estos cambios hidrográficos definen su distribución, abundancia y supervivencia.

Estos fenómenos podrían afectar la migración vertical; sin embargo, bajo condiciones estables, su influencia sobre la productividad (Monreal *et al.* 2004) y sobre los ciclos usuales de DVM sería limitada.

Los CC poseen una notable capacidad de migración vertical (Yamaguchi *et al.* 2015), lo que está relacionado con su talla corporal, tipo de alimentación y procesos biológicos como competencia y depredación (Hays 2003, Pasternak *et al.* 2006, Ohman & Romagnan 2015, Bandara *et al.* 2021). Los factores ambientales como la luz, temperatura, oxígeno disuelto y salinidad también intervienen en los procesos de migración vertical (Hopcroft & Roff 1998, Hernández-Trujillo & Álvarez-Silva 1999, Leising & Franks 2000).

Debido a su alta abundancia, los CC constituyen el grupo que determina este patrón de DVM (Easson *et al.* 2020). Sin embargo, las principales características y variabilidad de la migración vertical a pequeña escala (*i.e.*, 0-100 m) siguen siendo desconocidas para la mayoría de los CC, particularmente en latitudes tropicales. Se ha propuesto que las especies epipelágicas tropicales y subtropicales presentan migraciones verticales de menor magnitud (Owre & Foyo 1967), pero su comportamiento a escalas reducidas, en el estrato más superficial, permanece casi desconocido debido al tipo de redes, es decir con ausencia de sistemas de muestreo estratificado, que se han usado regularmente en el estudio del zooplancton (Bandara *et al.* 2021). La notable abundancia y diversidad de los CC puede determinar los patrones de migración de la comunidad del zooplancton epipelágico en su conjunto.

Los estudios previos sobre los CC epipelágicos del Caribe mexicano y beliceño (MCMB) se basan en muestreos no estratificados entre los 0-200 m de profundidad, lo que implica una pérdida de información valiosa en cada esfuerzo de muestreo, particularmente en el estrato superior (0-100 m) de la zona epipelágica.

Con el objetivo de determinar si la dinámica de migración vertical de los CC en el área estudiada corresponde al patrón usual esperado de DVM o bien a patrones más complejos (Fernández de Puelles *et al.* 2023), se analizó la composición, abundancia y estructura de la comunidad de CC en estratos de profundidad simétricos del Mar Caribe Occidental. Además, se evaluó si este patrón es homogéneo bajo las distintas condiciones hidrográficas presentes en el área de estudio, considerando que los CC constituyen el grupo más abundante del zooplancton. El reconocimiento de sus patrones de distribución vertical es una información relevante para determinar su relación con otros grupos del zooplancton (Stefanoudis *et al.* 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El área analizada forma parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), que, con una cobertura de más de 1.000 km, es el conjunto transfronterizo de sistemas arrecifales más extenso del mundo y el segundo arrecife de barrera más largo del mundo (Ardisson *et al.* 2011). El MCMB se ubica en la sección norte del SAM, entre las coordenadas 16°14'-21°30'N; 86°59'-88°22'O (Fig. 1) y su batimetría está marcada por una estrecha plataforma topográficamente compleja y adyacente a profundidades de más de 3.000 m (Bezaury-Creel *et al.* 2011). En su zona oceánica recibe la influencia de las Corrientes de Caimán y de Yucatán (Fig. 2); esta circulación es parte del Giro Subtropical del Atlántico Norte (Corriente Norecuatorial), forzada por el viento y advección de aguas del Atlántico Norte, que genera ciclones y anticiclones hacia la cuenca del Mar Caribe (Monreal *et al.* 1999, Okolodkov 2003), favoreciendo así un perfil oceánico en el área del MCMB (Monreal *et al.* 1999, Carrillo *et al.* 2015, 2016), que forma tres zonas (norte, centro y sur) de acuerdo a sus características hidrográficas (Sheng *et al.* 2007, Carrillo *et al.* 2015, 2016). En general, la estructura vertical termohalina del MCMB muestra la distribución típica de las regiones subtropicales y tropicales del Atlántico; en la superficie yace la capa de agua superficial del Caribe (CSW), formada a partir de la modificación del agua subsuperficial Subtropical (SUW) por escorrentía y calentamiento de la superficie (Carrillo *et al.* 2016).

OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

Se realizó un crucero oceanográfico (GU0701, NOAA) a bordo del B/O Gordon Gunter de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) durante enero 2007, en la zona oceánica del MCMB. Las muestras de zooplancton analizadas fueron obtenidas tanto en periodos diurnos como nocturnos en tres zonas diferentes del MCMB, cada una caracterizada por condiciones hidrográficas particulares (Figs. 1 y 2), mediante arrastres verticales estratificados realizados en cuatro intervalos de profundidad: 0-25 m, 25-50 m, 50-75 m y 75-100 m.

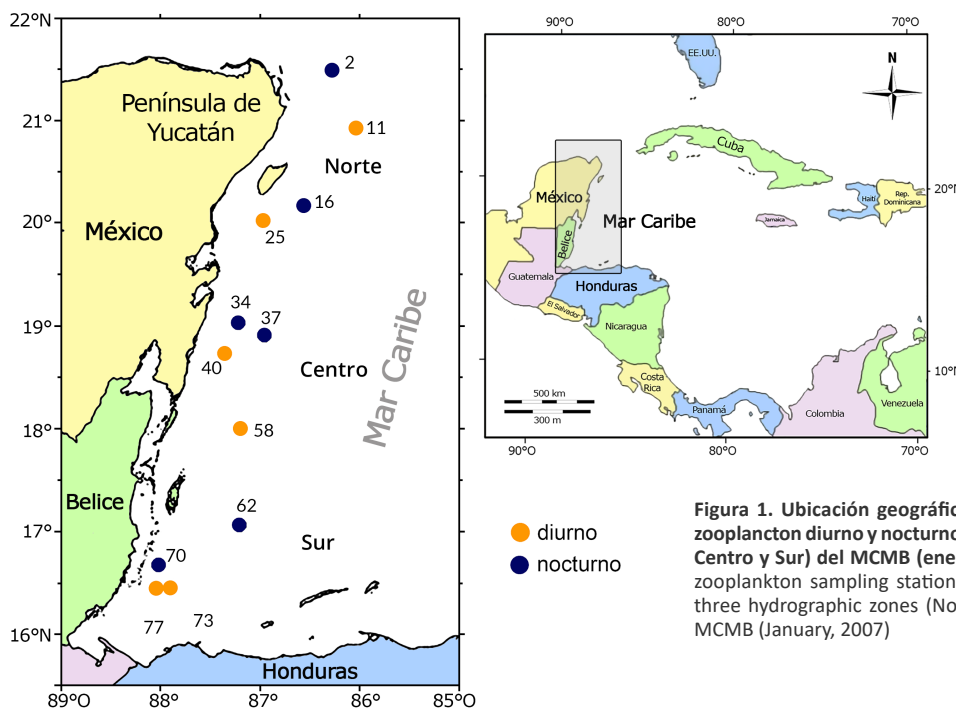


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de zooplancton diurno y nocturno en las tres zonas hidrográficas (Norte, Centro y Sur) del MCMB (enero, 2007) / Geographic location of the zooplankton sampling stations (daytime and nighttime) across the three hydrographic zones (Northern, Central, and Southern) of the MCMB (January, 2007)

Se utilizó una red múltiple tipo MOCNESS-1 con boca de 1 m², malla filtrante de 333 µm de luz y equipada con flujómetro digital (promedio de agua filtrada= 593 ± 115 m³) (Parra-Flores & Gasca 2009). Este sistema de redes múltiples, que cuenta con mecanismos de apertura y cierre y sensores ambientales, permite recolectar zooplancton de manera eficiente a profundidades específicas, tanto en términos de biomasa como de diversidad de grupos (Wiebe *et al.* 1985, Strand *et al.* 2022). Las muestras de zooplancton fueron fijadas y preservadas en etanol al 95% que 24 h después fue renovado para asegurar una óptima preservación del zooplancton.

DATOS HIDROGRÁFICOS

En cada estación se efectuaron lances de CTD (por sus siglas en inglés, Conductivity, Temperature and Depth) utilizando un sistema Sea-Bird Electronics (SBE 911 Plus), configurado con sensores duales de temperatura (SBE 3), conductividad (SBE 4) y oxígeno disuelto (SBE 43), además de un fluorómetro (WET Labs ECO FL) y un altímetro. Posterior al crucero se procesaron los datos de CTD utilizando el paquete de software de procesamiento de datos SBE (Seabirds para Windows)¹. Particularmente, se eliminaron los datos fuera de los intervalos especificados por el fabricante; se corrigió el desfase temporal entre las señales de los sensores de temperatura y conductividad mediante la aplicación de un retraso de 0,05 s; se redujo el ruido aplicando filtros pasa-bajo de 0,03 s, y 0,15 s; y se eliminaron las inversiones de presión (*loop edit*).

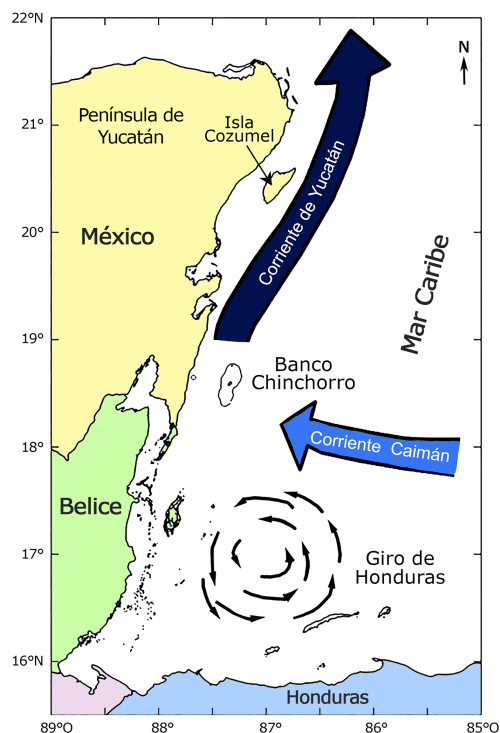


Figura 2. Corrientes oceánicas y giros presentes en el MCMB (enero, 2007) / Oceanic currents and eddies present in the MCMB (January, 2007)

¹ Sea-Bird Scientific Fathom. Sea-Bird Scientific <<https://software.seabird.com/>>

Se derivaron los parámetros de salinidad, densidad, oxígeno disuelto y profundidad con la función 'derive'. Finalmente, los datos fueron promediados para obtener valores a intervalos de un decibar (~ 1 m) de profundidad. Los parámetros se encuentran en las unidades convencionales para agua de mar estándar, usando TEOS-10: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (g kg^{-1}), densidad (kg m^{-3}), oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y fluorescencia (mg m^{-3}). La dinámica y estructura hidrográfica del área de estudio han sido descritas y analizadas previamente en trabajos derivados de la campaña examinada (Muhling *et al.* 2013, Carrillo *et al.* 2015, 2016; Martínez *et al.* 2019, Domínguez-Nava *et al.* 2021). Por ello, en el presente estudio se incluye sólo la información relevante para sustentar los análisis e interpretaciones.

ANÁLISIS BIOLÓGICO Y ESTADÍSTICO

Para cuantificar e identificar las especies de los CC (adultos) se fraccionaron a 1/16 las muestras originales y se utilizaron las claves, descripciones e ilustraciones de Owre & Foyo (1967), Park (1993), Campos-Hernández & Suárez-Morales (1994) y Razouls *et al.* (2005-2025). Se obtuvo la abundancia de cada especie registrada, la cual fue estandarizada a org. 1000 m^{-3} considerando el volumen de agua filtrada por la red. Se realizó un análisis de frecuencia relativa (F); las especies con frecuencia $\geq 1\%$ en la columna de agua se consideraron comunes en el área; mientras que aquellas con una frecuencia $< 1\%$ se definieron como exclusivas al haber sido observadas sólo en algunas estaciones o estratos (Rocha *et al.* 2007). De esta manera, el análisis de frecuencias incluyó a todas las especies presentes en las muestras.

Para determinar el grado de dispersión de los datos hidrográficos obtenidos, se empleó el coeficiente de variación (CV) (Wayne & Cross 2013) y se realizó un análisis de distribución normal (prueba de Shapiro-Wilks). La abundancia de las especies en la zonas y estratos estudiados se transformaron a $\log_{10}(x+1)$ (Hammer 2019).

Para observar diferencias entre la abundancia de copépodos en el día y noche, entre estaciones y estratos, se realizó un análisis de ANOSIM de una vía, $H_0: \sigma_{21} = \sigma_{22} = \sigma_{23} \dots$, $H_a: \sigma_{21} \neq \sigma_{22} \neq \sigma_{23} \dots$, y entre pares bajo criterios de Bray-Curtis (Wayne & Cross 2013, Hammer 2019).

Se obtuvo la diversidad de los CC con el índice de Shannon-Wiener (H'), así como la riqueza (S), equitatividad (J) y la dominancia (D) (Hammer 2019).

La estructura de la comunidad de CC se determinó mediante el grado de similitud y disimilitud (cluster) en relación con la abundancia de las especies, aplicando los criterios de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957, Kutner *et al.* 2005, Rocha-Ramírez *et al.* 2007, Rencher & Christensen 2012, Hammer 2019).

Se realizó un análisis de similitud (SIMPER) con los datos de abundancia (Bray-Curtis), identificando las especies que contribuyen a la disimilitud entre las diferentes agrupaciones obtenidas (Bray & Curtis 1957, Rocha-Ramírez *et al.* 2007, Hammer 2019). Para visualizar los datos de abundancia de CC en relación con las variables ambientales se efectuó un análisis de componentes principales (PCA), un método frecuentemente aplicado en estudios de zooplancton marino que permite visualizar patrones de manera simplificada (Pitchaikani & Lipton 2017). Las relaciones entre las abundancias de CC y variables ambientales se determinaron considerando los criterios de correlación de Spearman para datos no paramétricos (Kutner *et al.* 2005, Hammer 2019), previo a la aplicación del PCA.

El análisis realizado permitió representar la estructura de la comunidad local de CC a lo largo del gradiente de profundidad mediante un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (Rocha-Ramírez *et al.* 2007, Rencher & Christensen 2012, Greenacre 2017, Hammer 2019). Se utilizaron para estos análisis los paquetes estadísticos Sigma Stat®, Past 3.25 y Microsoft Excel® 2016.

RESULTADOS

ZONACIÓN HIDROGRÁFICA DEL MCMB

Con base en la zonación hidrográfica previamente descrita para el MCMB, el área de estudio se organizó en tres zonas: norte, centro y sur. Esta clasificación permitió comparar la abundancia y composición de los copépodos calanoides entre sectores hidrográficamente diferenciados. Los datos hidrográficos correspondientes a cada una de estas zonas se presentan en la Tabla 1.

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DEL MCMB (ENERO 2007)

Durante el periodo estudiado, la zona norte del MCMB registró una temperatura promedio de $26,37^{\circ}\text{C}$, salinidad de $36,12 \text{ g kg}^{-1}$, densidad media de $23,75 \text{ kg m}^{-3}$, oxígeno disuelto de $4,16 \text{ mg L}^{-1}$, fluorescencia de $0,5909 \text{ mg m}^{-3}$ y una abundancia media de CC de 10.052 ± 8.042 org. 1000 m^{-3} . En la zona centro, los valores promedio fueron $27,04^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $36,02 \text{ g kg}^{-1}$ de salinidad, $23,48 \text{ kg m}^{-3}$ de densidad media, $4,31 \text{ mg L}^{-1}$ de oxígeno disuelto, $1,21 \text{ mg m}^{-3}$ de fluorescencia y una abundancia media de CC de $11.328,5 \pm 6.127$ org. 1000 m^{-3} . Por su parte, la zona sur presentó una temperatura promedio de $26,73^{\circ}\text{C}$, salinidad de $35,96 \text{ g kg}^{-1}$, densidad media de $23,52 \text{ kg m}^{-3}$, oxígeno disuelto de $4,26 \text{ mg L}^{-1}$, fluorescencia de $1,217 \text{ mg m}^{-3}$ y una abundancia media de CC de $10.925,5 \pm 9.930,91$ org. 1000 m^{-3} (Tablas 1 y 2). La masa de agua muestreada entre 0-100 m correspondió al perfil hidrográfico de aguas superficiales del océano Atlántico tropical (CSW) (Parra-Flores & Gasca 2009, Carrillo *et al.* 2016).

Tabla 1. Parámetros hidrográficos en las zonas norte, centro y sur durante muestreos nocturnos de zooplancton. En los estratos analizados (0-100 m) se presentan los valores de las variables ambientales en el MCMB (enero, 2007) / Hydrographic parameters in the northern, central, and southern zones during nocturnal zooplankton sampling. Environmental variables across the 0-100 m depth strata in the MCMB (January, 2007) are shown

Zona	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (g kg ⁻¹)	Densidad (kg m ⁻³)	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	Fluorescencia (mg m ⁻³)
Norte	0	27,37 ± 27,49	35,83 ± 35,87	23,19 ± 23,25	4,33 ± 4,40	0,07 ± 0,08
	25	27,37 ± 27,39	35,80 ± 35,88	23,20 ± 23,26	4,42 ± 4,44	0,08 ± 1,06
	50	26,06 ± 27,37	35,80 ± 36,46	23,20 ± 24,10	3,94 ± 4,42	0,10 ± 1,14
	75	24,63 ± 27,30	36,05 ± 36,61	23,41 ± 24,67	3,76 ± 4,23	0,09 ± 1,40
	100	23,40 ± 25,04	36,66 ± 36,75	24,58 ± 25,15	3,56 ± 3,74	0,09 ± 1,31
Centro	0	27,18 ± 27,28	35,94 ± 35,96	23,34 ± 23,38	4,42 ± 4,43	0,95 ± 1,20
	25	27,18 ± 27,29	35,94 ± 35,98	23,33 ± 23,40	4,44 ± 4,46	0,98 ± 1,18
	50	27,18 ± 27,30	35,94 ± 36,02	23,33 ± 23,44	4,44 ± 4,47	1,06 ± 1,22
	75	26,90 ± 27,16	36,09 ± 36,16	23,50 ± 23,57	4,27 ± 4,43	1,19 ± 1,28
	100	26,47 ± 27,06	36,27 ± 36,35	23,66 ± 23,91	3,97 ± 4,08	1,49 ± 1,52
Sur	0	27,03 ± 27,11	35,61 ± 35,70	23,17 ± 23,21	4,43 ± 4,41	1,03 ± 1,07
	25	27,06 ± 27,27	35,65 ± 35,66	23,13 ± 23,19	4,42 ± 4,45	1,00 ± 1,04
	50	27,28 ± 27,31	35,87 ± 35,87	23,27 ± 23,287	4,33 ± 4,42	1,12 ± 1,41
	75	26,48 ± 27,16	36,10 ± 36,39	23,50 ± 23,93	3,97 ± 4,40	1,25 ± 1,57
	100	24,37 ± 24,95	36,68 ± 36,74	24,62 ± 24,84	3,68 ± 3,75	1,23 ± 1,26

Tabla 2. Parámetros hidrográficos en las zonas norte, centro y sur durante muestreos diurnos de zooplancton. En los estratos analizados (0-100 m) se presentan los valores de las variables ambientales en el MCMB (enero, 2007) / Hydrographic parameters in the northern, central, and southern zones during daytime zooplankton sampling. Environmental variables across the 0-100 m depth strata in the MCMB (January, 2007) are shown

Zona	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (g kg ⁻¹)	Densidad (kg m ⁻³)	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	Fluorescencia (mg m ⁻³)
Norte	0	27,02 ± 27,04	35,67 ± 35,72	23,22 ± 23,24	4,44 ± 4,50	0,0790 ± 1,06
	25	26,98 ± 27,42	35,70 ± 35,86	23,23 ± 23,25	4,43 ± 4,46	0,0805 ± 1,10
	50	26,93 ± 27,42	35,71 ± 35,86	23,23 ± 23,27	4,43 ± 4,45	0,0822 ± 1,25
	75	25,91 ± 26,80	36,29 ± 36,34	23,79 ± 24,04	3,98 ± 4,02	0,1460 ± 1,28
	100	23,23 ± 25,24	36,63 ± 36,83	24,50 ± 25,23	3,54 ± 3,72	0,1021 ± 1,15
Centro	0	27,07 ± 27,23	35,49 ± 35,51	23,01 ± 23,08	4,08 ± 4,46	0,9908 ± 0,99
	25	27,27 ± 27,28	35,93 ± 35,94	23,33 ± 23,34	4,43 ± 4,45	1,0552 ± 1,06
	50	27,27 ± 27,28	35,93 ± 35,94	23,33 ± 23,34	4,42 ± 4,44	1,1078 ± 1,13
	75	27,20 ± 27,28	35,95 ± 36,08	23,35 ± 23,47	4,29 ± 4,43	1,1828 ± 1,53
	100	24,94 ± 26,79	36,37 ± 36,68	23,82 ± 24,63	3,76 ± 4,04	1,4632 ± 1,55
Sur	0	27,01 ± 27,01	35,60 ± 35,60	23,17 ± 23,17	4,46 ± 4,46	1,0310 ± 1,03
	25	27,07 ± 27,14	35,59 ± 35,64	23,11 ± 23,18	4,42 ± 4,47	1,0650 ± 1,19
	50	27,12 ± 27,13	35,68 ± 35,70	23,19 ± 23,21	4,41 ± 4,44	1,1768 ± 1,26
	75	27,14 ± 27,20	35,89 ± 36,13	23,33 ± 23,53	4,35 ± 4,32	1,2595 ± 1,62
	100	25,88 ± 25,88	36,53 ± 36,53	24,22 ± 24,22	3,76 ± 3,76	1,3480 ± 1,34

COMUNIDAD DE COPÉPODOS

Los CC fueron el grupo más abundante en las muestras de zooplancton examinadas, por encima de otros órdenes de copépodos planctónicos: Cyclopoida (17%) y Harpacticoida (<1%). Los individuos adultos (44%) y juveniles (39%) de Calanoida representaron, en conjunto, el 83% del total de los copépodos recolectados.

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE CC

Se identificaron 83 especies de CC pertenecientes a 40 géneros y 19 familias.

La comunidad local de CC incluyó 51% de especies con afinidad tropical-subtropical y 48% de especies que alcanzan latitudes mayores, de acuerdo con datos de Turner *et al.* (1984), Suárez-Morales *et al.* (2009) y Benedetti *et al.* (2016). De estas especies, 18% son epipelágicas, 40% epi-mesopelágicas que migran por debajo de los 200 m y hasta los 400-500 m y 33% son meso-batipelágicas, que alcanzan aún mayores profundidades. Se encontró sólo una especie típica de ambientes costeros someros, *Acartia tonsa* Dana, 1849. La comunidad de CC estuvo compuesta principalmente por formas omnívoras-herbívoras (72%), seguidas por formas carnívoras (28%) (Tabla 3).

Tabla 3. Especies de copépodos calanoides (CC) registradas en el MCMB (enero de 2007). Se incluye información sobre la categoría trófica (OMN= omnívoro; CAR= carnívoro; HER= herbívoro), afinidad biogeográfica (TF= tropical-fría; TT= tropical-templada; TST= tropical-subtropical; TR= tropical) y distribución batimétrica (EPI= epipelágica; EPIMS= epipelágica-mesopelágica; EPIBT= epipelágica-batipelágica; COSTNR= costera-nerítica). Los datos de distribución se basan en Razouls *et al.* (2005-2025), Suárez-Morales *et al.* (2009) y Scott-Frías *et al.* (2023). Las especies se presentan ordenadas alfabéticamente por familia / Calanoid copepods (CC) species recorded in the MCMB (January, 2007). Information on trophic category (OMN= omnivorous; CAR= carnivorous; HER= herbivorous), biogeographic affinity (TF= tropical-cold; TT= tropical-temperate; TST= tropical-subtropical; TR= tropical), and bathymetric distribution (EPI= epipelagic; EPIMS= epipelagic-mesopelagic; EPIBT= epipelagic-bathypelagic; COSTNR= coastal-neritic) is included. Distributional data are based on Razouls *et al.* (2005-2025), Suárez-Morales *et al.* (2009), and Scott-Frías *et al.* (2023). Species are arranged alphabetically by family

Especies	Categoría trófica	Afinidad biogeográfica	Distribución batimétrica	Proporción de sexos ♀:♂
Acartiidae				
<i>Acartia (Acartia) danae</i>	OMN	TF	EPI	1:0
<i>Acartia (Acanthcartia) spinata</i>	OMN	TR	EPI	1:0
<i>Acartia (Acanthcartia) tonsa</i>	OMN	TT	COSTNR	0,03:1
Aetideidae				
<i>Aetideus acutus</i>	CAR	TST	EPIMS	1:0
<i>Aetideus armatus</i>	CAR	TF	EPIMS	1:0
<i>Euchirella amoena</i>	HER	TT	EPIMS	1:0,015
<i>Euchirella curticauda</i>	HER	TT	EPIMS	1:0
<i>Euchirella messinensis</i>	HER	TT	EPIMS	1:0
<i>Euchirella pulchra</i>	HER	TST	EPIMS	1:0
<i>Euchirella rostrata</i>	HER	TF	EPIMS	1:0
<i>Euchirella venusta</i>	HER	TST	EPIMS	1:0,47
<i>Chirundina streetsii</i>	HER	TT	EPIMS	1:0,23
<i>Undeuchaeta plumosa</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0
Augaptilidae				
<i>Augaptilus longicaudatus</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0
<i>Haloptilus acutifrons</i>	OMN	TF	EPIBT	1:0
<i>Haloptilus fertilis</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0
<i>Haloptilus longicornis</i>	OMN	TF	EPIBT	1:0,001
<i>Haloptilus mucronatus</i>	OMN	TST	EPIBT	1:0
<i>Haloptilus ornatus</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,62
<i>Haloptilus spiniceps</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0
Calanidae				
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	HER	TT	EPIBT	1:0
<i>Namocalanus minor</i>	OMN	TF	EPIMS	1:0,51
<i>Neocalanus gracilis</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0
<i>Neocalanus robustior</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,04
<i>Undinula vulgaris</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,68
Candaciidae				
<i>Candacia bispinosa</i>	CAR	TST	EPIMS	1:0,59
<i>Candacia curta</i>	CAR	TST	EPIBT	1:0,31
<i>Candacia pachydactyla</i>	CAR	TST	EPIBT	1:0,91
<i>Candacia paenelongimana</i>	CAR	TR	EPIMS	1:0,21
<i>Candacia simplex</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0,8
<i>Candacia varicans</i>	CAR	TST	EPIMS	1:0
Centropagidae				
<i>Centropages bradyi</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0,57
<i>Centropages caribbeanensis</i>	OMN	TR	EPI	1:0,63
<i>Centropages velificatus</i>	OMN	TR	EPI	1:0,15
<i>Centropages violaceus</i>	OMN	TST	EPIBT	1:0,84
Clausocalanidae				
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	OMN	TST	EPI	1:0
<i>Clausocalanus furcatus</i>	OMN	TT	EPIMS	1:0,02
Eucalanidae				
<i>Eucalanus elongatus</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,48
<i>Pareucalanus sewelli</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0
<i>Subeucalanus crassus</i>	OMN	TST	EPIBT	1:0
<i>Subeucalanus monachus</i>	OMN	TST	EPIBT	1:0
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	OMN	TT	EPIMS	1:0,25
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,12
<i>Subeucalanus subtennis</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,12
Euchaetidae				
<i>Euchaeta acuta</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0,29
<i>Euchaeta marina</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0,32
<i>Euchaeta media</i>	CAR	TST	EPIBT	1:0
<i>Euchaeta paraconcinna</i>	CAR	TR	EPI	1:0
<i>Euchaeta spinosa</i>	CAR	TT	EPIBT	1:0
<i>Paraeuchaeta malayensis</i>	CAR	TST	EPIBT	1:0
Fosshageniidae				
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	OMN	TST	EPIBT	1:0,15
Heterorhabdidae				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	CAR	TF	EPIBT	1:0,86
<i>Heterorhabdus spinifrons</i>	CAR	TF	EPIBT	0:1
Lucicutiidae				
<i>Lucicutia clausi</i>	OMN	TT	EPIMS	1:0
<i>Lucicutia flavicornis</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0,68
<i>Lucicutia ovalis</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0,2
Metridinidae				
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	OMN	TT	EPIBT	1:0,53
<i>Pleuromamma gracilis</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,48
<i>Pleuromamma piseki</i>	OMN	TT	EPIMS	1:0
<i>Pleuromamma xiphias</i>	CAR	TF	EPIBT	1:0,13
Paracalanidae				
<i>Aerocalanus longicornis</i>	HER	TR	EPI	1:0,06
<i>Calocalanus contractus</i>	HER	TT	EPIMS	1:0
<i>Calocalanus pavo</i>	HER	TT	EPIBT	1:0
<i>Paracalanus aculeatus</i>	HER	TT	EPI	1:0,17
Pontellidae				
<i>Calanopia americana</i>	HER	TST	EPI	1:0,23
<i>Pontellina plumata</i>	OMN	TST	EPIMS	1:0,12
<i>Pontellopsis perspicax</i>	CAR	TST	EPI	0:1
Phaenidae				
<i>Phaenna spinifera</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0,16
<i>Xanthocalanus agilis</i>	OMN	TR	EPI	1:0
Rhincalanidae				
<i>Rhincalanus cornutus</i>	CAR	TST	EPIBT	1:0,71
Scolecitrichidae				
<i>Amalothrix gracilis</i>	HER	TT	EPIMS	1:0
<i>Lophothrix latipes</i>	HER	TST	EPIBT	1:0
<i>Scaphocalanus magnus</i>	HER	TF	EPIBT	1:1
<i>Scolecithricella dentata</i>	HER	TF	EPIMS	1:0,37
<i>Amalothrix tenuiserrata</i>	HER	TST	EPI	1:0,03
<i>Scolecithricella vittata</i>	HER	TT	EPIMS	1:0
<i>Scolecithrix bradyi</i>	CAR	TST	EPI	1:0,25
<i>Scolecithrix danae</i>	CAR	TT	EPIMS	1:0,71
<i>Scolecithrichopsis ctenopus</i>	HER	TST	EPI	1:0,08
<i>Scottocalanus helenae</i>	HER	TST	EPIBT	1:0
<i>Scottocalanus securifrons</i>	HER	TF	EPIBT	1:0
Temoridae				
<i>Temora stylifera</i>	HER	TST	EPIMS	1:0,68
<i>Temora turbinata</i>	HER	TST	EPI	1:0,72

La prueba de ANOSIM reveló diferencias significativas entre la abundancia y composición de CC en función de las zonas hidrográficas centro-sur ($P = 0,009$) (Tabla 4). Se determinaron las diferencias para los cuatro estratos verticales, y resultaron estadísticamente significativas (Tabla 5) ($P = 0,0394$).

Se determinó la diversidad (H) (bits ind⁻¹), riqueza (S), dominancia (D) y equitatividad (J) de la comunidad de CC adultos; la abundancia (org. 1000 m⁻³) media (μ) y desviación estándar (σ) de los CC adultos (hembras y machos) por zonas de estudio en muestras totales (Tabla 6) y se obtuvieron datos de correlación Spearman entre los parámetros ambientales examinados en el MCMB (Tabla 7).

Se determinaron los mismos parámetros para cada estrato de profundidad en muestras nocturnas y diurnas de las tres zonas hidrográficas (Tablas 8 y 9). Las mayores abundancias numéricas fueron diurnas y ocurrieron en la zona norte y las menores en la zona centro (Tabla 9).

Tabla 4. ANOSIM de una vía que incluye la comparación de las abundancias de CC entre las tres zonas hidrográficas analizadas / One-way ANOSIM including a comparison of CC abundances among the three hydrographic zones analyzed

Prueba pareada	Norte	Centro	Sur
Norte Centro Sur	0,17 0,1118	0,17 0,1118	0,1118 *0,0268
Grupo Zonas	R 0,3912	P(mismo) *0,00268	

* = diferencias significativas

Tabla 5. ANOSIM de una vía, incluye los cuatro estratos en las tres zonas hidrográficas, con las diferencias entre grupos / One-way ANOSIM including the four strata across the three hydrographic zones, with differences among groups

Prueba pareada	0-25 m	25-50 m	50-75 m	75-100 m
0-25 m 25-50 m 50-75 m 75-100 m		0,5994 0,5994 0,2958 0,1015	0,2958 0,6971 0,6971 0,5928	0,1015 0,1027 0,5928
Grupo Zonas	R 0,3056	P(mismo) *0,0394		

*diferencias significativas

Tabla 6. Métricas de la comunidad de CC adultos por estrato de profundidad a partir de muestras totales en el MCMB. Riqueza (S), diversidad (H'), equitatividad (J), dominancia (D), abundancia (numérica y media) y desviación estándar de las abundancias (σ) (enero, 2007) / Metrics of the adult CC community by depth stratum based on total samples from the MCMB. Richness (S), diversity (H'), evenness (J), dominance (D), abundance (numerical and mean), and standard deviation of abundances (σ) (January, 2007)

Profundidad (m)	Dominancia (D)	Diversidad (bits ind ⁻¹)	Equitatividad (J)	Riqueza (S)	Abundancia (org. 1000 m ⁻³)	Abundancia media (μ)	Desv. estándar (σ)
0-25	0,08	2,860	0,74	47	144347,39	1718,42	4243,11
25-50	0,11	2,726	0,70	49	86437,53	1029,01	3065,46
50-75	0,10	2,740	0,66	62	161038,36	1917,12	5453,88
75-100	0,10	2,785	0,67	61	126120,31	1501,43	4247,37

Tabla 7. Análisis de correlación Spearman entre los parámetros ambientales examinados en el MCMB / Spearman's correlation analysis between the environmental parameters examined in the MCMB

Variables	Prof. (m)	Temperatura (°C)	Densidad (kg m ⁻³)	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	Fluo. (mg m ⁻³)	Nº org. Día	Nº org. Noche	Abda.
Prof.		5,14E-131	4,35E-260	1,39E-238	1,28E-54	0,41213	0,17	3,95E-05
Temperatura	0,69		7,92E-178	4,84E-148	2,21E-09	0,59555	0,00	3,58E-11
Densidad	-0,85	-0,76		5,68E-231	2,62E-14	3,04E-05	0,32	2,49E-09
Oxígeno disuelto	0,83	0,72	-0,83		2,38E-19	0,00013059	0,35	5,67E-08
Fluo.	-0,48	-0,19	0,24	-0,29		0,14054	0,03	0,42798
Nº org. Día	0,02	0,01	-0,13	0,12	-0,04		6,40E-258	1,90E-21
Nº org. Noche	0,04	0,10	0,03	-0,03	0,06	-0,80		2,34E-12
Abda.	0,13	0,21	-0,19	0,17	0,02	0,30	0,23	

Abda.: abundancia numérica, Prof.: profundidad, Fluo.: fluorescencia

Tabla 8. Diversidad y abundancia nocturnas de la comunidad de CC adultos por estrato de profundidad en las zonas estudiadas del MCMB. Riqueza (S), diversidad (H'), equitatividad (J), dominancia (D), abundancia (Abda.), media y desviación estándar de la abundancia (σ) (enero, 2007) / Nighttime diversity and abundance of the adult CC community by depth stratum in the MCMB. Richness (S), diversity (H'), evenness (J), dominance (D), abundance (Abda.), mean, and standard deviation of abundance (σ) (January, 2007)

	Profundidad (m)	Dominancia (D)	Diversidad (bits ind ⁻¹)	Equitatividad (J)	Riqueza (S)	Abda. (org. 1000 m ⁻³)	Media (μ)	Desv. estándar (σ)
Norte	25	0,10	2,46	0,82	20	19278	448,56	876,00
	50	0,11	2,53	0,82	22	11157	259,75	520,92
	75	0,09	2,65	0,75	33	21015	489,09	880,94
	100	0,21	2,27	0,68	28	11905	277,11	799,62
Centro	25	0,19	2,21	0,68	25	31508	750,48	2052,86
	50	0,31	1,87	0,61	21	24005	571,78	2025,41
	75	0,13	2,56	0,77	27	31600	752,65	1640,28
	100	0,11	2,56	0,76	29	23924	569,68	1102,09
Sur	25	0,16	2,44	0,69	34	36862	512,19	1675,95
	50	0,07	2,97	0,81	39	13513	187,96	385,36
	75	0,07	2,98	0,78	45	11761	163,60	342,68
	100	0,15	2,57	0,68	44	16575	230,11	736,37

Abda: abundancia numérica

Tabla 9. Diversidad y abundancia diurnas de la comunidad de CC adultos por estrato de profundidad en las zonas estudiadas del MCMB (enero, 2007). Riqueza (S), diversidad (H'), equitatividad (J), dominancia (D), abundancia (Abda.), media y desviación estándar de la abundancia (σ) / Daytime diversity and abundance of the adult CC community by depth stratum across the studied zones of the MCMB (January, 2007). Richness (S), diversity (H'), evenness (J), dominance (D), abundance (Abda.), mean, and standard deviation of abundance (σ)

Zona	Profundidad (m)	Dominancia (D)	Diversidad (bits ind ⁻¹)	Equitatividad (J)	Riqueza (S)	Abda. (org. 1000 m ⁻³)	Media (μ)	Desv. estándar (σ)
Norte	25	0,10	2,63	0,79	28	23472,09	545,86	1051,08
	50	0,13	2,43	0,81	20	16727,37	389,00	874,240
	75	0,26	1,85	0,60	21	39466,36	917,82	2982,69
	100	0,08	2,85	0,80	34	17658,56	410,66	670,312
Centro	25	0,15	2,35	0,78	20	11604,19	341,29	720,471
	50	0,14	2,26	0,74	21	9590,35	282,06	564,74
	75	0,20	1,99	0,62	24	40352,50	1186,8	2916,59
	100	0,18	2,17	0,67	25	9786,16	287,82	661,409
Sur	25	0,10	2,59	0,81	24	21584,33	501,96	970,742
	50	0,13	2,48	0,77	25	11402,33	265,17	595,55
	75	0,06	2,93	0,86	30	16796,80	390,62	550,80
	100	0,1563	2,267	0,7229	23	46264,84	1075,92	2603,74

Abda: abundancia numérica

En la zona norte se registró una $H=2,81$, $S=52,0$, $D=0,09$, $J=0,71$, $\mu=3,09$ org. 1000 m^{-3} , $\sigma=6,06$ org. 1000 m^{-3} y proporción de sexos: 1♀: 0,38 ♂. Los copepoditos I-V de las familias Euchaetidae y Calanidae, así como adultos de *Undinula vulgaris* fueron dominantes.

En la zona centro se registró una $H=2,71$, $S=47,0$, $D=0,1067$, $J=0,70$, $\mu=3,88$ org. 1000 m^{-3} , $\sigma=7,86$ org. 1000 m^{-3} y 1♀: 0,42 ♂; los copepoditos I-V de las familias Euchaetidae y Calanidae, así como los adultos de *U. vulgaris* y *Nannocalanus minor* fueron dominantes en esta zona.

La zona sur registró una $H=3,14$, $S=77,00$, $D=0,07$, $J=0,72$, $\mu=2,26$ org. 1000 m^{-3} , $\sigma=4,833$ org. 1000 m^{-3} y proporción= 1♀: 0,46 ♂. *Lucicutia flavicornis* y los copepoditos I-V de Euchaetidae y Calanidae fueron dominantes.

Las especies de CC con mayor frecuencia y abundancia en el estrato integrado 0-100 m en el MCMB fueron (de mayor a menor abundancia): *U. vulgaris*, *Haloptilus longicornis*, *L. flavicornis*, *N. minor*, *Clausocalanus furcatus*, *Euchaeta marina*, *Temora turbinata*, *Candacia bispinosa*, *Candacia pachydactyla*, *Heterorhabdus papilliger* y *Scolecithrix danae*. La abundancia total de CC en el estrato integrado 0-100 m del MCMB, durante el periodo estudiado, se muestra en la Figura 3.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las abundancias totales de los CC adultos entre los estratos analizados (Tabla 5; $P=0,0394$)

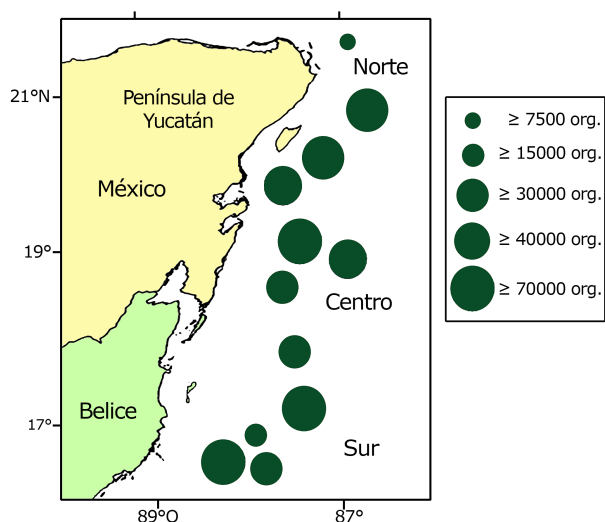


Figura 3. Distribución de la abundancia integrada de CC (org. $\log_{10}+1$) en el estrato de 0-100 m del MCMB (enero, 2007) / Distribution of the integrated abundance of CC (org. $\log_{10}+1$) in the 0-100 m layer of the MCMB (January, 2007)

Las abundancias de CC adultos por estación y estrato de profundidad se muestran en la Figura 4. La mayor media, desviación estándar, riqueza y abundancia se presentaron en el estrato intermedio de 50–75 m; la mayor diversidad y equitatividad, en el estrato más somero de 0-25 m; y la mayor dominancia, en el estrato de 25–50 m (Tabla 6). El análisis de correlación de Spearman mostró asociaciones débiles entre las abundancias diurnas, nocturnas y totales de CC y algunas variables ambientales, particularmente temperatura, densidad y oxígeno disuelto (Tabla 7). Estos patrones fueron explorados posteriormente mediante un análisis de componentes principales (PCA; Fig. 5).

ABUNDANCIA DÍA/NOCHE

La prueba ANOSIM no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las abundancias nocturnas de CC adultos entre los estratos ($P=0,1405$). Los CC adultos recolectados durante la noche mostraron una proporción de sexos de 1,0♀: 0,41♂. Estas muestras obtuvieron una $S=78$, $H=2,99$, $D=0,07$ y $J=0,69$.

La mayor riqueza y diversidad nocturna de CC fue en el estrato 50-75 m, la mayor equitatividad en 0-25 m y la mayor dominancia en 25-50 m (Tabla 8). La proporción de sexos de los CC adultos más abundantes durante la noche fue: *U. vulgaris* 1,0♀: 0,71♂, *L. flavicornis* 1,0♀: 0,58♂, *C. furcatus* 1♀: 0,21♂, *N. minor* 1♀: 0,49♂, *H. longicornis* 1,0♀: 0,002♂, *E. marina* 1,0♀: 0,38♂, *Pleuromamma gracilis* 1,0♀: 0,49♂, *T. turbinata* 1,0♀: 0,91♂ y *Pleuromamma abdominalis* 1♀: 0,53♂. Las muestras nocturnas tuvieron elevados valores de abundancia de estadios inmaduros de las familias Calanidae, Euchaetidae, Metridinidae y Candaciidae.

Las muestras diurnas de CC mostraron una proporción de sexos= 1♀: 0,43♂. Estas muestras tuvieron una $S=55$, $H=2,88$, $D=0,088$ y $J=0,719$. La prueba ANOSIM no mostró diferencias estadísticas de las abundancias diurnas de CC entre las zonas ($P=0,0565$) o en los estratos verticales ($P=0,07$).

La mayor riqueza diurna se ubicó en el estrato de 75-100 m, el estrato 0-25 m tuvo la mayor diversidad y equitatividad, el estrato 50-75 m la mayor dominancia y abundancia (Tabla 6). Los CC más abundantes y su proporción de sexos durante el día fueron: *U. vulgaris* (1♀: 0,67♂), *N. minor* (1♀: 0,52♂), *L. flavicornis* (1♀: 0,84♂), *C. furcatus* (1♀: 0,03♂), *E. marina* (1♀: 0,27♂), *S. danae* (1♀: 0,84♂) y *H. longicornis* (1♀: 0,0♂).

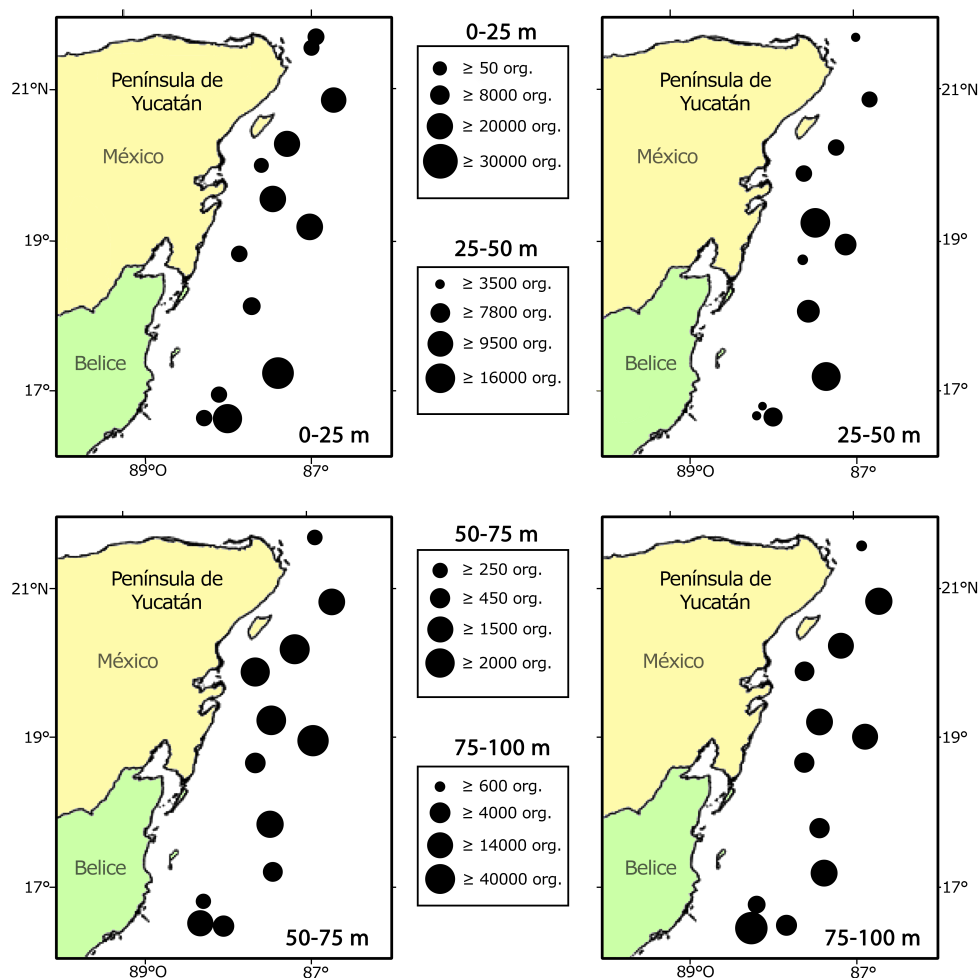


Figura 4. Distribución de la abundancia de CC adultos (org. 1000 m⁻³) por estrato vertical en el MCMB (enero, 2007) / Distribution of the abundance of adult CC (org. 1000 m⁻³) by vertical stratum in the MCMB (January, 2007)

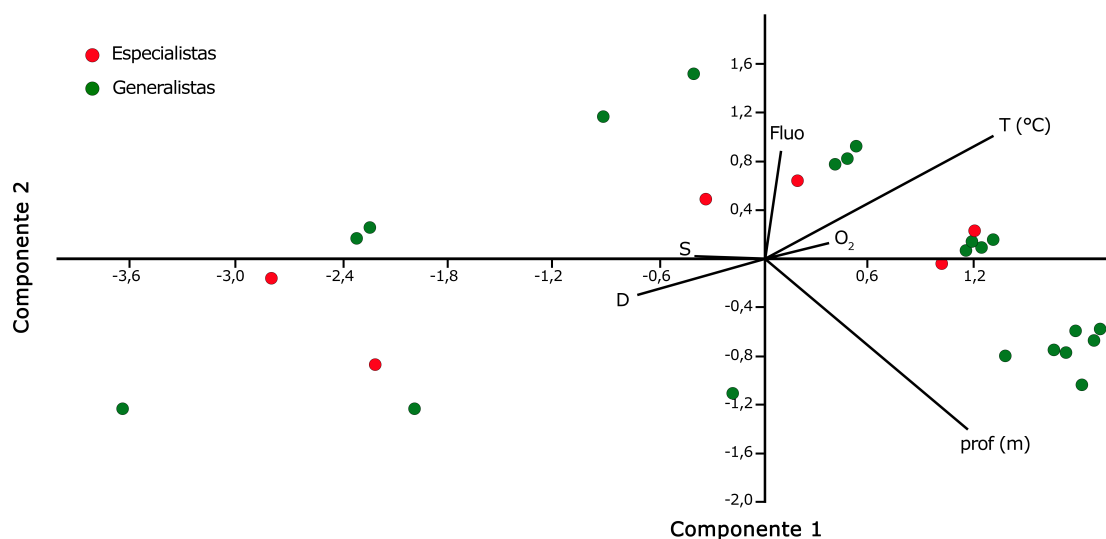


Figura 5. Gráfico de Análisis de Componentes Principales (PCA) de las abundancias de CC y las variables ambientales obtenidas durante el día en el MCMB. Temperatura (°C), Profundidad (prof, m), Oxígeno disuelto (O₂), Fluorescencia (Fluo), Densidad (D) y Salinidad (S). PC= 16,11% / Principal Component Analysis (PCA) plot of CC abundances and environmental variables obtained during daytime in the MCMB. Temperature (°C), Depth (prof, m), Dissolved Oxygen (O₂), Fluorescence (Fluo), Density (D), and Salinity (S) (PC= 16.11%)

DOMINANCIA

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), basado en la frecuencia (F) y la abundancia (Fig. 6), permitió identificar 17 especies dominantes (20,5% del conjunto): *Acrocalanus longicornis*, *Candacia bispinosa*, *Candacia pachydactyla*, *Centropages caribbeanensis*, *Clausocalanus furcatus*, *Clausocalanus simplex*, *Euchaeta marina*, *Heterorhabdus papilliger*, *Haloptilus spiniceps*, *Lucicutia flavicornis*, *Neocalanus gracilis*, *Nannocalanus minor*, *Scolecithrix danae*, *Subeucalanus subcrassus*, *Temora stylifera*, *Temora turbinata* y *Undinula vulgaris*. Asimismo, se identificaron 24 especies comunes (28,9%), *Acartia (Acanthacartia) spinata*, *Acartia (Acanthacartia) tonsa*, *Aetideus acutus*, *Amalothrix tenuiserrata*, *Calanopia americana*, *Calocalanus contractus*, *Calocalanus pavo*, *Candacia paenelongimana*, *Candacia varicans*, *Centropages velificatus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Euchaeta acuta*, *Euchirella amoena*, *Haloptilus acutifrons*, *Haloptilus longicornis*, *Paracalanus aculeatus*, *Phaenna spinifera*, *Pleuromamma abdominalis*, *Pleuromamma gracilis*, *Pontellina plumata*, *Scolecithricella dentata*, *Scolecithrix bradyi*, *Scolecithrichopsis ctenopus* y *Temoropia mayumbaensis*. Por otra parte, 23 especies fueron clasificadas como ocasionales (27,7%): *Candacia curta*, *Centropages bradyi*, *Centropages violaceus*, *Chirundina streetsii*, *Eucalanus elongatus*, *Euchirella curticauda*, *Euchirella messinensis*, *Euchirella pulchra*, *Euchirella venusta*, *Haloptilus mucronatus*, *Haloptilus ornatus*, *Heterorhabdus spinifrons*, *Lophothrix latipes*, *Lucicutia clausi*, *Lucicutia ovalis*, *Neocalanus robustior*, *Pareucalanus sewelli*, *Pleuromamma xiphias*, *Rhincalanus cornutus*, *Scolecithricella vittata*, *Scottocalanus securifrons*, *Subeucalanus mucronatus* y *Subeucalanus subtenius*. Finalmente, 19 especies fueron consideradas como raras (22,9%): *Acartia (Acartia) danae*, *Aetideus armatus*,

Amalothrix gracilis, *Augaptilus longicaudatus*, *Euchaeta media*, *Euchaeta paraconcinna*, *Euchaeta spinosa*, *Euchirella rostrata*, *Haloptilus fertilis*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Paraeuchaeta malayensis*, *Pleuromamma piseki*, *Pontellopsis perspicax*, *Scottocalanus helenae*, *Subeucalanus crassus*, *Scaphocalanus magnus*, *Subeucalanus monachus*, *Undeuchaeta plumosa* y *Xanthocalanus agilis* (Fig. 6).

ESTRUCTURA LATITUDINAL Y VERTICAL DE LOS CC

Derivado de la similitud en abundancia de CC en las tres zonas hidrográficas del MCMB, se obtuvo un clúster que se definió por las especies con distribución restringida, presentes sólo en algunas de las zonas: Centro-Norte [Fig. 7, (b1-2)], o Sur [Fig. 7, (a)] y un conjunto de especies comunes compartidas en las tres zonas del MCMB. Los CC del conjunto b incluyeron siete especies (*A. danae*, *C. violaceus*, *E. pulchra*, *H. acutifrons*, *H. fertilis*, *P. perspicax* y *S. monachus*) que se distribuyen en la zona centro-norte [Fig. 7, (b1-2)]. La zona sur-centro [Fig. 7, (a2)] incluyó sólo 4 especies compartidas: *C. streetsii*, *E. venusta*, *H. mucronatus* y *S. vittata*. La zona sur (a) está representada por 26 especies exclusivas: *A. armatus*, *A. gracilis*, *A. longicaudatus*, *A. spinata*, *A. tonsa*, *C. bradyi*, *C. curta*, *C. varicans*, *E. curticauda*, *E. media*, *E. paraconcinna*, *E. rostrata*, *E. spinosa*, *H. spinifrons*, *L. clausi*, *L. ovalis*, *M. tenuicornis*, *P. malayensis*, *P. piseki*, *S. crassus*, *E. elongatus*, *S. helenae*, *S. magnus*, *S. securifrons*, *U. plumosa* y *X. agilis*, lo que la separa claramente de las otras dos zonas (Fig. 7).

El conjunto de CC comunes se distribuye indistintamente en las tres zonas e incluye casi la mitad (49%) de las especies encontradas.

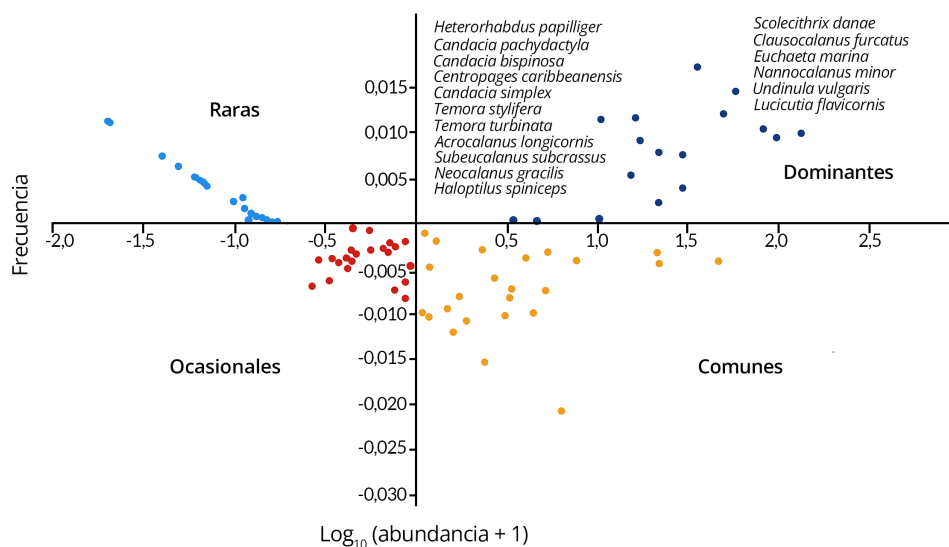


Figura 6. Diagrama de ordenación NMDS entre la frecuencia y abundancia ($\log_{10} + 1$) de las especies de CC del MCMB (enero 2007), y categorización de los grupos de especies de CC (raras, dominantes, comunes y ocasionales) en el MCMB / NMDS ordination diagram of the frequency and abundance ($\log_{10} + 1$) of CC species from the MCMB (January, 2007), and categorization of CC species groups (rare, dominant, common and occasional) in the MCMB

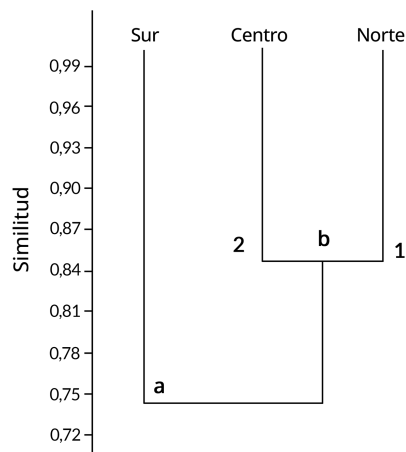


Figura 7. Análisis de clúster (Bray-Curtis) de la abundancia de especies de CC y sus valores de similitud en las tres zonas latitudinales del MCMB (enero, 2007) / Cluster analysis (Bray-Curtis) of the abundance of CC species and their similarity values across the three latitudinal zones of the MCMB (January, 2007)

ESTRUCTURA VERTICAL NICTEMERAL

Las muestras diurnas mostraron la mayor diversidad y equitatividad en el estrato 0-25 m, pero la mayor riqueza, abundancia y dominancia ocurrieron en el estrato 50-100 m (Tabla 4),

El dendrograma (Bray-Curtis) generado a partir del análisis de las abundancias diurnas de CC (Fig. 8), reveló una comunidad dividida en tres estratos: 1) estrato superficial de 0-50 m [Fig. 8, (a)] representado por: *C. contractus*, *E. pulchra*, *P. perspicax*, *P. sewelli* y *P. xiphias*; un estrato intermedio de 50-75 m [Fig. 8, (b)], que incluyó a *C. curta*, *C. velificatus*, *C. violaceus*, *H. mucronatus*, *L. ovalis*, *N. gracilis*, *N. robustior*, *S. dentata* y *S. subcrassus* y un estrato profundo (75-100 m) [Fig. 8, (c)] que incluyó a: *A. acutus*, *A. spinata*, *A. tonsa*, *A. tenuiserrata*, *C. paenelongimana*, *C. varicans*, *H. acutifrons*, *H. ornatus*, *L. latipes*, *P. plumata*, *R. cornutus*, *S. bradyi*, *S. vittata*, *S. mucronatus*, *S. subtenuis* y *T. mayumbaensis*. El conjunto de especies comunes con amplia distribución diurna en todos los estratos incluyó a: *A. longicornis*, *C. americana*, *C. arcuicornis*, *C. bispinosa*, *C. caribbeanensis*, *C. furcatus*, *C. pachydactyla*, *C. pavo*, *C. simplex*, *E. amoena*, *E. marina*, *H. longicornis*, *H. papilliger*, *L. flavicornis*, *N. minor*, *P. abdominalis*, *P. aculeatus*, *P. gracilis*, *P. spinifera*, *S. ctenopus*, *S. danae*, *T. styliifera*, *T. turbinata* y *U. vulgaris* [Fig. 8, (a-c)].

El dendrograma de la estructura vertical nocturna distinguió dos estratos (0-50 m y 50-100 m) (Fig. 9). El estrato superficial (0-50 m) incluyó en la comunidad a: *A. gracilis*, *E. curticauda*, *E. paraconcinna*, *S. securifrons* y *S. subtenuis*, con la mayor dominancia, abundancia y equitatividad [Fig. 9, (a)] y el estrato o conjunto profundo (50-100 m) incluyó a: *A. armatus*, *A. longicaudatus*, *E. spinosa*, *E. venusta*, *M. tenuicornis*, *P. piseki*, *S. helenae*, *S. magnus*, *S. monachus*, *S. vittata* y *U. plumosa* [Fig. 9, (b)].

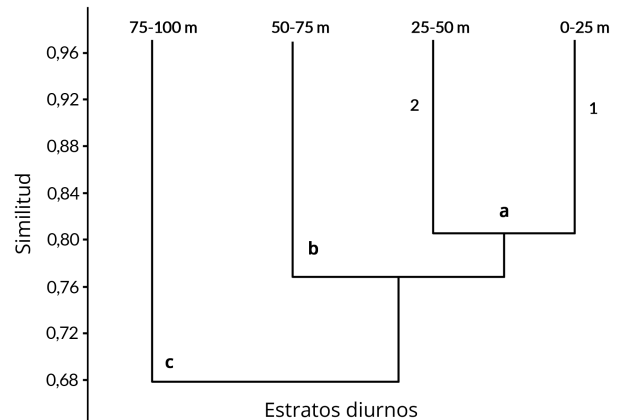


Figura 8. Análisis de similitud (Bray-Curtis) de las abundancias diurnas de las especies de CC en los estratos estudiados del MCMB (enero, 2007) / Similarity analysis (Bray-Curtis) of the daytime abundances of CC species across the studied strata in the MCMB (January, 2007)

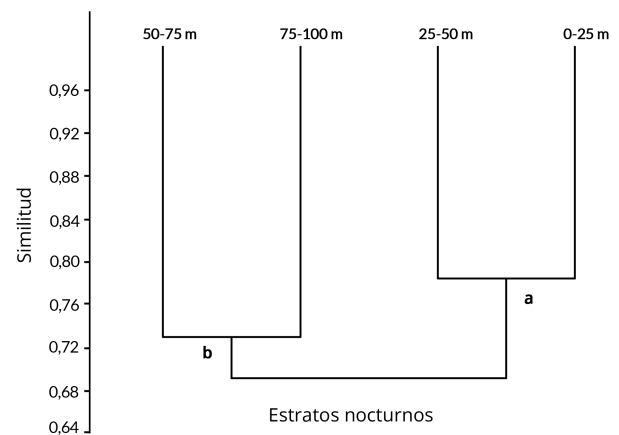


Figura 9. Análisis de similitud (Bray-Curtis) de las abundancias nocturnas de las especies de CC en los estratos estudiados del MCMB (enero, 2007) / Similarity analysis (Bray-Curtis) of the nocturnal abundances of CC species across the studied strata in the MCMB (January, 2007)

De acuerdo con el NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico) generado con esta estructura, las variables ambientales con influencia en la distribución diurna de los CC fueron: temperatura y oxígeno disuelto para el estrato de 0-50 m, fluorescencia para el estrato de 50-75 m y la densidad para el estrato 75-100 m (Fig. 10).

El análisis NMDS (Fig. 10), que incluyó las especies comunes y las restringidas que se habían agrupado en las tres zonas del MCMB (Fig. 6), generó una representación de la estructura de la comunidad que muestra dos grandes subconjuntos latitudinales del conjunto de las especies que se distribuyeron en los estratos: superficial (0-50 m), medio (25-75 m), semi-profundo (50-75 m) o profundo (75-100 m) en las tres zonas; estas formas frecuentan los diferentes estratos dependiendo del ciclo día/noche.

Las especies con distribución restringida y baja abundancia representaron una baja contribución a la disimilitud (Tabla 10), con una frecuencia diferencial

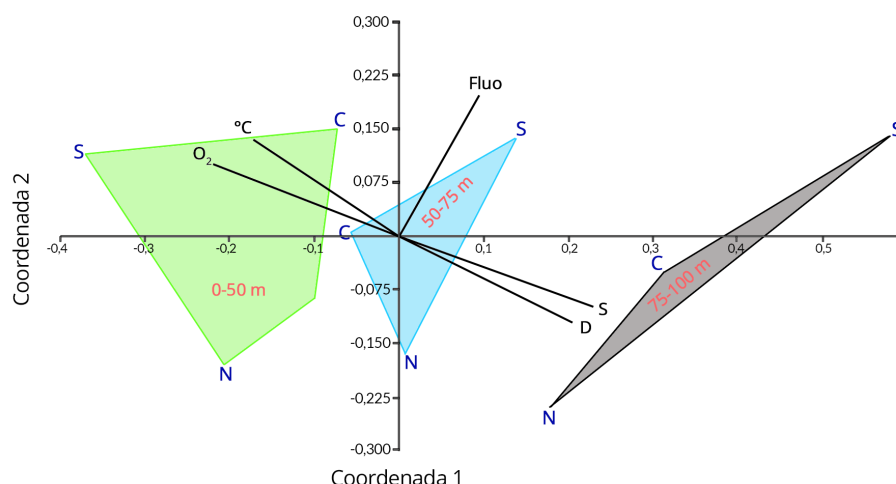


Figura 10. Ordenación NMDS basada en las abundancias diurnas de CC que muestra la distribución de los estratos verticales de profundidad (0-50, 50-75 y 75-100 m) y en las zonas latitudinales Norte (N), Centro (C) y Sur (S) del MCMB. Los vectores representan el ajuste de las variables ambientales: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxígeno disuelto (O_2), Fluorescencia (Fluo), Densidad (D), Salinidad (S). $\text{PC} = 16,11\%$ / NMDS ordination based on the daytime abundances of CC, showing their distribution across vertical depth strata (0-50, 50-75, and 75-100 m) and the Northern (N), Central (C), and Southern (S) latitudinal zones of the MCMB. Vectors represent the fitted environmental variables: Temperature ($^{\circ}\text{C}$), Dissolved Oxygen (O_2), Fluorescence (Fluo), Density (D), and Salinity (S). $\text{PC} = 16.11\%$

Tabla 10. Análisis SIMPER de las abundancias de las especies de CC registradas, incluyendo los valores de disimilitud (Disim.) y la contribución acumulada (Cumulat.) a las diferencias de abundancia entre estratos de profundidad / SIMPER analysis of the abundances of recorded CC species, including dissimilarity values (Dissim.) and cumulative contribution (Cumulat.) to differences in abundance among depth strata

Especie	Disim.	Contrib. (%)	Cumulat. (%)	Media (0-50 m)	Media (50-75 m)	Media (75-100 m)
<i>Undinula vulgaris</i>	6,45	11,15	11,15	3,52E+03	6,91E+03	7,63E+02
<i>Haloptilus longicornis</i>	6,40	11,07	22,22	1,33E+02	1,71E+03	8,46E+03
<i>Undeuchaeta plumosa</i>	6,29	10,88	33,10	4,50E+03	4,99E+03	9,08E+02
<i>Lucicutia flavicornis</i>	5,85	10,11	43,22	4,20E+03	5,20E+03	8,18E+03
<i>Nannocalanus minor</i>	5,73	9,89	53,11	3,03E+03	8,69E+03	3,55E+03
<i>Clausocalanus furcatus</i>	3,47	5,99	59,11	2,98E+03	2,68E+03	4,36E+03
<i>Euchaeta marina</i>	2,79	4,82	63,93	1,94E+03	5,61E+03	1,66E+03
<i>Temora turbinata</i>	2,09	3,62	67,56	2,81E+03	552	425
<i>Acrocalanus longicornis</i>	1,67	2,88	70,45	2,02E+03	4,31E+02	4,27E+02
<i>Scolecithrix danae</i>	1,66	2,87	73,32	1,74E+03	3,14E+03	1,33E+03
<i>Candacia bispinosa</i>	1,44	2,50	75,82	716	1,77E+03	1,65E+03
<i>Candacia pachyactyla</i>	1,14	1,98	77,80	1,36E+03	919	2,08E+02
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	0,93	1,61	79,42	1,10E+03	1,23E+03	1,49E+03
<i>Temora stylifera</i>	0,92	1,60	81,02	1,13E+03	999	188
<i>Candacia simplex</i>	0,88	1,53	82,56	7,47E+02	9,07E+02	4,02E+02
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	0,64	1,12	83,68	650	1,21E+03	1,13E+03
<i>Scolecithrixopsis ctenopus</i>	0,63	1,10	84,78	50,7	556	539
<i>Paracalanus aculeatus</i>	0,62	1,07	85,86	6,61E+02	1,58E+02	2,35E+02
<i>Centropages caribbeanensis</i>	0,57	0,99	86,85	706	603	73,5
<i>Pleuromamma gracilis</i>	0,55	0,95	87,80	1,09E+03	1,47E+03	1,16E+03
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	0,49	0,84	88,65	2,97E+02	58,2	507
<i>Scolecithrix bradyi</i>	0,45	0,79	89,44	7,62	446	294
<i>Temoropsis mayumbaensis</i>	0,44	0,77	90,22	0	7,36	690
<i>Aetideus acutus</i>	0,42	0,74	90,96	4,5	58,5	670
<i>Calanopia americana</i>	0,42	0,72	91,69	5,16E+02	260	127
<i>Calocalanus pavo</i>	0,33	0,57	92,26	346	180	29,4
<i>Scolecithricella dentata</i>	0,32	0,55	92,82	254	337	149
<i>Subeucalanus suberassus</i>	0,30	0,52	93,34	319	1,38E+02	0,00E+00
<i>Amalothrix tenuiserrata</i>	0,25	0,44	93,78	7,62	54	356
<i>Haloptilus spiniceps</i>	0,21	0,37	94,16	37,2	268	112
<i>Calocalanus contractus</i>	0,21	0,37	94,54	269	0	0
<i>Neocalanus gracilis</i>	0,21	0,37	94,91	197	352	71,1
<i>Pleuromamma xiphias</i>	0,21	0,36	95,28	91,8	368	57,4
<i>Centropages velificatus</i>	0,21	0,36	95,64	235	36	14
<i>Candacia varicans</i>	0,17	0,29	95,94	33	33,3	235
<i>Candacia paenelongimana</i>	0,17	0,29	96,23	95,9	140	58,9
<i>Euchaeta acuta</i>	0,15	0,27	96,51	109	97,7	43,4
<i>Lophothrix latipes</i>	0,14	0,25	96,76	0	22,2	175
<i>Acartia (A.) spinata</i>	0,14	0,24	97,01	14,7	0	235
<i>Acartia (A.) tonsa</i>	0,13	0,24	97,25	4,5	0	235
<i>Pontellina plumata</i>	0,11	0,20	97,45	29,4	130	78
<i>Haloptilus ornatus</i>	0,11	0,19	97,65	0	117	44

Especie	Disim.	Contrib. (%)	Cumulat. (%)	Media (0-50 m)	Media (50-75 m)	Media (75-100 m)
<i>Euchirella amoena</i>	0,10	0,18	97,83	63,3	101	63,4
<i>Candacia curta</i>	0,10	0,17	98,01	66,3	69,2	14
<i>Phaenna spinifera</i>	0,08	0,15	98,17	73,8	58,2	46,4
<i>Rhincalanus cornutus</i>	0,08	0,15	98,32	0	63,4	88,2
<i>Haloptilus mucronatus</i>	0,06	0,11	98,43	0	40,5	57,4
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	0,06	0,11	98,55	0	36	51,9
<i>Euchirella messinensis</i>	0,06	0,10	98,65	53,4	40,5	0
<i>Lucicutia ovalis</i>	0,06	0,10	98,76	0	66,3	0
<i>Subeucalanus subtenius</i>	0,05	0,09	98,86	22,3	11,1	71,1
<i>Scolecithricella vittata</i>	0,05	0,08	98,95	0	0	72,1
<i>Lucicutia clausi</i>	0,04	0,08	99,03	35,6	22,2	0
<i>Pareucalanus sewelli</i>	0,04	0,07	99,11	38,4	15,6	0
<i>Euchirella pulchra</i>	0,04	0,07	99,18	14,6	58,9	0
<i>Neocalanus robustior</i>	0,04	0,07	99,25	24,6	51,6	0
<i>Chirundina streetsii</i>	0,03	0,06	99,32	0	58,9	14
<i>Euchirella curticauda</i>	0,03	0,06	99,38	30,5	0	0
<i>Centropages violaceus</i>	0,03	0,06	99,44	21,3	36	0
<i>Euchirella venusta</i>	0,03	0,05	99,49	0	0	43,4
<i>Centropages bradyi</i>	0,02	0,04	99,54	15,2	11,1	0
<i>Eucalanus elongatus</i>	2,02E-02	3,49E-02	99,57	7,36	0	28
<i>Euchaeta media</i>	2,01E-02	3,48E-02	99,61	0	22,2	0
<i>Paraeuchaeta malayensis</i>	2,01E-02	3,48E-02	99,64	0	22,2	0
<i>Scotocalanus securifrons</i>	1,87E-02	3,24E-02	99,67	20,3	0	0
<i>Subeucalanus crassus</i>	1,65E-02	2,85E-02	99,70	0	11,1	14
<i>Euchaeta spinosa</i>	1,61E-02	2,79E-02	99,73	0	0	28
<i>Pleuromamma piseki</i>	1,61E-02	2,79E-02	99,76	0	0	28
<i>Scotocalanus helenae</i>	1,61E-02	2,79E-02	99,79	0	0	28
<i>Scaphocalanus magnus</i>	1,61E-02	2,79E-02	99,81	0	0	28
<i>Pontellopsis perspicax</i>	1,35E-02	2,33E-02	99,84	14,7	0	0
<i>Haloptilus acutifrons</i>	1,26E-02	2,18E-02	99,86	0	0	14,7
<i>Heterorhabdus spinifrons</i>	1,01E-02	1,74E-02	99,88	0	11,1	0
<i>Xanthocalanus agilis</i>	1,01E-02	1,74E-02	99,89	0	11,1	0
<i>Euchirella rostrata</i>	1,01E-02	1,74E-02	99,91	0	11,1	0
<i>Amalothrix gracilis</i>	8,89E-03	1,54E-02	99,93	7,62	0	0
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	8,06E-03	1,39E-02	99,94	0	0	14
<i>Aetideus armatus</i>	8,06E-03	1,39E-02	99,96	0	0	14
<i>Augaptilus longicaudatus</i>	8,06E-03	1,39E-02	99,97	0	0	14
<i>Euchaeta paracancina</i>	5,71E-03	9,87E-03	99,98	7,38	0	0
<i>Haloptilus fertilis</i>	5,47E-03	9,45E-03	99,99	0	8,99	0
<i>Subeucalanus monachus</i>	3,86E-03	6,67E-03	100	0	0	4,5
<i>Acartia (A.) danae</i>	2,73E-03	4,73E-03	100	0	4,5	0

de CC omnívoros-herbívoros (69,87%) y carnívoros (30,12%); estas ocurrieron en una o dos zonas latitudinales y estratos específicos. Se distribuyeron en los siguientes conjuntos de acuerdo con los análisis clúster y NMDS (Fig. 11):

-Norte: 75-100 m *H. acutifrons*, *S. monachus*; 50-75 m *A. danae*, *H. fertilis*; 0-50 m *P. perspicax* (Fig. 11)

-Centro: 0-75 m *C. violaceus*.

-Norte-Centro: 0-75 m *E. pulchra*.

-Centro-sur: 50-100 m *C. streetsii*, *H. mucronatus*; 75-100 m *E. venusta*, *S. vittata*.

-Sur: 0-50 m y 75-100 m: *A. spinata*, *A. tonsa*, *E. elongatus*; 0-25 m *E. paraconcinna*, *S. securifrons*; 25-75 m *C. bradyi*; 25-50 m *A. gracilis*, *E. curticauda*; 50-75 m *E. media*, *E. rostrata*, *H. spinifrons*, *L. ovalis*, *P. malayensis*, *X. agilis*; 0-75 m *L. clausi*; 50-100 m *S. crassus*; 75-100 m *A. armatus*, *A. longicaudatus*, *E. spinosa*, *M. tenuicornis*, *P. piseki*, *S. helenae*, *S. magnus* y *U. plumosa*.

-Norte-Sur: 0-50 m: *C. contractus*, *E. acuta*; 0-75 m *E. messinensis*, *P. sewelli*, 75-100 m *H. ornatus*.

Las especies comunes en 0-100 m (color negro/gris en la Figura 11) fueron las de más amplia distribución y mayor abundancia en las tres zonas hidrográficas del MCMB, conformadas por especies omnívoras-herbívoras (44%) y carnívoras (32%); se presentaron en los siguientes conjuntos verticales:

-Norte-Centro-Sur: 0-75 m *N. robustior*, *S. subcrassus*; 25-100 m *A. acutus*, *C. paenelongimana*, *S. bradyi*, *A.*

tenuiserrata; 50-100 m *R. cornutus*, *S. mucronatus*; 75-100 m *L. latipes*, *T. mayumbaensis*; 0-100 m *A. longicornis*, *C. americana*, *C. arcuicornis*, *C. bispinosa*, *C. caribbeanensis*, *C. furcatus*, *C. pachydactyla*, *C. pavo*, *C. simplex*, *C. velificatus*, *E. amoena*, *E. marina*, *H. longicornis*, *H. papilliger*, *H. spiniceps*, *L. flavicornis*, *N. gracilis*, *N. minor*, *P. abdominalis*, *P. aculeatus*, *P. gracilis*, *P. plumata*, *P. spinifera*, *P. xiphias*, *S. ctenopus*, *S. danae*, *S. dentata*, *S. subtenuis*, *T. styliifera*, *T. turbinata* y *U. vulgaris*.

En la zona sur y centro se observó la incorporación de especies mesopelágicas en los estratos superficiales del MCMB, especialmente asociada a los estratos más profundos analizados y a los patrones de distribución vertical representados en la Figura 12. Este resultado sugiere una mayor contribución de especies de afinidad mesopelágica a la composición de la comunidad de CC en estas zonas.

DISCUSIÓN

PARÁMETROS HIDROGRÁFICOS LATITUDINALES Y VERTICALES

El MCMB constituye un sistema hidrográficamente muy dinámico. En enero, la corriente de Caimán penetra hacia la península de Yucatán a menores latitudes y con menor velocidad que en marzo (Carrillo *et al.* 2015), lo que genera diferencias en la configuración hidrográfica entre ambos periodos. En marzo, las condiciones de las zonas

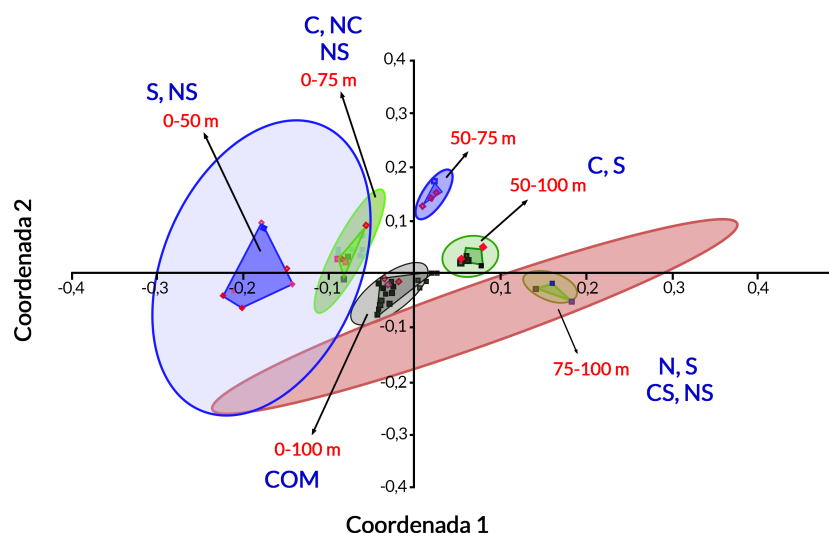


Figura 11. Diagrama de ordenación NMDS de las abundancias de CC por estrato vertical de profundidad (0-50, 50-75 y 75-100 m) en las tres zonas latitudinales, Norte (N), Centro (C) y Sur (S), del MCMB (enero, 2007). Los estratos (en rojo) y las zonas hidrográficas (N, C, S y sus combinaciones en azul) muestran la preferencia de grupos de especies o de especies particulares por determinados estratos en una o más zonas hidrográficas, tal como se describe en este estudio. Estos grupos se representan mediante distintas formas y colores, vinculando estratos, zonas y especies con preferencias distribucionales definidas. El estrato 0-100 m y su área gráfica (gris oscuro) indican las especies comunes (COM) y más abundantes en el estudio / NMDS ordination diagram of CC abundances by vertical depth stratum (0-50, 50-75, and 75-100 m) across the three latitudinal zones, Northern (N), Central (C), and Southern (S), of the MCMB (January 2007). Depth strata (in red) and hydrographic zone (N, C, S and their combinations in blue) indicate the preference of particular species or species groups for specific strata in one or more hydrographic zones, as described in this study. These groups are represented using different shapes and colors, linking strata, zones, and species with defined distributional preferences. The 0-100 m stratum and its shaded area (dark gray) indicate the common (COM) and most abundant species throughout the study

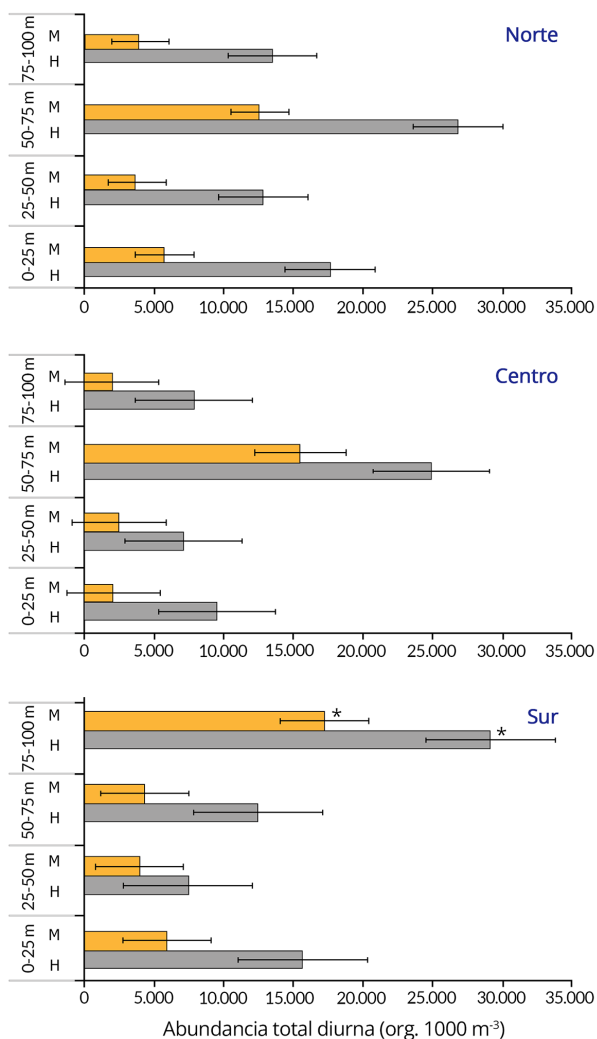


Figura 12. Abundancia total diurna (org. 1000 m⁻³) de machos (M) y hembras (H) de CC en las tres zonas hidrográficas (Norte, Centro y Sur), por estrato vertical (0-25, 25-50, 50-75 y 75-100 m) del MCMB (enero, 2007), con un incremento de especies en el estrato más profundo (*) de la zona sur / Daytime total abundance (org. 1000 m⁻³) of males (M) and females (F) of CC across the three hydrographic zones (Northern, Central, and Southern), by vertical stratum (0-25, 25-50, 50-75, and 75-100 m) of the MCMB (January, 2007), with an increase in species in the deepest stratum (*) of the southern zone

norte y centro presentan mayor similitud, mientras que la menor similitud se observa entre las zonas norte y sur. Esta diferenciación podría estar asociada al predominio de la corriente de Yucatán en el norte y del giro de Honduras en el sur, este último relacionado con procesos de surgencia. Asimismo, las zonas norte y sur, junto con el estrato profundo (75-100 m), presentan discontinuidades ambientales y valores de CV de mayor magnitud.

La temperatura mostró CV altos a los 75 y 100 m (Tabla 8) en las zonas norte y sur (Tabla 7); el menor valor de temperatura ocurrió en la zona norte y en los estratos profundos. La salinidad tuvo valores altos de CV a los 50-75 m (Tabla 8) en las áreas norte y sur (Tabla 7); sus valores más bajos se observaron en los estratos superficiales de

la zona sur (Tabla 1), resultado de la descarga de agua continental frente a las costas de Belice y Honduras (Soto *et al.* 2009, Carrillo *et al.* 2016). Estas discontinuidades hidrográficas se relacionan con las mayores diversidades (zonas norte y sur) y abundancias (estratos profundos) de los CC en el MCMB. La estructura termohalina no mostró correlación entre temperatura y salinidad, como se ha observado también en aguas neríticas del Golfo de México (Cházaro-Olvera *et al.* 2019).

En las zonas norte y sur, la riqueza, diversidad y equitatividad de CC adultos tuvieron valores altos, pero su dominancia y abundancia fueron bajas (Tablas 6 y 8). Los valores verticales más altos de CV de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto se observaron en el estrato más profundo (Tabla 8) de las zonas norte y sur. Estos valores sugieren una interacción hidrográfica entre las masas de agua CSW y SUW en los estratos profundos; en el área norte predomina la corriente de Yucatán, resultado de su deflexión en la zona centro del MCMB (Fig. 2). Estas interacciones provocan que las isolíneas asciendan, formando un giro ciclónico al sur y la elevación del fondo marino en el norte (Merino 1997, Monreal *et al.* 1999, Sheng *et al.* 2007, Aguirre-Gómez & Salmerón 2015, Carrillo *et al.* 2016).

A diferencia de las zonas norte y sur, la zona centro mostró valores de riqueza, diversidad y equitatividad relativamente bajos y el menor valor de CV en los parámetros ambientales (Tabla 8); también se observó una interacción entre las masas de agua CSW y SUW en el estrato 75-100 m (Carrillo *et al.* 2016); la zona centro es dominada por la corriente Caimán y es donde se desvía ante la costa de la península (Carrillo *et al.* 2015, Domínguez-Nava *et al.* 2021), por lo que su variación hidrográfica vertical parece ser menor. La zona centro es, entonces, más afín a la norte que a la zona sur.

La distribución vertical del oxígeno disuelto mostró una correlación positiva con la temperatura, aunque no con las abundancias de CC a pesar de que el oxígeno disminuyó a mayor profundidad (Tablas 1 y 2) en esta parte del MCMB (Carrillo *et al.* 2016). Los mayores valores de oxígeno se obtuvieron de los 0-25 m en la zona sur, con abundancias promedio de CC (Tablas 1 y 2); este parámetro se distribuyó en el sistema de acuerdo con la dinámica ambiental (Álvarez-Cadena *et al.* 2007, Carrillo *et al.* 2016). En el Caribe de Colombia, Dorado-Roncancio *et al.* (2022) reconocieron la concentración de oxígeno disuelto como un parámetro relevante en la distribución vertical de la comunidad de copépodos pelágicos.

En el MCMB, la fluorescencia no mostró una correlación significativa con variable alguna, aunque se observa un patrón latitudinal y vertical ascendente, coincidiendo con lo observado por Aguirre-Gómez & Salmerón (2015), quienes reportaron un máximo subsuperficial de clorofila *a* y de fluorescencia a los 107 m de profundidad. Soto *et al.* (2009) registraron altas concentraciones de clorofila *a* en la zona sur del MCMB. Para Aguirre-Gómez & Salmerón (2015), los valores de clorofila y fluorescencia

son consistentes con las aguas oligotróficas del Caribe. En Bermuda los valores más altos se ubican a ~90 m (Paffenhöfer & Mazzocchi 2003). En el presente estudio los mayores valores de fluorescencia se obtuvieron en muestras diurnas a 75 y 100 m de profundidad en las zonas sur y centro (Tabla 2), lo que coincide en general con lo observado en los estudios mencionados.

SIMILITUD DEL HÁBITAT

El análisis cluster (Bray-Curtis) de las abundancias de CC en las tres zonas (Fig. 7) mostró una mayor afinidad entre las zonas centro y norte; ambas se separan claramente de la zona sur. La comunidad local de CC exhibió una estructura estable en los gradientes ambientales latitudinales. Las 24 especies comunes comprenden formas con distintos roles tróficos, como especies herbívoras de *Eucalanus* (Jackson & Smith 2015) y *Acartia*; omnívoros como *Clausocalanus*, *Subeucalanus*, *Temora* y carnívoros como especies de *Euchaeta*, *Heterorhabdus*, *Pontella*, *Pontellopsis*, y *Centropages* (Kleppel 1993, Chen *et al.* 2018). Algunas de estas especies pueden ocupar distintos nichos tróficos como oportunistas, dependiendo de la disponibilidad de alimento (Kleppel 1993, Kozak *et al.* 2020). Esta plasticidad trófica de los CC (Kleppel 1993) aporta un efecto estabilizador (Sprules & Bowerman 1998, Kozak *et al.* 2020) a las comunidades de CC, como la estudiada. Las discontinuidades hidrográficas de las zonas norte-centro y sur contribuyen a definir los intervalos de variación natural del hábitat, generando una oscilación que permite perfilar y estabilizar la comunidad local de CC, debido al papel equilibrante de las especies comunes (Okolodkov 2003, Pérez-Santos *et al.* 2014, Gaona-Hernández *et al.* 2024). La separación estadísticamente significativa de la zona sur y centro respecto a la zona norte podría estar relacionada con el comportamiento del giro de Honduras (Soto *et al.* 2009, Muhling *et al.* 2013, Martínez *et al.* 2019) (Tabla 4). La elevada riqueza de especies asociada de manera distintiva a la zona sur-Giro de Honduras pareciera resultar del efecto de emersión de agua subsuperficial que transporta verticalmente especies mesopelágicas propias de estratos inferiores (75-100 m) en ambas zonas (Fig. 12). Así, en el MCMB la mayor diversidad de CC se encontró en la zona sur (Tablas 6 y 8) donde predomina el Giro de Honduras. La diversidad de CC disminuye hacia las zonas centro y norte bajo la influencia de las corrientes de Caimán y Yucatán.

LA COMUNIDAD LOCAL DE CC

Las especies de CC registradas en el MCMB han sido observadas previamente en aguas neríticas y oceánicas del Caribe occidental, central y sur (Suárez-Morales & Gasca 1996, 1997, 1998, 2000a; Álvarez-Cadena *et al.* 2007, 2015; Medellín-Mora & Navas 2010, Márquez-Rojas *et al.* 2020, Dorado-Roncancio *et al.* 2022, Scott-Frías *et al.* 2023), el Golfo de México (Park 1970, Cummings 1983, López-Salgado *et al.* 2000, Suárez-Morales *et al.* 2009, Cházaro-Olvera *et al.* 2019, May-Ku *et al.* 2022, Gaona-Hernández *et al.* 2024) y las aguas adyacentes a

Florida (Owre & Foyo 1967, Bowman 1971, Kleppel *et al.* 1996). Esta amplia distribución regional respalda la existencia de una marcada conectividad biológica entre el Caribe occidental y el Golfo de México, la cual ha sido documentada mediante estudios de campo y, más recientemente, mediante modelos de dispersión virtual (Martínez *et al.* 2019).

Estudios previos del zooplancton basados en las muestras aquí analizadas abarcan diversos grupos, entre ellos los moluscos pterópodos (Parra-Flores & Gasca 2009), ictioplancton (Muhling *et al.* 2013) y los anfípodos hipéridos (Domínguez-Nava *et al.* 2021). En dichos trabajos se presentan datos sobre la distribución vertical y horizontal, los patrones día-noche, especies dominantes y parámetros ambientales relevantes para cada grupo (Tabla 9).

En el MCMB, Parra-Flores & Gasca (2009) relacionaron la variabilidad de las condiciones hidrográficas con los patrones de migración vertical de los moluscos pterópodos. Por su parte, Glippa *et al.* (2018) y Engström-Öst *et al.* (2019) observaron que los copépodos y pterópodos responden de manera diferencial a los cambios en las condiciones ambientales, y destacaron que, debido a sus patrones de migración, los copépodos pueden tolerar mayores niveles de estrés oxidativo. Asimismo, Domínguez-Nava *et al.* (2021) estudiaron la distribución vertical de anfípodos hipéridos y encontraron patrones de distribución vertical y horizontal diferentes de los observados en CC. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la asociación simbiótica de los hipéridos con organismos gelatinosos del zooplancton, la cual puede influir en sus patrones de distribución (Domínguez-Nava *et al.* 2021).

De acuerdo con los resultados de Domínguez-Nava *et al.* (2021), las dos especies dominantes de hipéridos marcan la dinámica nictemeral del grupo en el MCMB; ambas co-ocurren en el mismo estrato (Tabla S1). En el caso de los CC de este estudio, las abundancias totales y sus variaciones día-noche (Fig. S1) están determinadas por el conjunto de especies más abundantes (*A. longicornis*, *C. furcatus*, *E. marina*, *H. longicornis*, *L. flavicornis*, *N. minor* y *U. vulgaris*), que se agruparon tanto en las muestras diurnas como en las nocturnas en los distintos estratos (Fig. S2). Algo equivalente fue encontrado por Parra-Flores & Gasca (2009) respecto a los pterópodos en esta zona del MCMB, donde el grupo de seis especies dominantes determina los patrones de migración vertical de los pterópodos. Aunque Muhling *et al.* (2013) no evaluaron directamente la migración vertical de las larvas de peces en esta área, reportaron un patrón horizontal binario entre las zonas norte-centro y sur, caracterizado por la dominancia de familias ecológicamente distintas en cada zona, lo que sugiere la existencia de patrones verticales heterogéneos. Este efecto no se observó en los estudios de pterópodos, anfípodos ni en los CC del presente trabajo, ya que estos se restringieron a las aguas del MCMB, mientras que el estudio de Muhling *et al.* (2013) incluyó también aguas de Honduras.

En general, la diversidad del zooplancton del Caribe occidental permite la coexistencia de diferentes taxa, cada uno con su propia dinámica, pero son las especies más abundantes de cada grupo las que definen sus patrones de distribución vertical. El estrato epipelágico usualmente contiene la mayor diversidad y abundancia del zooplancton (Kinzer 1969); el patrón usual de migración nocturnal en el zooplancton comprende dos fases: 1) ascenso y permanencia de herbívoros en la noche y 2) descenso de esta fracción a mayores profundidades durante el día (Bandara *et al.* 2021). Los datos disponibles de pterópodos (Parra-Flores & Gasca 2009) y anfípodos (Domínguez-Nava *et al.* 2021), obtenidos durante la misma campaña oceanográfica aquí analizada, se ajustan a este patrón, con mayores abundancias en muestras nocturnas y en el estrato más superficial (0-50 m) (Tabla S1). Por tanto, el mismo comportamiento fue observado para los CC en este estudio. De acuerdo con Bandara *et al.* (2021), los depredadores suelen seguir a sus presas herbívoras, lo que provoca una compleja actividad trófica que, en el caso de los CC del MCMB puede explicar la presencia de formas carnívoras (28% de las especies encontradas) en todos los estratos analizados.

Se ha propuesto que una menor abundancia de copépodos en el zooplancton puede estar asociada con cambios en la abundancia y distribución del ictioplancton (Kozak *et al.* 2014), así como con variaciones en la distribución de otros zooplancteres depredadores de copépodos (López-Salgado *et al.* 2000). Aunque los CC pueden realizar migraciones verticales que contribuyen a reducir el riesgo de depredación, también presentan otros mecanismos de defensa, entre ellos el demersalismo, los movimientos migratorios, la formación de enjambres, las defensas químicas y las respuestas de huida, que disminuyen su susceptibilidad frente a los depredadores (Ohman 1988).

Se observó una alta diversidad, pero una baja abundancia de CC en comparación con la registrada en estudios realizados en sistemas arrecifales adyacentes (Cummings 1983, Suárez-Morales & Gasca 2000b, Álvarez-Cadena *et al.* 2015, Rosales-Saldívar 2016, Cházaro-Olvera *et al.* 2019). La baja densidad de CC en ambientes oceánicos es consistente con las características oligotróficas del Mar Caribe, donde la biomasa zooplanctónica puede ser inferior a 100 mg m⁻³, particularmente durante el invierno (Okolodkov 2003, Márquez-Rojas *et al.* 2009).

DIVERSIDAD

La comunidad local de CC estuvo conformada por 83 de las 201 especies de CC reportadas previamente para todo el MCMB (Suárez-Morales & Gasca 1998, 2000a; Ardisson *et al.* 2011, May-Ku *et al.* 2022). En los sistemas arrecifales de Quintana Roo, se han identificado 87 especies neríticas y oceánicas de copépodos y se documenta la intrusión importante de especies oceánicas en los sistemas arrecifales y costeros adyacentes (Álvarez-Cadena *et al.* 2007, 2015; Suárez-Morales & Gasca 2000b), así como formas neríticas presentes en aguas oceánicas, lo que en

el Pacífico mexicano se ha relacionado a la hidrografía costera y a una plataforma continental estrecha (Suárez-Morales *et al.* 2000, Kozak *et al.* 2014).

Los CC identificados son comunes en aguas tropicales y subtropicales, aunque también hay especies que se pueden encontrar en zonas templadas y frías (Tabla 3) (Suárez-Morales 2000, 2003; Álvarez-Cadena *et al.* 2007, 2015; Rosales-Saldívar 2016, Cházaro-Olvera *et al.* 2019, Razouls *et al.* 2005-2025, Gaona-Hernández *et al.* 2024). Su distribución batimétrica es amplia, aunque se presentó una mayor frecuencia de especies epipelágicas que se mantienen en la superficie con diferente migración horizontal y vertical, donde pueden alcanzar estratos más profundos (Suárez-Morales & Gasca 1997, López-Salgado *et al.* 2000, Razouls *et al.* 2005-2025).

Respecto a la proporción de sexos, se observó, de manera consistente, una mayor abundancia de hembras que de machos en el MCMB, con una proporción general de 1: 0,42, que es una cifra común en CC (Mednikov 1961); un valor similar (1: 0,44) se documentó para *T. stylifera*, una especie dominante en el MCMB (Carotenuto *et al.* 2011). En los CC se espera que la proporción sexual sea cercana a 1:1; sin embargo, Gusmão *et al.* (2013) señalaron que una mayor proporción de hembras no necesariamente se atribuye a una mayor depredación de los machos, sino que puede resultar de diversos factores, entre ellos diferencias en la longevidad y en los niveles de actividad entre hembras y machos de cada especie. Asimismo, la variabilidad ambiental puede modificar la proporción sexual (Heinle 1970, Osorio-Galindo 1998, Gusmão *et al.* 2013), con posibles consecuencias sobre el potencial reproductivo de las poblaciones, debido a su influencia sobre las estrategias de alimentación y reproducción (Kjørboe 2006, Gusmão *et al.* 2013, Someren *et al.* 2017). En el estrato 25-50 m del MCMB, se observó una proporción de sexos (1: 0,49) que fue significativamente mayor ($F= 15,286$; $P= 0,00037$) a los demás estratos y que coincide con los valores más elevados de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto entre los estratos verticales analizados. La proporción de sexos fue menor en los estratos más profundos (75-100 m= 1:0,39; 50-75 m= 1:0,11) y en el más superficial (0-25 m= 1:0,37). Las poblaciones con menor proporción de machos suelen tener mayor éxito reproductivo al paso de las generaciones (Kjørboe 2006). Osorio-Galindo (1998) observó que la variación de la temperatura influye en la proporción sexual, la cual tiende a aproximarse a 1:1 bajo condiciones de temperaturas elevadas, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Los CC inmaduros (copepoditos en estadios CI-CV) representaron cerca del 35% de la abundancia total de CC registrada. Entre ellos, predominaron los copepoditos en estadio V de distintas especies, mientras que los estadios más tempranos (CI-CIV) presentaron menor abundancia y no mostraron desplazamientos verticales considerables (Fig. S3). Estos estadios tempranos pueden presentar una distribución vertical diferente de la observada en los copepoditos en estadio V y los adultos, particularmente en especies herbívoras (Daase *et al.* 2008).

Diversos estudios han demostrado la importancia de los nauplios y copepoditos, tanto por su abundancia como por su contribución a la producción secundaria, como componentes intermediarios de las redes tróficas (Hopcroft & Roff 1998, Hernández-Trujillo & Álvarez-Silva 1999). Estos organismos constituyen presas abundantes para larvas de peces y otros zooplancteres y, a su vez, pueden aprovechar recursos del nano- y microplancton (Hopcroft & Roff 1998, Turner 2004). En las muestras diurnas del MCMB, la mayor abundancia de copepoditos en estadio V se registró en el estrato superficial (0-25 m), mientras que durante la noche sus mayores abundancias se localizaron en el estrato de 50-75 m, posiblemente como respuesta a mecanismos de evitación de la competencia intraespecífica y la depredación (Pasternak *et al.* 2006). Aunque la abundancia de los adultos disminuyó durante la noche, los copepoditos en estadios I-IV mantuvieron abundancias relativamente constantes en el estrato más profundo, tanto de día como de noche. Los copepoditos en estadio V fueron los más abundantes y mostraron mayor actividad migratoria en el MCMB (Fig. S3).

En este trabajo se aportaron nuevos antecedentes sobre el comportamiento migratorio de la comunidad de CC en el estrato epipelágico superior (0-100 m) del MCMB. Los datos, obtenidos a partir de un conjunto único de muestras estratificadas, permitieron evidenciar procesos activos de migración noctemeral a pequeña escala en la comunidad de CC de la capa epipelágica superficial. Estos patrones fueron analizados e interpretados en relación con la biología, diversidad y distribución de los CC. Los resultados mostraron que los patrones de migración vertical día/noche en el MCMB están estrechamente relacionados con la dinámica de las especies dominantes, entre ellas *Clausocalanus furcatus*, *Euchaeta marina*, *Lucicutia flavicornis*, *Nannocalanus minor* y *Undinula vulgaris*.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS CC

El patrón distribucional general observado en los CC en el MCMB es consistente con la migración vertical diurna (DVM) típica del zooplancton, caracterizada por mayores densidades nocturnas en los estratos superficiales, como resultado de la emersión de poblaciones, y por mayores abundancias diurnas en las capas más profundas, asociadas a la inmersión diurna hacia estratos inferiores (Hays 2003, Ohman & Romagnan 2015) (Figs. S1, S2 y S3). A pesar de que los análisis no mostraron diferencias estadísticas entre estratos o día-noche, fue evidente que existe un patrón DVM en la comunidad local de CC y que éste se encuentra definido por las abundancias diales totales (Figs. S1 y S3) y de las especies dominantes (Fig. S2) en el ciclo día-noche. La distribución uniforme de las especies comunes con migraciones débiles en los estratos pudo ser un factor que atenuase posibles diferencias entre los estratos o diales. Es posible que la amplia distribución vertical de especies comunes en el MCMB o su permanencia en estratos definidos contribuyera a menguar las señales locales de migración vertical y DVM.

De acuerdo con los resultados de Fernández de Puelles *et al.* (2023) en aguas tropicales y subtropicales del océano Atlántico, se presenta un espectro de comportamientos migratorios en los CC oceánicos que incluye: 1) especies de migración débil que permanecen en estratos subsuperficiales sin traspasarlos, grupo que se observó también en el MCMB con especies de distribución restringida (*A. gracilis*, *E. curticauda*, *E. paraconcinna*, *S. securifrons* y *S. subtenuis*), 2) especies abundantes con migraciones moderadas, como *Scolecithrix danae* (Fig. S2), con sus mayores abundancias en los primeros 50 m (Palomares-García *et al.* 2013), 3) migradores fuertes que descienden a profundidades meso o batipelágicas y después emergen, y 4) especies asociadas con surgencias. En el área de estudio, se encontraron ejemplos de estos comportamientos: las poblaciones locales de *E. marina*, *S. danae* y *U. vulgaris* aparecieron como migradores débiles, permaneciendo en las capas más superficiales en todo el ciclo dial (Fig. S2). Por su parte, *C. furcatus*, una de las especies más abundantes en el MCMB, tuvo movimientos moderados desde la superficie hasta el estrato 75-100 m (Fig. S2). Se encontraron también varias especies propias de aguas epi-mesopelágicas (Owre & Foyo 1967) (Tabla 3) que son migrantes fuertes, cuyo límite superior de migración sólo alcanzó el estrato más profundo (75-100 m) en el MCMB como: *C. streetsii*, *H. mucronatus*, *S. helenae*, *S. magnus* y *U. plumosa*. Como representantes del grupo relacionado con surgencia, se encontraron especies epi-mesopelágicas como *H. acutifrons*, *E. curticauda*, *E. paraconcinna*, *E. pulchra* y *S. securifrons*, en la elevación local de isolíneas en la zona sur-Giro de Honduras (Monreal *et al.* 1999) y se aprecia un incremento notable en la abundancia diurna de CC en el estrato 75-100 m de la zona sur y en el estrato 50-75 m de la zona centro (Fig. 12), explicando así la divergencia estadística observada con respecto a la zona norte (Tabla 4).

A pesar del dinamismo hidrográfico en este estrato superficial, la comunidad de CC mostró una notable estabilidad debido a que las especies más dominantes son generalistas o comunes en el MCMB; la diversidad trófica de los CC permite su coexistencia y aporta estabilidad a la comunidad, reduciendo la competencia en este estrato. En términos de proporción sexual, las hembras fueron significativamente predominantes en los estratos superiores. El predominio de hembras en la comunidad local de CC es una tendencia frecuente, pero debe ser estudiada con mayor detalle como reflejo de las estrategias reproductivas de cada especie. En el MCMB, los CC epipelágicos conforman una comunidad estable en la capa superficial (0-100 m), caracterizada por una elevada diversidad trófica y una dinámica migratoria noctemeral muy activa, definida por un grupo de especies altamente dominantes. Este estudio constituye el primer antecedente sobre la distribución vertical a pequeña escala de los CC en el estrato epipelágico superior del Caribe occidental.

DECLARACIONES

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al capitán y a la tripulación del buque de investigación ‘Gordon Gunter’ (NOAA-SEFSC) por su asistencia durante la obtención de las muestras de zooplancton. John T. Lamkin (NOAA-SEFSC) nos invitó a participar en el Proyecto: “Estudio de oceanografía física y larvas de peces del Sistema Arrecifal Mesoamericano”, apoyado por el NOAA-SEFS y nos permitió analizar las muestras en el Laboratorio de Zooplancton de ECOSUR, institución que nos apoyó mediante recursos fiscales. Este trabajo se deriva de la tesis presentada por el primer autor (SR-S) para obtener el grado de Maestría en el posgrado del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM (México).

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

E.S. y S.R. realizaron la conceptualización y el diseño metodológico del estudio. L.V. y L.C. efectuaron los muestreos y los análisis de datos de campo. S.R. llevó a cabo los análisis estadísticos y E.S. elaboró las figuras. S.R.S. redactó el borrador original, y todos los autores contribuyeron a la revisión y edición del manuscrito.

FINANCIAMIENTO

El muestreo en México fue financiado por el Programa de Conservación de Arrecifes de Coral / Proyecto UM 517/04 (Monitoreo de la Utilización de las Áreas Marinas Protegidas por los Peces de Arrecifes de Coral y la Conectividad de Reclutamiento entre los Cayos de Florida y los Arrecifes Mesoamericanos) de la NOAA.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no reportan conflicto de intereses.

USO DE HERRAMIENTA DE IA

Declaramos que no se utilizaron herramientas de IA durante la preparación de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Gómez R & O Salmerón. 2015. Characterization of the western Caribbean Sea waters through in vivo chlorophyll fluorescence. *Journal of Marine and Coastal Sciences* 7: 9-26. <<https://doi.org/10.15359/revmar.7.1>>
- Álvarez-Cadena JN, U Ordóñez-López, D Valdés-Lozano, AR Almaral-Mendivil & A Uicab-Sabido. 2007. Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrografía del norte de Quintana Roo, mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 421-430.
- Álvarez-Cadena JN, E Suárez-Morales & R Gasca. 2015. Copepod assemblages from a Reef-related environment in the Mexican Caribbean Sea. *Crustaceana* 71(4): 411-433.
- Ardissou PL, MA May-Ku, MT Herrera-Dorantes & A Arellano-Guillermo. 2011. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Hidrobiológica* 21(3): 261-280.
- Bandara K, Ø Varpe, L Wijewardene, V Tverberg & K Eiane. 2021. Two hundred years of zooplankton vertical migration research. *Biological Reviews* 96(4): 1547-1589.
- Benedetti F, S Gasparini & A Sakina-Dorothée. 2016. Identifying copepod functional groups from species functional traits. *Journal of Plankton Research* 38: 159-166. <doi.org/10.1093/plankt/fbv096>
- Bezaury-Creel J, E Escobar-Briones, S Schill, JF Torres, C Molina-Islas, AL García-López, O Pedrín-Osuna & IJ March-Mifsut. 2011. Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida Reserva de la Biosfera Submarina del Caribe Mexicano, 117 pp. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP, The Nature Conservancy, Ciudad de México.
- Bollens SM & BW Frost. 1991. Diel vertical migration in zooplankton: Rapid individual response to predators. *Journal of Plankton Research* 13(6): 1359-1365. <[doi:10.1093/plankt/13.6.1359](https://doi.org/10.1093/plankt/13.6.1359)>
- Bowman TE. 1971. The distribution of calanoid copepods off the southeastern United States between Cape Hatteras and southern Florida. *Smithsonian Contributions to Zoology* 96: 1-58.
- Bray JR & JT Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349. <doi.org/10.2307/1942268>
- Campos-Hernández A & E Suárez-Morales. 1994. Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y Sistemática, 360 pp. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México/ Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), Ciudad de México.
- Carotenuto Y, A Ianora & A Miralto. 2011. Maternal and neonate diatom diets impair development and sex differentiation in the copepod *Temora stylifera*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 396: 99-107.
- Carrillo L, EM Johns, RH Smith, JT Lamkin & JL Largier. 2015. Pathways and hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System Part 1: Circulation. *Continental Shelf Research* 109: 164-176. <doi.org/10.1016/j.csr.2015.09.014>
- Carrillo L, EM Johns, RH Smith, JT Lamkin & JL Largier. 2016. Pathways and hydrography in the Mesoamerican Barrier Reef System Part 2: Water masses and thermohaline structure. *Continental Shelf Research* 120: 41-58. <doi.org/10.1016/j.csr.2016.03.014>
- Cházaro-Olvera S, J Montoya-Mendoza, S Rosales-Saldivar, H Vásquez-López & C Meiners-Mandujano. 2019. Planktonic copepod community of a reef zone in the southern Gulf of Mexico. *Journal of Natural History* 53(19-20): 1187-1208. <doi.org/10.1080/00222933.2019.1637476>
- Chen M, D Kim, H Liu & K Chang-Keun. 2018. Variability in copepod trophic levels and feeding selectivity based on stable isotope analysis in Gwangyang Bay of the southern coast of the Korean Peninsula. *Biogeosciences* 15: 2055-2073.
- Cummings JA. 1983. Habitat dimensions of calanoid copepods in the western Gulf of Mexico. *Journal of Marine Research* 42(1): 163-188. <doi.org/10.1357/002224084788506121>

- Daase M, E Ketil, DL Aksnes & D Vogedes. 2008.** Vertical distribution of *Calanus* spp. and *Metridia longa* at four Arctic locations. *Marine Biology Research* 4: 193-207.
- Domínguez-Nava A, R Gasca, LE Carrillo-Bibriezca, L Vásquez-Yeomans & E Suárez-Morales. 2021.** Hyperiid amphipod vertical distribution and community structure in the upper 100 m of the northwestern Caribbean Sea. *Bulletin of Marine Science* 97(3): 401-426.
- Dorado-Roncancio E, J Medellín-Mora, J Mancera-Pineda & M Pizarro-Koch. 2022.** Copepods of the off-shore waters of Caribbean Colombian Sea and their response to oceanographic regulators. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 101(8): 1129-1143. <doi:10.1017/S0025315422000133>
- Easson CG, KM Boswell, N Tucker, JD Warren & JV López. 2020.** Combined eDNA and acoustic analysis reflects diel vertical migration of mixed consortia in the Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science* 7, 552. <doi:10.3389/fmars.2020.00552>
- Engström-Öst J, O Glippa, R Feely, M Kanerva, J Keister, S Alin, B Carter, A McLaskey, AK Vuori & N Bednaršek. 2019.** Eco-physiological responses of copepods and pteropods to ocean warming and acidification. *Scientific Reports* 9, 4748. <doi: 10.1038/s41598-019-41213-1>
- Fernández de Puellas ML, M Gazá, M Santandreu & S Hernández-León. 2023.** Diel vertical migration of copepods in the tropical and subtropical Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography* 219, 103147. <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2023.103147>
- Gaona-Hernández A, E Suárez-Morales, L Linacre, J Compaire, JR Lara-Lara & S Herzka. 2024.** Seasonal variability drives differences in the structure of the calanoid copepod community in two contrasting regions of the Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research* 46(2): 158-173. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbad057>
- Glippa O, J Engström-Öst, M Kanerva, A Rein & K Vuori. 2018.** Oxidative stress and antioxidant defense responses in *Acartia* copepods in relation to environmental factors. *PLoS ONE* 13(4), e0195981. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195981>
- Greenacre M. 2017.** Correspondence analysis in practice, 326 pp. Chapman & Hall/CRC Interdisciplinary Statistics Series, Barcelona.
- Gusmão LFM, AD McKinnon & AJ Richardson 2013.** No evidence of predation causing female-biased sex ratios in marine pelagic copepods. *Marine Ecology Progress Series* 482: 279-298. <doi: 10.3354/meps10265>
- Hammer Ø. 2019.** PAST (PAleontological STatistics). Version 3.25. Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo, Oslo.
- Hays GC. 2003.** A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. *Hydrobiologia* 503: 163-170.
- Heinle DR. 1970.** Population dynamics of exploited cultures of calanoid copepods. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 20: 360-372.
- Hernández-Trujillo S & C Álvarez-Silva. 1999.** Depredación de *Corycaeus giesbrechti* Dahl. 1894 sobre nauplios de *Acartia tonsa* Dana. 1852 y *Tintinnopsis* sp. Stein. 1867. *Océanides* 14(1): 67-71.
- Hopcroft RR & JC Roff. 1998.** Zooplankton growth rates: the influence of size in nauplii of tropical marine copepods. *Marine Biology* 132: 87-96.
- Jackson ML & SL Smith. 2016.** Vertical distribution of Eucalanoid copepods within the Costa Rica Dome area of the Eastern Tropical Pacific. *Journal of Plankton Research* 38(2): 305-316.
- Kinzer J. 1969.** On the quantitative distribution of zooplankton in deep scattering layers. *Deep Sea Research Oceanography Abstracts* 16(2): 117-120.
- Kjørboe T. 2006.** Sex. sex-ratios. and the dynamics of pelagic copepod populations. *Oecologia* 148(1): 40-50. <http://www.jstor.org/stable/20445882>
- Kleppel GS. 1993.** On the diets of calanoid copepods. *Marine Ecology Progress Series* 99: 183-195.
- Kozak ER, MC Franco-Gordo, E Suárez-Morales & R Palomares-García. 2014.** Seasonal and interannual variability of the calanoid copepod community structure in shelf waters of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 507: 95-110. <doi.org/10.3354/meps10811>
- Kozak ER, MC Franco-Gordo, E Godínez-Domínguez, E Suárez-Morales & I Ambriz-Arreola. 2020.** Seasonal variability of stable isotope values and niche size in tropical calanoid copepods and zooplankton size fractions. *Marine Biology* 167(2): 37-52.
- Kutner MH, CJ Nachtsheim, J Neter & W Li. 2005.** Applied linear statistical models, 1396 pp. McGraw-Hill-Irwin, New York.
- Leising AW & PJS Franks. 2000.** Copepod vertical distribution within a spatially variable food source: a simple foraging-strategy model. *Journal of Plankton Research* 22(6): 999-1024. <doi.org/10.1093/plankt/22.6.999>
- Llopiz JK & AJ Hobday. 2015.** A global comparative analysis of the feeding dynamics and environmental conditions of larval tunas, mackerels and billfishes. *Deep-Sea Research Part I, Topical Studies in Oceanography* 113: 113-124.
- López-Salgado I & E Suárez-Morales. 1998.** Copepod assemblages in surface waters of the Western Gulf of Mexico. *Crustaceana* 71(3): 312-330.
- López-Salgado I, R Gasca & E Suárez-Morales. 2000.** La comunidad de copépodos (Crustacea) en los giros a mesoescala en el occidente del Golfo de México (julio 1995). *Revista de Biología Tropical* 48(1): 169-179.
- Márquez-Rojas B, J Díaz-Ramos, L Troccoli, V Marín & R Varela. 2009.** Densidad, biomasa y composición del zooplancton, en el estrato superficial de la cuenca de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 737-749. <doi.org/10.4067/S0718-19572009000300019>
- Márquez-Rojas B, E Zoppi de Roa & J Zegarra-Narro. 2020.** An updated checklist of copepod species (Arthropoda: Crustacea) from the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Pan-American Journal of Aquatic Science* 15: 143-150.
- Martínez S, L Carrillo & SG Marinone. 2019.** Potential connectivity between marine protected areas in the Mesoamerican Reef for two species of virtual fish larvae: *Lutjanus analis* and *Epinephelus striatus*. *Ecological Indicator* 102: 10-20.

- May-Ku MA, M Ornelas-Roa & E Suárez-Morales. 2022.** Surface copepod assemblages in shallow coastal waters off northeastern Yucatan Peninsula influenced by the Yucatan upwelling. *Regional Studies in Marine Science* 56, 102718. <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102718>>
- Medellín-Mora J & RG Navas. 2010.** Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del Mar Caribe colombiano. *Investigaciones Marinas y Costeras* 39(2): 265-306.
- Mednikov BM. 1961.** On the sex ratio in deep water Calanoida. *Crustaceana* 3(2): 105-109.
- Merino M. 1997.** Upwelling on the Yucatan shelf: hydrographic evidence. *Journal of Marine Systems* 13: 101-121.
- Monreal MA, DA Salas & J Aldeco. 1999.** Las surgencias costeras de América. *Revista Geofísica* 51: 7-43.
- Monreal MA, DA Salas & A Gracia. 2004.** Golfo de México, circulación y productividad. *Ciencias, UNAM* 76: 24-33.
- Muhling BA, RH Smith, L Vásquez-Yeomans, JT Lamkin, EM Johns, L Carrillo, E Sosa-Cordero & E Malca. 2013.** Larval fish assemblages and mesoscale oceanographic structure along the Mesoamerican Barrier Reef System. *Fisheries Oceanography* 22(5): 409-428. <<https://doi.org/10.1111/fog.12031>>
- Ohman MD. 1988.** Behavioral responses of zooplankton to predation. *Bulletin of Marine Science* 43(3): 530-550.
- Ohman MD & JB Romagnan. 2015.** Nonlinear effects of body size and optical attenuation on Diel Vertical Migration by zooplankton. *Limnology & Oceanography* 61(2): 765-770.
- Okolodkov YB. 2003.** A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiológica* 13(3): 207-221.
- Osorio-Galindo M. 1998.** Efecto de la temperatura y la salinidad en parámetros poblacionales de *Pseudodiaptomus euryhalinus* Johnson (Crustacea: Copepoda: Calanoida) en condiciones controladas. Tesis de Maestro en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, 68 pp.
- Owre HB & M Foyo. 1967.** Copepods of the Florida Current. *Fauna Caribaea*, No.1. Crustacea, Part 1: Copepoda, 137 pp. Institute of Marine Science, University of Miami, Miami.
- Paffenhöfer GA & MG Mazzocchi. 2003.** Vertical distribution of subtropical epiplanktonic copepods. *Journal of Plankton Research* 25(9): 1139-1156. <<https://doi.org/10.1093/plankt/25.9.1139>>
- Palomares-García R, J Gómez-Gutiérrez & CJ Robinson. 2013.** Winter and summer vertical distribution of epipelagic copepods in the Gulf of California. *Journal of Plankton Research* 35(5): 1009-1026. <<https://doi.org/10.1093/plankt/ftb052>>
- Park TS. 1970.** Calanoid copepods from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. 2. New species and new records from plankton samples. *Bulletin of Marine Science* 20(2): 472-546.
- Park TS. 1993.** Taxonomy and distribution of the marine calanoid copepod family Euchaetidae. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* 29: 1-203.
- Parra-Flores A & R Gasca. 2009.** Distribution of pteropods Mollusca: Gastropoda: Thecosomata in surface waters (0-100 m) of Western Caribbean Sea (winter, 2007). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 44(3): 647-662.
- Pasternak AF, VN Mikheev & J Wanzenböck. 2006.** How plankton copepods avoid fish predation: From individual responses to variations of the life cycle. *Journal of Ichthyology* 46: 220-226. <<https://doi.org/10.1134/S0032945206110129>>
- Pérez-Santos I, W Schneider, A Valle-Levinson, J Garcés-Vargas, I Soto, R Montoya-Sánchez, N Melo & VF Müller-Karger. 2014.** Chlorophyll-*a* patterns and mixing processes in the Yucatan Basin, Caribbean Sea. *Ciencias Marinas* 40(1): 11-31.
- Pitchaikani JS & AP Lipton. 2017.** A Principal Component Analysis (PCA) approach to seasonal and zooplankton diversity relationships in fishing grounds of Mannar Gulf, India. *Notulae Scientia Biologicae* 9(2): 153-160. <<https://doi.org/10.15835/nsb929952>>
- Razouls C, N Desreumaux, J Kouwenberg & F de Bovée. 2005-2025.** Biodiversity of marine planktonic copepods (morphology, geographical distribution and biological data). Sorbonne University, CNRS, Banyuls sur Mer. <<http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>>
- Rencher AC & WF Christensen. 2012.** Methods of multivariate analysis, 745 pp. Brigham Young University, Provo.
- Rocha-Ramírez A, R Chávez-López, A Ramírez & S Cházaro-Olvera. 2007.** Comunidades: Métodos de estudio, 241 pp. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, Ciudad de México.
- Rosales-Saldivar S. 2016.** Diversidad, distribución y abundancia de la subclase Copepoda (H. Milne-Edwards, 1840) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Biólogo, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 90 pp. <<https://ru.dgb.unam.mx/jspui/handle/20.500.14330/TES01000750487>>
- Scott-Frías J, F Cervigón, E Zoppi de Roa & E Suárez-Morales. 2023.** Pelagic copepod diversity (Crustacea: Copepoda) in the Southern Caribbean: evidence of a pending assignment. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94: 1-25.
- Sheng J, L Wang, S Andréfouët, C Hu, BG Hatcher, FE Müller-Karger, B Kjerfve, WD Heyman & B Yang. 2007.** Upper ocean response of the Mesoamerican Barrier Reef System to Hurricane Mitch and coastal freshwater inputs: A study using Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) ocean color data and a nested-grid ocean circulation model. *Journal of Geophysical Research* 112: 1-22. <doi.org/10.1029/2006JC003900>
- Someren HV, R Alameda, M Lindegren & T Kjørboe. 2017.** Gender-specific feeding rates in planktonic copepods with different feeding behavior. *Journal of Plankton Research* 39(4): 631-644. <[doi:10.1093/plankt/ftx033](https://doi.org/10.1093/plankt/ftx033)>
- Soto I, S Andréfouët, C Hu, FE Müller-Karger, C Wall, J Sheng & BG Hatcher. 2009.** Physical connectivity in the Mesoamerican Barrier Reef System inferred from 9 years of ocean color observations. *Coral Reefs* 28: 415-425. <doi.org/10.1007/s00338-009-0465-0>
- Sprules WG & JE Bowerman. 1988.** Omnivory and food chain length in zooplankton food webs. *Ecology* 69(2): 418-426. <doi.org/10.2307/1940440>
- Stefanoudis PV, M Rivers, HV Ford, IM Yashayaev, AD Rogers & LC Woodall. 2019.** Changes in zooplankton communities from epipelagic to lower mesopelagic waters. *Marine Environmental Research* 146: 1-11. <doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.02.014>

- Strand E, C Broms, E Bagøien, T Knutsen, H Arnesen & B Mozfar. 2022. Comparison of two multiple plankton samplers: MOCNESS and Multinet Mammoth. *Limnology & Oceanography: Methods* 20(10): 595-604. <doi: 10.1002/lom3.10507>
- Suárez-Morales E. 1997. Pelagic copepod assemblages during spring upwelling off the Yucatan Peninsula. *International Oceanographic Commission (SCOR/IOC-UNESCO) Workshop Report* 142: 345-352.
- Suárez-Morales E & R Gasca. 1996. Plankton copepods of Bahía de la Ascensión. Caribbean coast of Mexico: a seasonal survey. *Crustaceana* 62(2): 162-174.
- Suárez-Morales E & R Gasca. 1997. Copépodos (Crustacea) de aguas superficiales del Mar Caribe mexicano (mayo, 1991). *Revista de Biología Tropical* 54: 1523-1529.
- Suárez-Morales E & R Gasca. 1998. Updated checklist of the free-living marine copepoda (Crustacea) of Mexico. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología* 69(1): 105-119.
- Suárez-Morales E & R Gasca. 2000a. Epipelagic copepod assemblages in the western Caribbean Sea (1991). *Crustaceana* 73(10): 1247-1257.
- Suárez-Morales E & R Gasca. 2000b. The planktonic copepod community at Mahahual reef, Western Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 66: 255-267.
- Suárez-Morales E, MC Franco-Gordo & M Saucedo. 2000. On the pelagic copepod (Crustacea: Copepoda) community of the central Mexican tropical Pacific (autumn, 1990). *Crustaceana* 73(6): 751-761.
- Suárez-Morales E, JW Fleegeer & P Montagna. 2009. Free-living Copepoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico. In: Felder DL & DK Camp (eds). *Gulf of Mexico, origin, waters, and biota: Volume 1. Biodiversity*: 841-869. Texas A&M University Press, Texas.
- Tilley JD, CM Butler, E Suárez-Morales, JS Franks, ER Hoffmayer, DP Gibson, BH Comyns, GW Ingram Jr & EM Blake. 2016. Feeding ecology of larval Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, from the central Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 92(3): 321-334.
- Turner JT. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies* 43(2): 255-266.
- Turner JT, PA Tester & WJ Conley. 1984. Zooplankton feeding ecology: predation by the marine cyclopoid copepod *Corycaeus amazonicus* F. Dahl upon natural prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 84: 191-202.
- Wiebe PH, AW Morton, AM Bradley, RH Backus, JE Craddock, V Barber, TJ Cowles & GR Flierl. 1985. New development in the MOCNESS. an apparatus for sampling zooplankton and micronekton. *Marine Biology* 87: 313-323. <https://doi:10.1007/BF00397811>
- Yamaguchi A, K Matsuno & T Homma. 2015. Spatial changes in the vertical distribution of calanoid copepods down to great depths in the North Pacific. *Zoological Studies* 54, 13. <https://doi.org/10.1186/s40555-014-0091-6>

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Tabla S1. Síntesis de los principales resultados de estudios realizados en distintos grupos del zooplancton en relación con variables ambientales y ciclos nictemerales en el estrato vertical de 0-100 m del MCMB / Synthesis of the main results of studies conducted on different zooplankton groups in relation to environmental variables and nycthemeral cycles in the 0-100 m vertical layer of the MCMB

	Parra & Gasca (2009) (pterópodos)	Domínguez-Nava <i>et al.</i> (2021) (hipéridos)	Muhling <i>et al.</i> (2013) (larvas de peces)	Este estudio (CC)
Número de especies /taxa	36	82	120	83
Taxa más abundantes	<i>Limacina</i> spp. <i>Creseis acicula</i>	<i>Lestrigonus bengalensis</i> <i>Brachyscelus crusculum</i>	Myctophidae	<i>U. vulgaris</i> <i>C. furcatus</i> <i>N. minor</i> <i>S. danae</i>
Abundancia nocturna	Mayor	Mayor	No determinado	Mayor
Estrato con mayor abundancia	0-25 m	0-25 m	0-50 m	25-50 m
Estrato con mayor diversidad	0-25 m	75-100 m	0-50 m	50-75m
Factores ambientales influyentes	No determinado	Temperatura y salinidad	No determinado	Temperatura, O ₂ disuelto, profundidad
Zonificación (i.e., norte, centro, sur)	Si	Si	Si	Si

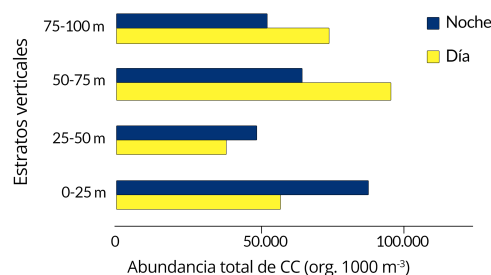


Figura S1. Abundancia total de copépodos calanoides (CC) por estrato vertical (0-25, 5-50, 50-75 y 75-100 m) en condiciones diurnas (barra amarilla) y nocturnas (barra azul) del MCMB (enero, 2007). Se observa un patrón de migración vertical diel, con mayores abundancias en superficie durante la noche y en profundidad durante el día / Total abundance of calanoid copepods (CC) by vertical stratum (0-25, 25-50, 50-75, and 75-100 m) during daytime (yellow bar) and nighttime (blue bar) of the MCMB (January, 2007). A diel vertical migration pattern is evident, with higher abundances in surface layers at night and deeper during the day

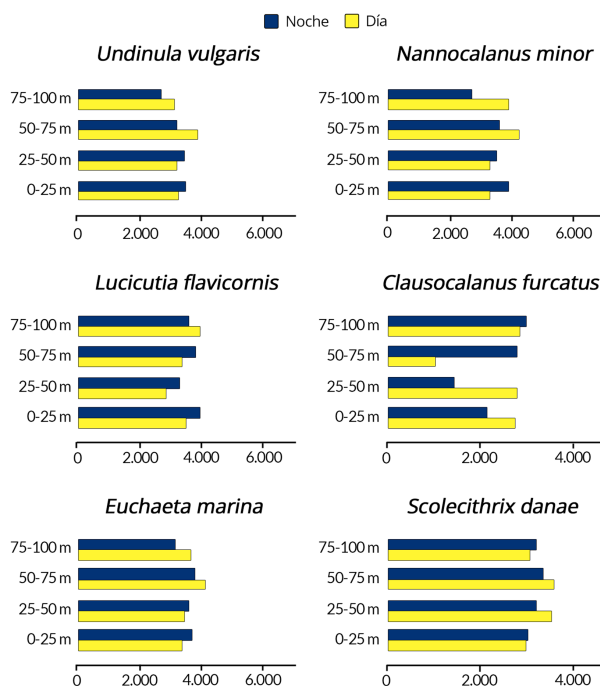


Figura S2. Abundancia total ($\log_{10} + 1$) diurna (barras amarillas) y nocturna (barras azules) de las seis especies más dominantes de CC por estrato vertical del MCMB (enero, 2007) / Daytime (yellow bars) and nighttime (blue bars) total abundance ($\log_{10} + 1$) of the six most dominant CC species by vertical stratum in the MCMB (January, 2007)

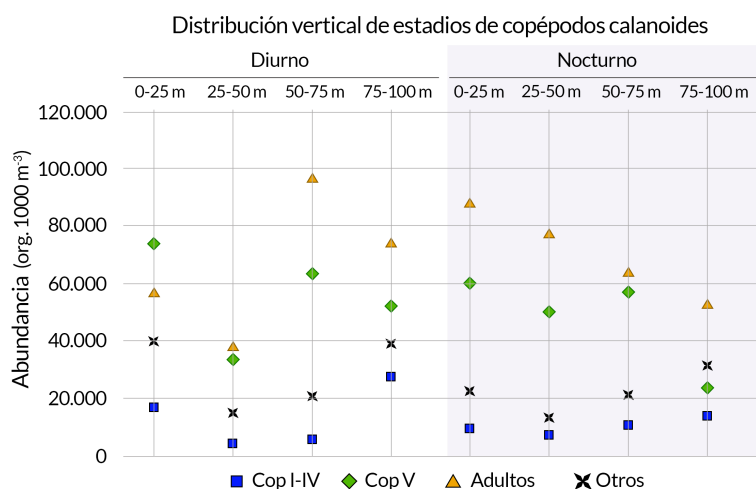


Figura S3. Abundancia total (org. 1000 m⁻³) diurna y nocturna, de copepoditos I-IV, V y CC adultos en los cuatro estratos verticales estudiados del MCMB (enero, 2007) / Total abundance (org. 1000 m⁻³) diurnal and nocturnal of adult copepodites I-IV, V, and CC in the four vertical strata studied in the MCMB (January, 2007)