

Composición, estructura y variaciones estacionales del zooplancton en la bahía de Kaneohe, Hawai*

Xavier Chiappa-Carrara¹, Laura Sanvicente-Añorve¹,
Adela Monreal-Gómez² y David Salas de León²

¹Unidad de Investigación en Ecología Marina, FESZ, UNAM. Apdo. Postal 9-020, 09230 México D.F.

²Laboratorio de Oceanografía Física, ICMYL, UNAM. Apdo. Postal 70-305, 04510 México D.F.

Chiappa-Carrara, X., L. Sanvicente-Añorve, A. Monreal-Gómez y D. Salas de León, 1997. Composición, estructura y variaciones estacionales del zooplancton en la bahía de Kaneohe, Hawai. *Hidrobiológica* 7: 41-50.

RESUMEN

En el presente trabajo se comparan la composición y la estructura cuantitativa del zooplancton en dos sectores hidrológicamente diferentes de la bahía de Kaneohe, Hawai, a través de un ciclo anual. En la sección norte, más expuesta a la influencia de aguas oceánicas, se identificaron 35 grupos taxonómicos dominados principalmente por organismos herbívoros. En la parte sur de la bahía, conformada por una cuenca semi-cerrada, se encontraron 34 grupos. En términos biológicos, los carnívoros holopláctónicos como *Sagitta enflata* y *Lucifer chachei*, son responsables de la estructura cuantitativa del zooplancton, mientras que hidrodinámicamente los tiempos de residencia del seston influyen notablemente en dicha estructura y en la diversidad de esta comunidad en la bahía.

Palabras clave: diversidad, estructura cuantitativa, zooplancton, Bahía de Kaneohe, circulación.

ABSTRACT

Annual variations in composition and quantitative structure of the zooplankton in two hydrological dissimilar sectors of Kaneohe Bay, Hawaii, were analyzed. In the northern sector, which is more influenced by oceanic waters, 35 taxa dominated by herbivores, were identified. In the semi-enclosed southern sector, 34 taxa were found. The holoplanktonic carnivores like *Sagitta enflata* and *Lucifer chachei* as well as differential residence time of the seston, are responsible of the zooplankton quantitative structure and diversity in the Bay.

Key words: diversity, quantitative structure, zooplankton, Kaneohe Bay, circulation.

INTRODUCCIÓN

La bahía de Kaneohe es una cuenca semi-cerrada ubicada en el litoral noreste de la isla de Oahu. La bahía ha sido dividida en dos sectores, el sur y el norte, de acuerdo con sus características geográficas (Tester, 1951) e hidrográficas (Chiappa-Carrara, 1993) distintivas. Se han estudiado extensamente algunos aspectos específicos de las componentes pelágicas del ecosistema de la bahía, considerando la biomasa zoopláctónica (Hirota y Szyper,

1976) y la distribución del ictioplancton (Kobayashi, 1989). Sin embargo, no se han reportado datos sobre la composición y la estructura cuantitativa del zooplancton que permitan describir los cambios espaciales y temporales de esta comunidad.

En general, las hipótesis sobre los mecanismos que gobiernan la distribución del zooplancton han sido establecidas con base en los estudios realizados en zonas templadas que presentan cambios estacionales marcados

*Este trabajo fue presentado en la I Reunión Internacional de Planctología y VIII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, celebrada en Pátzcuaro, Michoacán, del 23 al 26 de abril de 1996.

tanto en la temperatura como en la producción primaria, entre otros. En este trabajo se presenta un análisis sobre las variaciones en la composición del zooplancton en una cuenca tropical que presenta características hidrológicas distintivas. Se consideraron dos escalas espaciales: la de cada unidad de muestreo y la de un "sitio", definido por cuatro muestras acumuladas. La influencia de la circulación sobre la composición del zooplancton se estudia mediante la aplicación de un modelo numérico, utilizando como mecanismos de perturbación el esfuerzo del viento y la marea oceánica. Este tipo de modelo ha sido aplicado para describir el patrón de circulación del Golfo de México (Monreal-Gómez y Salas de León, 1985).

MATERIAL Y MÉTODOS

Trabajo de campo

El material biológico fue obtenido en la bahía de Kaneohe, Hawai (Fig. 1a), en el periodo comprendido entre noviembre de 1990 y noviembre de 1991. En tres estaciones correspondientes al sector sur de la bahía la frecuencia del muestreo fue bimensual, mientras que en cinco estaciones ubicadas en el norte la periodicidad fue cuatrimestral. Las muestras del zooplancton fueron obtenidas mediante lances verticales desde la superficie hasta el fondo con una red cónica de 1 m de diámetro, 5 m de longitud y una abertura de malla de 335 μm . En cada estación de colecta se realizaron series de cuatro muestreos en intervalos de ~ 15 min, comenzando en el momento del ocaso. Antes de iniciar cada serie, la red fue lavada perfectamente con el fin de prevenir la acumulación de residuos en los orificios de la

malla. El material fue preservado inmediatamente en frascos de vidrio etiquetados, con una solución de formaldehído al 4% neutralizado, en agua de mar.

En el laboratorio, se obtuvieron alícuotas de cada muestra (1/10) por medio de un fraccionador tipo Folsom. La descripción taxonómica de las especies se realizó siguiendo las claves de Tregouboff y Rose (1957), Watson y Leis (1974) y Rose (1975). Los datos fueron estandarizados como número de individuos por metro cúbico.

Tratamiento de la información biológica

Para el análisis cuantitativo de la información se estructuró una base de datos de tipo relacional. La evolución estacional del zooplancton se definió por medio del análisis factorial de correspondencias (AFC) aplicado a matrices de 35 variables (taxa) por 4 objetos (muestreos) en el sector norte y de 34 por 7 en el sur.

Los análisis de la diversidad se realizaron mediante el cálculo de los índices de diversidad de Shannon y Weaver (1963) y de regularidad de Pielou (1975). Asimismo, se construyeron los diagramas de rango-frecuencia (DRF; Frontier, 1985) que representan la distribución de los grupos taxonómicos como una función de las frecuencias retroacumuladas.

En el análisis de las comunidades de plancton, Frontier (1976) reconoció que existen tres estadios característicos de las distintas fases de madurez del ecosistema. El primero corresponde a comunidades pioneras o sujetas a presiones ambientales; el segundo a comunidades maduras y el último, a las etapas finales de la sucesión.

En este estudio, tanto el cálculo de la diversidad como la representación de la estructura cuantitativa del zooplancton se realizaron considerando dos escalas: la de cada unidad de muestreo y la de un "sitio", que incluye cuatro muestras acumuladas para cada sector de la bahía y para cada fecha de colecta. En cada sitio se calcularon los parámetros "medios" y "globales" (Frontier, 1985) y se construyeron los DRF considerando las mismas escalas:

DRF global, en el que se obtuvo la suma de los valores de la abundancia numérica de cada grupo taxonómico en las cuatro muestras, independientemente de la identidad específica. La forma de la curva describe la diversidad en la escala de "sitio".

DRF medio, en el que la media aritmética de los valores de la abundancia numérica de cada categoría se calculó independientemente de la identidad específica. La resultante es una curva "promedio" que caracteriza a la comunidad en la escala de cada unidad de muestreo. Con este método se

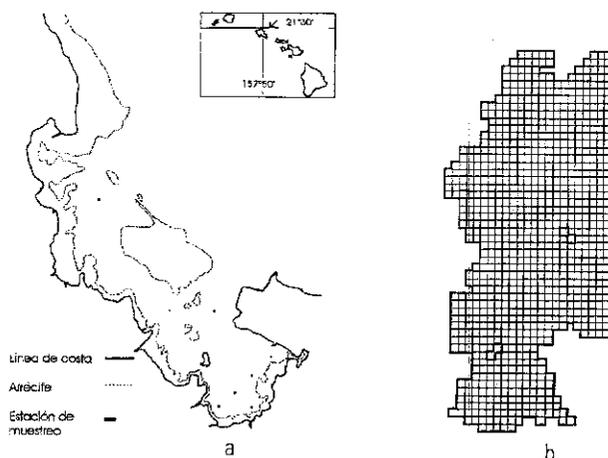


Figura 1. a: Área de estudio. b: Malla homogénea de Arakawa-C utilizada para la discretización de la Bahía de Kaneohe.

reduce la magnitud del error muestral dentro de los grupos de muestras considerados.

Las diferencias entre los parámetros medios y globales representan la desigualdad existente entre las escalas observacionales.

Modelación hidrodinámica

La descripción del patrón de circulación de la bahía se realizó mediante la resolución de un modelo barotrópico para el transporte horizontal, cuyas ecuaciones de conservación de *momentum* y de masa están dadas por (Monreal-Gómez y Salas de León, 1985):

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \nabla_H \cdot \left(\frac{\vec{V}\vec{V}}{H} \right) = -gH\nabla_H \eta + \frac{\vec{\tau}_s - \vec{\tau}_f}{\rho} + \bar{v}_H \nabla_H^2 \vec{V} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \nabla_H \cdot \vec{V} = 0 \quad (2)$$

Donde, \vec{V} , H , g , η , ρ , $\vec{\tau}_s$, $\vec{\tau}_f$ y \bar{v}_H son el transporte horizontal, la profundidad instantánea, la aceleración debida a la gravedad, la elevación de la superficie libre, la densidad, el esfuerzo debido al viento, la fricción en el fondo y la viscosidad turbulenta, respectivamente.

La solución del sistema de ecuaciones (1-2) se realizó en forma numérica con una aproximación de segundo orden, para lo cual se discretizó el área de estudio mediante el uso de la técnica de las diferencias finitas sobre una malla homogénea de Arakawa-C modificada, de 257 m (Fig. 1b), modificada en un esquema semi-implícito de dirección alternada (Monreal-Gómez y Salas de León, 1985). El intervalo temporal de integración utilizado fue de 80 s y los términos advectivos se aproximaron mediante el método 'upstream' (Roache, 1972).

Las condiciones de frontera usadas para cerrar el sistema de ecuaciones fueron la no existencia de flujo de masa a través de las fronteras cerradas, el flujo es tangente a la frontera y la capa límite se consideró como despreciable (condiciones de deslizamiento libre). Por otra parte, en la frontera abierta se impuso la variación del nivel del agua inducido por la marea oceánica, cuya amplitud es de 1.5 m. En la superficie libre, se consideraron los vientos alisios característicos de la región (Chiappa-Carrara, 1993) que proceden del noreste (60°) y tienen una intensidad modal de 8 nudos (Fig. 2a). El modelo se resolvió, en primer término, para las condiciones que impone el forzamiento superficial del viento y, posteriormente, utilizando sólo la marea oceánica. De esta forma, fue posible simular y

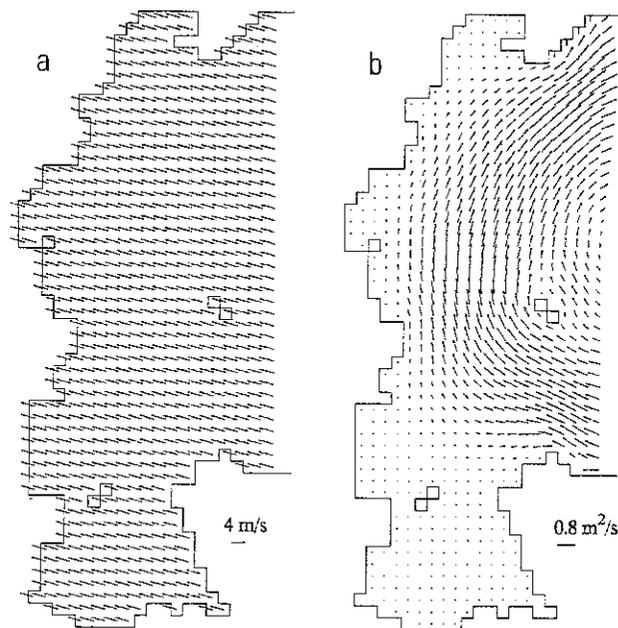


Figura 2. a: Campo de vientos (rapidez en $m\ s^{-1}$). b: Simulación de la circulación usando como forzamiento sólo el viento característico (transporte en $m^2\ s^{-1}$).

evaluar el efecto que tiene cada mecanismo en la circulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelación hidrodinámica

El resultado del modelo de simulación de la circulación, usando como forzamiento sólo el viento característico, muestra una región de muy poco movimiento en el sector sur de la bahía. El agua que entra por el canal del sureste se desvía hacia el norte en la sección media y, siguiendo el canal de navegación, sale de la bahía por el noreste (Fig. 2b). Los valores máximos del transporte horizontal ($0.8\ m^2\ s^{-1}$) se observan en la parte central del canal de navegación y en las áreas centrales de los canales del sureste y del noreste.

Por otra parte, los resultados del modelo utilizando como mecanismo de forzamiento a la marea oceánica, muestran que en el inicio del ciclo se presenta la entrada de agua a la bahía tanto por el canal noreste como por el sureste, alcanzando la parte central del sector sur. La tendencia general de la circulación es en sentido meridional, con una pequeña corriente que se dirige hacia el sector norte siguiendo la línea de la costa (Fig. 3a). A un cuarto del ciclo de la marea, la intensidad de la corriente disminuye

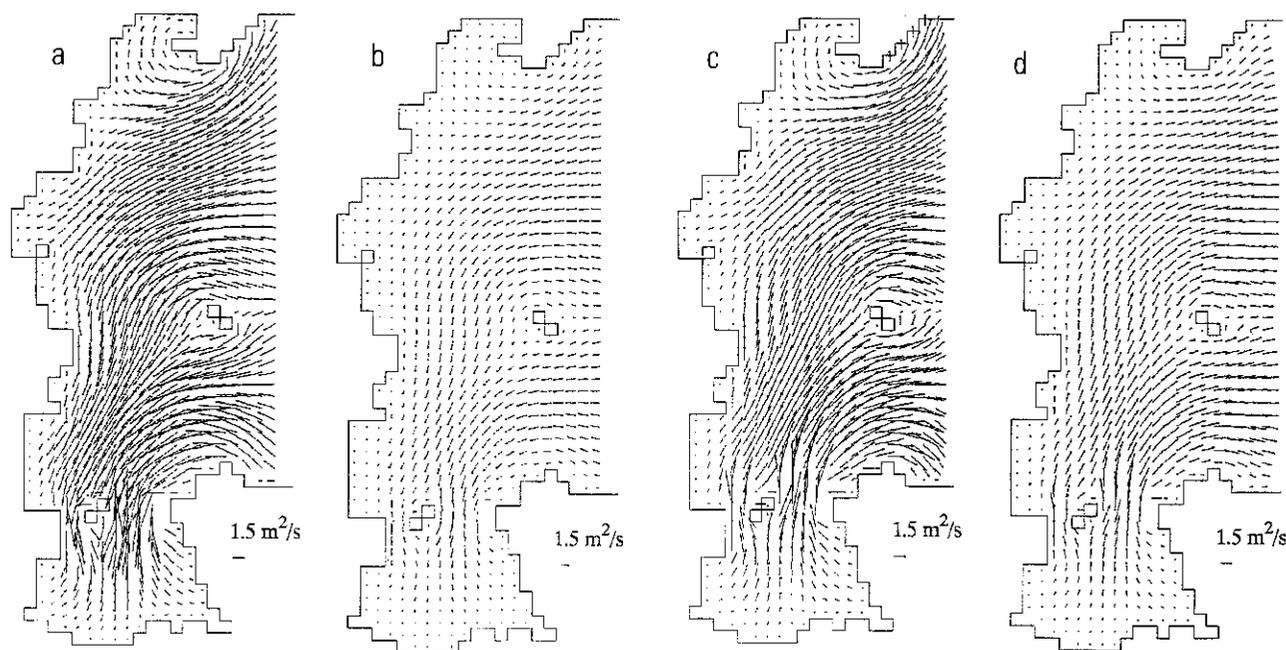


Figura 3. Resultante del modelo de simulación de la circulación usando sólo la marea oceánica como mecanismo de forzamiento (transporte en $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$). a) Inicio del ciclo, b) Un cuarto del ciclo, c) Punto medio del ciclo y d) Tres cuartos del ciclo.

considerablemente (Fig. 3b). Sin embargo, se mantiene el mismo patrón de circulación que al inicio del ciclo. La magnitud del transporte, tanto en el sector sur como en el sector norte, es pequeña.

En el punto medio del ciclo de la marea, la dirección de la corriente se presenta en sentido inverso que al inicio del ciclo, mientras que el transporte es similar (Fig. 3c): A los tres cuartos del ciclo, se observa un patrón similar al ya descrito (Fig. 3d). En ese caso, el valor medio de la magnitud del transporte es de $3.2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Bathen (1968) propuso que la batimetría es el factor principal que gobierna las condiciones hidrográficas de la bahía. De acuerdo con los resultados de este estudio, se puede resaltar que la geometría de la bahía es el factor más importante en la determinación de la estructura hidrográfica y de la circulación en la bahía. El viento y la marea oceánica son los principales mecanismos de forzamiento de la circulación.

En términos generales, el modelo aplicado describe con éxito el patrón de circulación observado por otros autores (e.g. Bathen, 1968). Tanto la dirección del flujo como las magnitudes del transporte se aproximan a las reportadas en la literatura.

La barrera que se encuentra en la parte central de la entrada de la bahía juega un papel importante, ya que desvía

las corrientes hacia los canales tanto del noreste como del sureste y produce una turbulencia de pequeña escala. Estos remolinos, cuyos diámetros varían aproximadamente entre 100 y 200 m (Bathen, 1968), no son descritos por el modelo ya que la resolución espacial es mayor al tamaño de dichos giros.

Durante el flujo de la marea, los vientos dominantes tienden a disminuir la intensidad de la corriente en el canal del noreste, mientras que aumentan la del canal del sureste. Las secciones sur y norte no presentan modificaciones importantes en el patrón de circulación inducido por la marea oceánica. La parte central de la bahía está influida por el efecto de las mareas y del viento, mientras que los sectores sur y norte sólo se ven afectados por el efecto de las mareas.

Evolución temporal del zooplancton

Las agrupaciones del zooplancton se definieron por medio del análisis factorial de correspondencias (AFC), aplicado a las matrices de contingencia de los datos correspondientes a las secciones norte y sur de la bahía.

Los resultados obtenidos del análisis correspondiente a la estación del norte, revelaron que el primer eje factorial explica el 44.2% de la variabilidad total, el eje II el 32.9% y el tercer eje el 22.8%. En términos generales, es posible observar que el eje I separa claramente al invierno del verano, el eje II a la primavera y el III al otoño (Fig. 4a y b).

1991 (en los ejes I y II) y julio (en el eje III). Los meses de la primavera (marzo y mayo) no presentan contribuciones importantes a estos ejes y, en el espacio factorial, se encuentran muy próximos. La representación conjunta épocas-taxa en los tres primeros ejes factoriales muestra una tendencia cíclica considerando tanto el periodo anual de noviembre de 1990 al mismo mes de 1991.

Si bien los muestreos bimensuales que se realizaron en la sección sur del área de estudio ocurrieron en el mismo punto del ciclo de la marea oceánica, la magnitud del transporte de las partículas suspendidas, en este caso, es menor al observado en el norte de la bahía. La gran abundancia de los quetognatos carnívoros como *Sagitta enflata*, puede deberse a estas condiciones de relativa estabilidad de la columna de agua debido a que estos organismos no presentan una gran capacidad natatoria por carecer de órganos propulsores (Tregouboff y Rose, 1957).

Análisis de la diversidad

En el eje longitudinal de la bahía existe una tendencia marcada en el incremento de la diversidad de las agrupaciones, de sur a norte. La abundancia de los taxa presenta un comportamiento contrario. Las formas generales de los DRF obtenidos para las estaciones de muestreo en la cuenca abierta de la sección norte de la bahía de Kaneohe, se muestran en la figura 6. El número de taxa fluctuó desde 26 en el mes de julio, hasta 35 en marzo. Esta sección de la bahía presenta valores elevados de los índices de diversidad ($H'_{media} \leq 3.98$) y de regularidad ($J_{media} \leq 0.80$). Los grupos dominantes están compuestos por consumidores primarios holoplanctónicos (*Acartia* sp., mysidáceos, carideos y *Dikopleura longicauda*), meroplanc-

tónicos (larvas zoea de los cangrejos, larvas véliger de bivalvos y gasterópodos) y microcopépodos (*Acrocalanus* sp., *Oithona* sp., y otros copépodos harpacticoideos). Asimismo, están presentes los consumidores secundarios como los quetognatos *Sagitta enflata*.

En la sección sur de la bahía, los valores de los índices de diversidad y de regularidad obtenidos son menores a los calculados para el sector norte ($H'_{media} \leq 3.45$; $J_{media} \leq 0.70$), mientras que el número de taxa fluctuó en el intervalo $27 \leq S \leq 34$. Los grupos dominantes, en este caso, están compuestos por *Dikopleura longicauda* y los microcopépodos como consumidores primarios holoplanctónicos. Las larvas zoea de los cangrejos y las véliger de los gasterópodos constituyen el conjunto de los herbívoros meroplanctónicos. *Sagitta enflata* es la especie dominante de la cuenca semi-cerrada durante la mayor parte del año, alcanzando niveles anuales promedio de abundancia elevados (83.2 ind m⁻³). *Lucifer chachei* adquiere importancia en los meses del verano.

La forma de los DRF medio y global en la sección norte no difieren mucho entre sí. De esta manera, se infiere que no existen fuertes variaciones en relación con la estructura cuantitativa del zooplancton en las escalas de cada unidad de muestreo y de un "sitio". Al respecto, cabe señalar que la temperatura del agua, los vientos dominantes y el ciclo de la marea oceánica no variaron entre las series de muestreos realizados. Sin embargo, dicha estructura presenta ciertas variaciones estacionales. En la estación de muestreo correspondiente al sector norte, la forma de los DRF presenta una gran similitud para las colectas realizadas en marzo, julio y noviembre de 1991 (Fig. 6b, c y

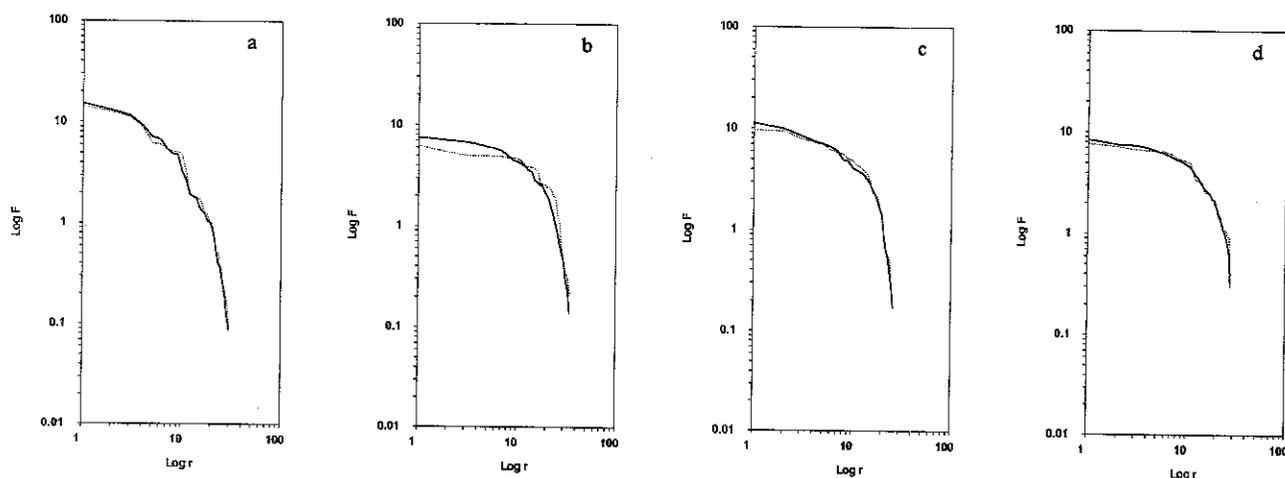


Figura 6. Diagramas de rango-frecuencia obtenidos para las estaciones de muestreo en la cuenca abierta de la sección norte de la bahía de Kaneohe (— medio, --- global): a) invierno, b) primavera, c) verano, d) otoño.

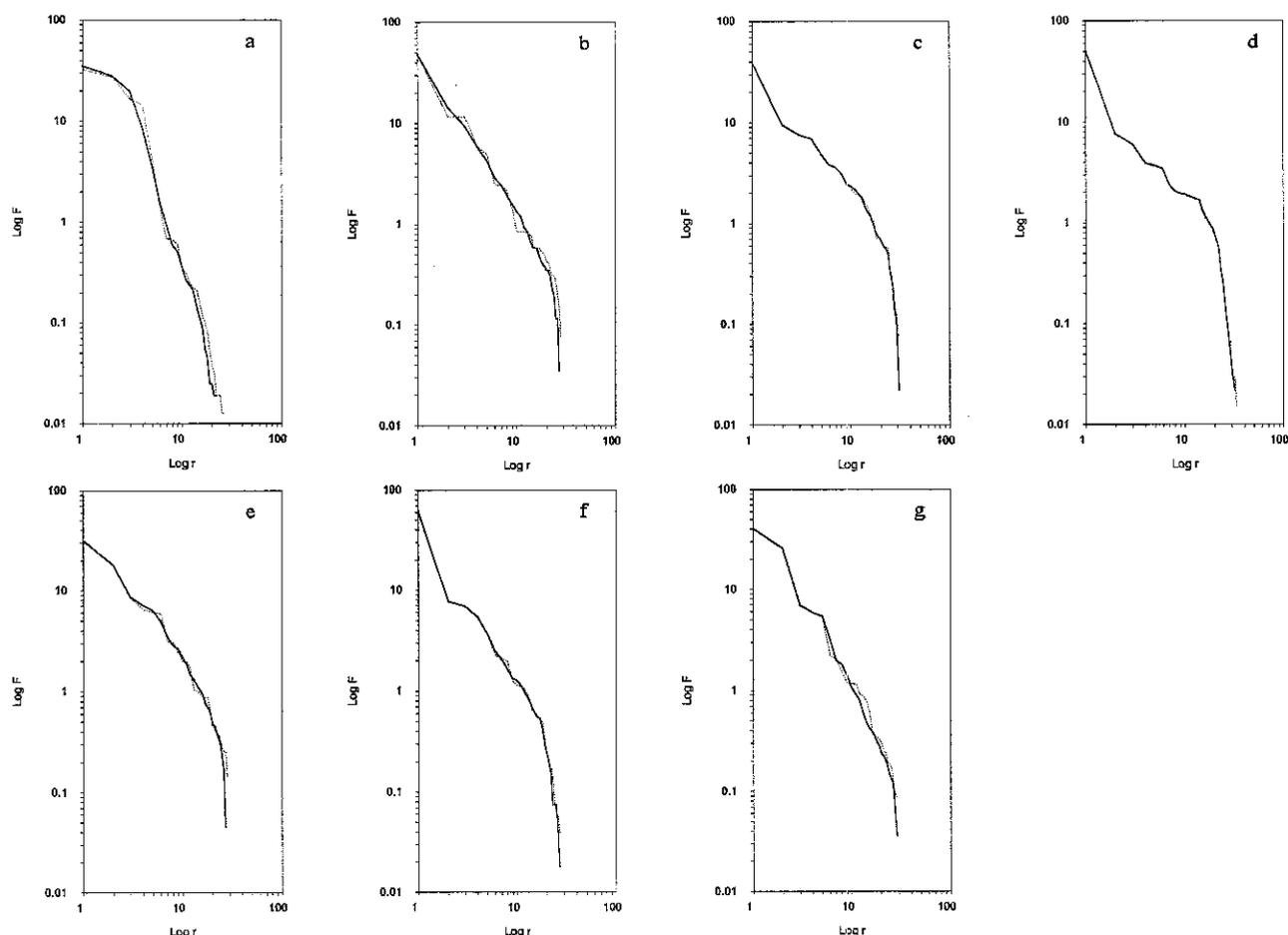


Figura 7. Diagramas de rango-frecuencia obtenidos para las estaciones de muestreo en la cuenca semi-cerrada de la sección sur de la bahía de Kaneohe (— medio, --- global): a) noviembre de 1990, b) enero, c) marzo, d) mayo, e) julio, f) septiembre y g) noviembre de 1991.

d). Los valores de los índices de diversidad y de regularidad se distribuyen en un intervalo estrecho ($4.23 \leq H'_{media} \leq 4.47$ y $0.90 \leq J_{media} \leq 0.93$, respectivamente). Por otra parte, en el mes de noviembre de 1990 se observa un menor grado de regularidad en la composición cuantitativa (Fig. 6a) y en consecuencia, los valores obtenidos de H'_{media} y J_{media} son menores (3.97 y 0.81, respectivamente). Los grupos taxonómicos importantes son, en su mayoría, organismos holoplanctónicos y meroplanctónicos herbívoros (como copépodos, mysidáceos, carideos y larvas véliger tanto de gasterópodos como de bivalvos).

En el sector sur de la bahía, la forma de los DRF a lo largo del año presenta variaciones importantes (Fig. 7). Los valores de H'_{media} se calcularon en el intervalo desde 2.35 hasta 3.45, mientras que los de J_{media} fluctuaron entre 0.49 y 0.70. Así, se observa que existe una dinámica comunitaria muy intensa en el sector sur de la bahía de Kaneohe, en función del tiempo. Al principio de la época invernal, que

corresponde al muestreo realizado en el mes de noviembre de 1990, se presentan los valores menores de H'_{media} y J_{media} (2.35 y 0.49, respectivamente). Los grupos importantes incluyen a los copépodos calanoideos, harpacticoideos y al quetognato *Sagitta enflata*.

En los meses siguientes, se incrementaron tanto los índices de diversidad y de regularidad como el número de grupos taxonómicos; los valores más elevados se presentaron en los muestreos correspondientes a la primavera y al verano (Tabla 2). Sin embargo, la forma de la curva de los DRF es lineal durante el invierno y sigmoidea en los meses cálidos, que corresponde en términos de estructura, a una comunidad con una diversidad más baja. Durante la mayor parte del año, la composición faunística del sector sur de la bahía estuvo dominada por *Sagitta enflata*, que presentó valores elevados de abundancia numérica. *Lucifer chachei* tuvo el segundo lugar de abundancia durante los meses del verano (julio y septiembre)

Tabla 1. Número de taxa (S) y valores de los índices de diversidad (H') y regularidad (J) en las dos escalas de muestreo (media y global), para el sector norte de la bahía de Kaneohe considerando las distintas épocas climáticas.

	H' _{media}	H' _{global}	J _{media}	J _{global}	S	Taxa o especies importantes
Invierno	3.98.40	4.0603	0.811	0.827	30	Zoea E Acrocalanus sp. Oithona sp. Véliger de gasterópodos
Primavera	4.6273	4.7683	0.909	0.937	35	Mysidáceos Carideos Acartia sp. Copépodos harpacticoides
Verano	4.2326	4.2797	0.900	0.910	26	Véliger de bivalvos Sagitta enflata Acartia sp. Oikopleura longicauda
Otoño	4.4690	4.5008	0.929	0.936	28	Zoea B Mysidáceos Oikopleura longicauda Sagitta enflata

y su presencia puede ser constatada en la forma de los DRF (Figura 7e y f) que presentan una tendencia a la convexidad, especialmente en el mes de julio. Observaciones similares han sido reportadas por Hirota y Szyper (1976), quienes encontraron que estas especies dominan en las asociaciones del macrozooplancton durante la mayor parte del año.

Al igual que en la sección norte, no existe una diferencia significativa entre las escalas temporales, correspondientes a cada unidad de muestreo y a la de un "sitio". Las formas de los DRF medio y global no difieren mucho entre sí.

El seston sigue las trayectorias de las partículas de agua y, de acuerdo con los resultados de la modelación hidrodinámica, tendrá un tiempo de residencia mayor en la zona sur que en el resto de la bahía.

Esta relativa estabilidad ambiental permite que los organismos que presentan altas tasas de ingestión se desarrollen adecuadamente. Tal es el caso del quetognato *Sagitta enflata* y del sergéstido *Lucifer chachei*, cuyos picos de abundancia ocurren poco después de los períodos de florecimiento de los microcrustáceos (Chiappa-Carrara, 1993). Estas especies carnívoras, asociadas a los meses de la primavera y del verano son, en buena medida, responsables de la estructura cuantitativa de las asociaciones

observadas en el sector sur de la bahía. En cambio, la dinámica hidrográfica que se establece en la sección norte, más expuesta a la influencia de las aguas oceánicas, produce asociaciones en las que dominan los herbívoros con mayor capacidad natatoria, seguidos por los organismos carnívoros y omnívoros. La estructura de la comunidad presenta una regularidad mucho mayor que la del sector sur y el estadio ecosistémico corresponde al de una comunidad madura. De acuerdo con los resultados de este estudio, es posible inferir que los mecanismos que gobiernan la circulación del agua en la bahía de Kaneohe, tienen una influencia más directa en la distribución del zooplancton que los cambios en la temperatura y en la producción primaria que se mantienen relativamente constantes en el área de estudio a lo largo del tiempo (con fluctuaciones $\leq 4^\circ\text{C}$ y $\leq 3.5 \text{ mg clorofila}_a \text{ m}^{-3}$ en un ciclo anual, respectivamente; Chiappa-Carrara, 1993).

CONCLUSIONES

Los principales mecanismos de forzamiento de la circulación en el sector central de la Bahía de Kaneohe son el viento y la marea oceánica. Los sectores sur y norte sólo se ven afectados por el efecto de las mareas. La estructura hidrográfica y de la circulación están influidas por la geometría de la bahía.

Tabla 2. Número de taxa (S) y valores de los índices de diversidad (H') y regularidad (J) en las dos escalas de muestreo (media y global), para el sector norte de la bahía de Kaneohe considerando los distintos meses (1990-1991).

	H' _{media}	H' _{global}	J _{media}	J _{global}	S	Taxa o especies importantes
Noviembre	2.3462	2.4659	0.488	0.512	28	<i>Acrocalanus</i> sp. <i>Oithona</i> sp. <i>Sagitta enflata</i> Copépodos harpacticoideos
Enero	2.7925	2.8635	0.574	0.589	29	<i>Sagitta enflata</i> <i>Oithona</i> sp. Véliger gasterópodos <i>Oikopleura longicauda</i>
Marzo	3.4481	3.4539	0.695	0.697	31	<i>Sagitta enflata</i> <i>Oikopleura longicauda</i> Zoea B Véliger gasterópodos
Mayo	3.0256	3.0220	0.594	0.594	34	<i>Oikopleura longicauda</i> Zoea B <i>Acrocalanus</i> sp.
Julio	3.4061	3.4479	0.700	0.709	29	<i>Sagitta enflata</i> <i>Lucifer chachei</i> Zoea B Véliger gasterópodos
Septiembre	2.6532	2.4138	0.557	0.507	27	<i>Sagitta enflata</i> <i>Lucifer chachei</i> Zoea B Véliger gasterópodos
Noviembre	2.7702	2.8181	0.564	0.574	30	<i>Sagitta enflata</i> Copépodos harpacticoideos <i>Oikopleura longicauda</i> <i>Oithona</i> sp.

La magnitud del transporte de las partículas suspendidas en el sector sur de la Bahía es menor al observado en el norte de la bahía, por lo que en el primero se presenta un estado de relativa estabilidad de la columna de agua. Estas condiciones determinan las asociaciones del zooplancton residente.

La diversidad de las agrupaciones del zooplancton es mayor en el sur que norte. En cambio, la abundancia de los taxa presenta un comportamiento inverso.

La forma de los DRF medio y global, tanto en la sección norte como en la sur, no difieren significativamente entre sí. Por lo tanto, no existen variaciones en relación con la estructura cuantitativa del zooplancton en las escalas de cada unidad de muestreo y de un "sitio".

Las especies carnívoras responsables de la estructura cuantitativa de las asociaciones del zooplancton observadas en el sector sur de la bahía pueden desarrollarse adecuadamente gracias a la relativa estabilidad ambiental que se presenta en este sector. En cambio, en la sección norte dominan las asociaciones de especies herbívoras.

Los mecanismos que gobiernan el transporte del seston en la bahía de Kaneohe tienen una influencia directa en la distribución del zooplancton.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Thomas A. Clarke, del Hawaii Institute of Marine Biology, por sus valiosos comentarios y constante

apoyo logístico para la realización del presente estudio. A Alan Alexander, por su activa colaboración en el trabajo de campo. Este estudio fue financiado, parcialmente, por la DGAPA-UNAM.

LITERATURA CITADA

- BATHEN, K. H., 1968. A descriptive study of the physical oceanography of Kaneohe Bay, Oahu, Hawaii. *University Hawaii HIMB, Technical Report*, 14, 353 p.
- CHIAPPA-CARRARA, X., 1993. Análisis de la edad, crecimiento y dinámica alimentaria de la anchoveta hawaiana *Encrasicholina purpurea* Fowler. Tesis doctoral, UACPyP-CCH, UNAM, 142 p.
- FRONTIER, S., 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquences dans l'analyse des écosystèmes. *Journal de la Recherche Océanographique* 1: 35-48.
- FRONTIER, S., 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanographical Marine Biology Annual Review* 23: 253-312.
- HIROTA, J., y J. P. SZYPER, 1976. Standing stock of zooplankton size-classes and trophic levels in Kaneohe Bay, Oahu, Hawaiian Islands. *Pacific Science* 30: 341-361.
- KOBAYASHI, D. R., 1989. Fine-scale distribution of larval fishes: Patterns and processes adjacent to coral reefs in Kaneohe Bay, Hawaii. *Marine Biology* 100: 285-293.
- MONREAL-GÓMEZ, M. A. y D. SALAS DE LEÓN, 1985. Barotropic and baroclinic modes in the Gulf of Mexico. pp. 81-91. En: R. VAN GRIEKEN y R. WOLLAST (Eds.). *Progress in Belgian Oceanographic Research*, The University of Antwerp, Bélgica.
- PIELOU, E. C., 1975. *Ecological Diversity*, John Wiley and Sons, New York, 286 p.
- ROACHE, P. J., 1972. *Computational Fluid Dynamics*. Hermosa Publ., Albuquerque NM, 446 p.
- ROSE, M., 1975. *Manuel de Planctologie Méditerranéenne* I y II, CNRC, París, 854 p.
- SHANNON, C. E. y W. WEAVER, 1963. *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois Press, Chicago, 117 p.
- TESTER, A. L., 1951. The distribution of eggs and larvae of the anchovy, *Stolephorus purpureus* Fowler, in Kaneohe Bay, Oahu, with a consideration of the sampling problem. *Pacific Science* 5: 321-346.
- TREGUBOFF, G. y M. ROSE, 1957. *Manuel de Planctologie Méditerranéenne* I y II, CNRC, París, 587 p.
- WATSON, W. y J. M. LEIS, 1974. The ichthyoplankton of Kaneohe Bay, Hawaii. *Univ. Hawaii Sea Grant Tech. Rep., UNIHI, SEAGRANT-TR-75-01*, Honolulu, 178 p.

Recibido: 30 de abril de 1996.

Aceptado: 18 de diciembre de 1996.