



PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN AGUAS CIRCUNDANTES AL CANAL DE PANAMÁ.

¹ Jose A. Simmonds, ² Juan A. Gómez y ² Janzel Villalaz.

¹ Universidad de Panamá, Centro Regional de Colón, Escuela de Biología.

² Universidad de Panamá, Centro de Ciencias del Mar y Limnología.

RESUMEN

Seis puntos de muestreos localizados en el Lago Gatún y circundantes a la Isla de Barro Colorado, se escogieron para objeto de estudio durante un período de siete meses (enero-julio de 1998), para conocer los parámetros físico-químicos y biológicos, teniendo en consideración la influencia de la temporada seca y lluviosa. Se realizaron análisis estadístico de las muestras para determinar la posible relación de la abundancia y biomasa macrobentónica entre el carbono orgánico total en el sedimento (COT), el oxígeno disuelto (OD) y la composición de los sedimentos. Así mismo se trató de determinar la relación de la dinámica del plancton con los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, fosfato y la profundidad). Los parámetros físico-químicos durante todo el período de estudio mostraron variaciones y pequeños cambios significativos para todas las estaciones. Se observaron incrementos de los niveles de fosfatos y del carbono orgánico total de los sedimentos durante la temporada lluviosa. Los análisis de la granulometría indicaron el mayor porcentaje de arena, limo y arcilla para las estaciones E-1, E-4 y E-5. La comunidad bentónica para los dos sectores (A y B), mostró variaciones mensuales y estacionales de la abundancia y biomasa macrobentónica, al igual que estuvieron significativamente correlacionados en algunos casos con los parámetros de COT y OD. La estación E-1 mostró la mayor abundancia y biomasa de todo el estudio. La dinámica de la comunidad del plancton, para los dos sectores estudiados, se vio moderadamente distribuida y reflejó diferencias en su composición para los siete meses en todas las estaciones. El fitoplancton mostró su mayor densidad durante el mes de abril. El zooplancton alcanzó su mayor densidad durante el mes de marzo. Los análisis de correlación efectuados para los organismos del plancton con respecto a los parámetros físico-químicos, estuvieron marginalmente relacionados entre sí para todo el período de estudio.

PALABRAS CLAVES

Parámetros físico-químicos, plancton, sedimento, bentos.

INTRODUCCIÓN

Los lagos y otras masas de aguas epicontinentales albergan una amplia variedad de formas de vida tanto en las aguas abiertas como en los sedimentos. Cada lago posee un conjunto de formas plantónicas cuya variedad, abundancia y distribución le son propias y dependen de su adaptación a las características abióticas (temperatura, luz, oxígeno disuelto y concentraciones de nutrientes) y bióticas (depredadores, parásitos, competencia).

La productividad acuática está limitada por el suministro de materia prima y por la efectividad biológica de transformarla en fuentes energéticas, por lo cual un buen suministro de oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno, fósforo y suficiente luz solar son indispensables para la riqueza de un lago (Hutchinson, 1967).

Algunos investigadores abogan una interacción multiplicadora alrededor de la luz y la limitación de nutrientes (Droop, 1983), en cambio otros aluden al hecho de que la tasa de crecimiento sea un factor limitante de luz y nutrientes (Rodhe, 1978). Además de eso, los modelos solos son válidos bajo estrictas condiciones de crecimiento balanceado, el cual es alcanzable cuando la tasa específica de todas las medidas de la biomasa es igual (Eppley, 1980). El crecimiento balanceado requiere una estricta obtención de nutrientes, luz y fijación de carbono. De este modo, los modelos de crecimiento balanceado no pueden describir las desuniones en la tasa de asimilación de nutrientes o de fotosíntesis que ocurre durante el devenir transitorio de las fluctuaciones de las condiciones ambientales.

En particular, el plancton está representado por una comunidad que vive suspendida en la masa de agua, que se caracteriza por poseer un tamaño pequeño (fitoplancton), que varía a partir de unos pocos milímetros, como asimismo por su limitado o inexistente poder de locomoción, cuyos valores del número de Reynolds (Re) están muy por debajo de 500. Esta condición los incapacita para contrarrestar la fuerza de las corrientes, por lo cual se desplazan con ellas (Purcell, 1977).

En su distribución, es muy importante tomar en cuenta los procesos de la climatización hacia la luz, nutrientes y la temperatura. Las dependencias de estos factores para la tasa de crecimiento del fitoplancton han sido tratadas como una función de la concentración de nutrientes disueltos usando ecuaciones monadas o como una función del contenido celular o (cuota) de los nutrientes limitantes, aplicando la ecuación de Droop (Mc Carthy, 1980; Droop, 1983; Morel 1987). Un gran número de trabajo experimental ha probado la utilidad de estas descripciones del efecto de un simple factor ambiental o un simple proceso fisiológico.

El plancton limnético, está constituido por un entramado extraordinariamente diverso de grupos de organismos representantes de casi todas las taxa. Aproximadamente unas 100 especies son planctónicas, componiendo una parte significativa, conformando de esta manera entre los invertebrados de cuerpo blando más importantes de los lagos. Las características principales de estos grupos, han sido estudiadas ampliamente por diversos investigadores. (Hyman, 1951; Pennak, 1953; Hutchinson, 1967). Uno de los aspectos importantes se refiere a la sucesión en las aguas tropicales. Existen algunas anotaciones de la misma por Apstein (1904) para el lago de Colombo y por Ceylon & Green (1960) para el río Sokoto, Nigeria del Norte. En ambos casos el mayor factor externo para la sucesión de la fauna fue la condición climática.

Por otro lado, encontramos que el bentos lo constituyen organismos asociados al fondo, en la interfaces sólido-líquida de los sistemas acuáticos. Actualmente la denominación se aplica casi únicamente a los animales asociados al substrato (Hutchinson, 1967) en donde encontramos especies abundantes como: gusanos acuáticos, moluscos bivalvos y larva de insectos dípteros.

La fauna bentónica de los lagos y de los ríos ha sido relativamente poco estudiada. Las investigaciones realizadas no han dado grandes pasos más allá de los análisis puramente descriptivos básicos de sus tipos y su distribución dentro de las aguas dulces. Los análisis experimentales basados en aspectos fisiológicos no se han aplicado a las poblaciones naturales bentónicas en toda la extensión con que han sido utilizados en los estudios de comunidades planctónicas. Debido a esto, la dinámica de poblaciones y las interrelaciones tróficas de la

fauna bentónica son poco conocidas, si exceptuamos a las comunidades bentónicas establecidas en aguas corrientes (Hynes, 1970).

Gran parte de esta dificultad deriva del hecho de que la distribución de la diversa fauna lacustre es heterogénea, en relación con las condiciones requeridas para la alimentación, crecimiento y reproducción. Estos requerimientos interaccionan con los cambios estacionales que se suceden en el substrato y en las aguas adyacentes a él. En ese sentido, los organismos bentónicos poseen ciertos mecanismos adaptativos por los cuales reaccionan ante estos cambios, ingresando en estados de reposo hasta el restablecimiento de las condiciones fisiológicamente más favorables.

El propósito de este estudio fue el de conocer las condiciones físico-químicas de la columna de agua, sedimento, dinámica del plancton y del macrobentos en el área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El área de estudio (Fig. 1) comprende el Canal y las aguas circundantes desde la península de Bohío; hasta punta Frijoles, comprendiendo la bahía de Aojeta y parte de la Isla de Barro Colorado. Para el propósito de nuestro trabajo, seleccionamos cinco estaciones cuyas ubicaciones fueron:

Sector A:

Estación E-1: Punta Bohío. 9°11'24'' N, 79°50'54'' W.

Estación E-2: Punta Buena Vista. 9°10'03'' N, 79° 49'12'' W.

Estación E-3: Bahía de Frijoles. 9°10'17'' N, 79°48'23'' W.

Sector B:

Estación E-4: Punta Peña Blanca. 9°10'27'' N, 79°52'21'' W.

Estación E-5: Bahía Peña Blanca. 9°9'06'' N, 79°52'27'' W.

Las estaciones de la 1 al 3 (Sector A) corresponden a un área que es frecuentemente perturbada por los barcos que atraviesan el Canal.

Análisis de las muestras

Se tomó una muestra al mes durante la temporada seca e inicio de la lluviosa por un período de siete (7) meses comprendidos desde enero de 1998 hasta Julio de 1998, tratadas y analizadas en el Laboratorio Marino de la Isla de Naos.

Durante el muestreo se colectaron muestras de agua, plancton, sedimento y macrobentos. Las colectas de agua para los análisis físico-químico, se obtuvieron usando una botella hidrográfica Van-Dorn, no metálica, de aproximadamente 2.5 lts, la cual fue sumergida en la columna de agua a tres (3) niveles (superficial, medio y profundo). Luego de obtenidas las muestras, éstas se vertieron en botellas de ámbar de 1 litro para su mejor preservación. Las mediciones de oxígeno disuelto y temperatura fueron realizadas utilizando un oxigenómetro YSI Modelo 57. La intensidad lumínica fue medida mediante el uso de un disco Secchi, el cual fue sumergido en la columna de agua para determinar las profundidades correspondientes.

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron con una red simple tipo Wisconsin (Birge) de cono truncado, para improvisar la eficiencia de la filtración y con boca de 0.127 m de diámetro. En la colecta del zooplancton se utilizaron dos (2) redes cónicas simples, con boca de 0.50 m de diámetro, malla de 250 micras de apertura y con una relación de 3:1. Con el propósito de estimar el volumen de agua filtrada, se colocó en forma céntrica, un flujometro modelo General Oceanic. Ambas colectas se realizaron mediante arrastres horizontales sobre una embarcación del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, por un período de diez (10) minutos cronometrados a una velocidad promedio de dos nudos. Finalizado el período del arrastre, las redes fueron levantadas simultáneamente y el contenido fue lavado con agua del mismo lago, sobre frascos debidamente rotulados y preparados con formaldehído a una concentración del 4%, para la mejor fijación de las muestras.

Las muestras macrobentónicas y de sedimento fueron colectadas en número de cuatro repeticiones, usando una draga de arrastre tipo Petit Ponar, con un volumen homogéneo de 15 x 15 cm (6 x 6 pulgadas) con una capacidad de 2376.12 cc (145 pulgadas cúbicas), según estudios perfeccionados por Picard, (1965). Para obtener cada una de las muestras, cuatro de siete lanzamientos fueron necesarios hasta cuando

se completara un área de muestreo de 0.1 m^2 debido a la textura del sedimento. El material colectado en la draga se vertió en un cubo plástico y luego se colocó en bolsas plásticas de 4.5Kg (10 lbs. de capacidad) rotuladas, de las cuales tres réplicas fueron fijadas con formaldehído al 5% para su preservación. Además de esto, se preservó una repetición sin fijación con formaldehído para fines de análisis granulométricos y determinación de carbono orgánico total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros físicos-químicos, se observan en el cuadro 1 para los dos sectores de estudio (sector A y B). El pH no reveló ningún cambio significativo. En la temporada seca en la estación E-1 del mes de febrero desplegó el pH más alto (8.1) de todo el período de estudio, mientras que para la temporada lluviosa, la estación E-2 para el mes de julio registró el pH más bajo (6.1).

Conforme a Seip (1986) la medida de las variaciones del pH, nos da una noción de la sensibilidad y condiciones ambientales de los lagos. Mortimer (1941, 1942) reportó que el pH entre 7-8 bajo condiciones aeróbicas, el sedimento absorbe muchos iones conteniendo fosfatos, pero bajo condiciones acídicas o condiciones anaerobias la situación es reversible y se liberan iones.

Los patrones de la alcalinidad, aun cuando fueron relativamente bajos, se mantuvieron casi constantes durante todo el período de estudio y no desplegaron cambios significativos, aunque para las estaciones E-2 y E-3, respectivamente, se registraron los valores más altos para el mes de abril (42.3 y 43.3 $\text{CaCO}_3 \text{ mg/l}$). (Cuadro 1).

Durante el período de estudio, los valores de la turbidez fluctuaron para todas las estaciones en 0.67 y 3.64 NTU.

Las concentraciones de fosfato total durante todo el período de estudio, presentaron fluctuaciones que oscilaron entre 0.02 y 0.12 mg/l mucho menores que para la temporada lluviosa (0.01 y 0.15 mg/l). Es probable que las fluctuaciones de los fosfatos se deban a los sedimentos perturbados debido a la turbulencia en el área de estudio (Zicker *et al.*, 1956). Sin embargo, estudios realizados por Chapin &

Uttormark (1973) indicaron que el incremento de fosfatos en la columna de agua era el producto de la concentración de sólidos suspendidos por el aporte pluvial.

El seguimiento durante los primeros meses de la estación seca confirma que la concentración de sulfatos permaneció constante entre 3.04 y 4.40 mg/l, sin indicar ningún cambio sustancial. Aunque se tiene que para el resto de los meses, estos valores permanecieron por debajo de los 3.0mg/l.

Las concentraciones del carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio se mantuvieron casi constantes para la temporada seca y no presentaron variaciones mensuales y estacionales, con valores que se mantuvieron dentro un ámbito de 4.0 y 29.0 g C/m², que fueron los valores más bajos de todo el período de estudio. En la época lluviosa, es importante destacar lo más significativo, el aumento de la concentración del carbono orgánico total en el sedimento con valores que oscilaron entre 30.9 y 79.5 g C/m², siendo este último valor el que constituyó el punto pico para la estación E-1 del mes de julio. Este aumento significativo del carbono orgánico total es posible que esté asociado a las fuertes precipitaciones que se dieran para el mes de julio, lo cual coincide con lo propuesto por (Andren & Strand, 1981).

La temperatura para todo el período de estudio se mantuvo dentro de un ámbito de 25 a 30° C, en donde los meses de marzo y julio presentaron la temperatura más baja. Esta falta de estratificación térmica del lago, probablemente es debido a las fluctuaciones de la temperatura del aire en la región del canal (González *et al.*, 1975). Además de las variaciones de la temperatura y a consecuencia de la mezcla continua del lago, se observó la presencia de termoclinas primarias y múltiples que aparecieron a distintas profundidades para todos los meses observados. De acuerdo a Green *et al.*, (1976), la profundidad precisa de una termoclina puede variar, ya que puede ser más profunda a medida que la masa de agua se calienta, o sea perturbada por la turbulencia causada por los vientos.

En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto, vemos que los menores niveles de oxigenación se alcanzaron durante la temporada lluviosa, específicamente en el mes de julio con una media de 3.2 mg/l,

mientras que los máximos valores se registraron en los meses de marzo y junio con valores de la media entre 6.5 y 6.7 mg/l, respectivamente.

Las diferencias en la estructura de la comunidad bentónica se mostraron acompañadas por los cambios que presentara la naturaleza físico-química del sitio de estudio. Se realizaron análisis de correlación lineal sobre los datos de la abundancia macrobentónica y la biomasa con respecto al carbono orgánico total en los sedimentos y el oxígeno disuelto, en un intento por explicar la probable relación entre estos parámetros y el hábitat. Todas las estaciones exhibieron una estructura distinta en su comunidad, caracterizada por diferencias en la cantidad del carbono orgánico total, oxígeno disuelto, la abundancia y biomasa macrobentónica y la calidad de los sedimentos (Fig. 2). Sin embargo, no se debe descartar los posibles efectos negativos que puedan causar las perturbaciones antropogénicas en los ecosistemas acuáticos (Coull & Chandler, 1992). Generalmente, el porcentaje de grava más alto se registró para la estación E-2, seguida por la estación E-3. Estas dos estaciones constituyen el vertedero de residuos de la División de Dragado N° 7 de la Autoridad del Canal de Panamá. La estación E-1 exhibió el porcentaje más alto de arena, seguido por la estación E-4 y la E-5 (Fig. 2), respectivamente. Asimismo, el contenido de limo y arcilla mostró el valor pico para la estación E-1, seguida luego por las estaciones E-5 y E-4, respectivamente.

La abundancia del fitoplancton durante todo el período de estudio alcanzó una máxima en la estación E-5 para el mes de abril con 96.3 % (Fig. 3). Para este mismo mes, la segunda estación de importancia la conformó la E-1, con un 88.8 % de abundancia poblacional. Por otra parte, el zooplancton alcanzó su mayor abundancia en la estación E-4 para el mes de marzo con 11.9 % (Fig. 4). La estación E-5, para el mes de marzo, fue la segunda estación de importancia, con una abundancia de un 5.95 %. En general, el fitoplancton estuvo mayormente distribuido que el zooplancton. Las especies del fitoplancton dominaron en mayor o menor grado sobre el zooplancton (Pennak, 1957). Probablemente la disminución observada para el zooplancton se deba al efecto del viento y la turbulencia, los cuales arrastran a los organismos pelágicos hacia la zona litoral (Marins, 1981).

Los resultados de los análisis de correlación de los parámetros ambientales con los organismos se observan en el cuadro 2. Al

correlacionar la abundancia del fitoplancton y el zooplancton del sector A y el sector B con los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, fósforo total y la turbiedad), se encontró que existe una influencia marginal directa e indirecta de los parámetros físico-químicos sobre la distribución del plancton. En el análisis del plancton, es necesario seleccionar los parámetros físico-químicos adecuados, ya que una falla en esto podría entorpecer el modelo adecuado que se requiere para describir el comportamiento de la distribución del fitoplancton (Steele & Henderson, 1992). En general, se han reportado muchas hipótesis destinadas a explicar la distribución paradójica del plancton. Algunos han sugerido que la extensión de la diversidad del plancton en los sistemas acuáticos es consecuencia de la simultánea limitación por muchos recursos (Peterson 1975, Tilman 1977, 1982). Sin embargo, a pesar de que lo dicho anteriormente sea cierto, resulta contradictorio, ya que, existen más especies de algas que posibles factores limitantes (Hutchinson 1961).

Los resultados del bentos en el área de estudio, indican que estuvo dominado en su mayoría por moluscos del grupo de los gastrópodos (caracoles) y pelecípodos (almejas); concordando estos resultados con las evaluaciones realizadas por Coull & Fleeger (1977). La mayor densidad de gastrópodos fue colectada en la estación E-1 (media = 132.40 organismos/m²). La abundancia pico de esta estación fue en marzo, con casi 340.00 organismos/m² (Fig. 5). La E-4 fue la segunda estación con altas densidades de población de gastrópodos. Su media total durante el período de estudio llegó a 46.70 organismos/m², con el registro más alto de densidad en julio de 1998 (96.66 organismos/m²). Para el grupo de los pelecípodos, la mayor densidad alcanzada fue para la estación E-3 con media de 56.70 organismos/m². La abundancia pico para esta estación fue en abril de 1998 190.00 organismos/m² (Fig. 7). La segunda estación de importancia la representó la estación E-1, con una densidad poblacional cuya media fue 50.00 organismos/m². El pico de abundancia ocurrió en febrero (113.33 organismos/m²). Si bien es cierto, a pesar de los resultados físico-químicos obtenidos del área de estudio y las perturbaciones que pudieran tener la influencia antropogénica sobre la distribución de la comunidad bentónica, estudios realizados por (Rowlatt *et al.* (1986), Rees *et al.* (1992) y Coull & Chandler (1992) indicaron que la

estructura del sedimento constituye un factor en la caracterización de la comunidad bentónica. Por otro lado, los análisis de correlación realizados entre la abundancia de los organismos del bentos y el carbono orgánico total en los sedimentos para los meses de febrero, abril, mayo y julio, se mostraron significativos ($r = 0.850$ y 0.936 respectivamente). Asimismo, se observó que la abundancia y el oxígeno disuelto durante los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio estuvieron significativamente relacionados ($r = 0.949$ y 0.989 , respectivamente).

La información presentada en las figuras 6 y 8 permiten analizar la biomasa de los dos grupos de moluscos a través del período de estudio. La mayor biomasa para gasterópodos se registró en la estación E-1 con una media de 71.27 g/m^2 . En esta estación, durante el mes de enero se registró la biomasa más alta, con un valor de 373.56 g/m^2 (Fig. 6). Para los pelecípodos, la mayor biomasa se registró en la estación E-1 (media = 60.80 g/m^2) durante el mes de febrero, con 134.23 g/m^2 . La segunda estación con importancia de la biomasa macrobentónica fue la estación E-3, con 55.20 g/m^2 . La biomasa pico para esta estación se registró para el mes de abril, con casi 175.63 g/m^2 . Los análisis de correlación estuvieron significativamente relacionados con el carbono orgánico total en el sector B para los meses de febrero, mayo, junio y julio ($r = 0.904$ y 0.910 , respectivamente). De igual forma, se observa para los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio significativa relación entre el oxígeno disuelto y la biomasa ($r = 0.938$ y 0.998 , respectivamente).

CONCLUSIONES

En el área de estudio, los datos indican una constancia de los niveles del pH, la alcalinidad y la turbidez y, además, no presentan cambios significativos notables. Las concentraciones del fosfato son relativamente bajas. Sin embargo, durante la temporada de lluvias hay un aumento significativo. Los niveles de sulfato son relativamente bajos. La temperatura en el área de estudio no presenta variaciones estacionales significativas; esta falta de estratificación es confirmada por registros de estudios previos.

Los sedimentos en el área de estudio, indicaron estar dominados en su mayoría por partículas de grano medio, tales como arena, y finas, tales como limo y arcillas. En general, el contenido de carbono orgánico total en los sedimentos del área de estudio se comprende dentro del ámbito entre 33.0 – 79.5 g C/m², y permanecen constantes sin indicar variaciones mensuales y estacionales notables. Sin embargo, lo más notable es un aumento significativo en el mes de julio.

No existen cambios significativos en la estructura de la comunidad macrobentónica entre las diferentes estaciones del área de estudio. Es probable que el oxígeno disuelto sea de gran importancia en la distribución de los organismos encontrados en las zonas de mayor profundidad.

La distribución cualitativa y cuantitativa del plancton es variable y se encuentra discretamente distribuida, tanto mensual como estacionalmente, así como las especies que comprenden cada grupo. En general, la dinámica del fitoplancton estuvo mayor distribuida que el zooplancton, corroborando lo dicho por estudios anteriores.

ABSTRACT

Six sampling points were selected from an area adjacent to the Barro Colorado Island during a seven months period (january-july 1998) for the object of our study to know its physical-chemical and biological parameters with respect of the influence of the dry and rainy season. Statistical analyses of the samples were performed to determine the possible existing relationship of abundance and macrobenthic biomass in relation to the total organic carbon (TOC) in sediments, dissolved oxygen (DO) and sediments profile. Like wise, data analyses of the relationship of plankton and physical-chemical parameters (temperature, DO, phosphates and turbidity) were measured. During the period of research, it was noticed that environmental parameters showed variations with very slight significant changes for all stations. Moreover, an increase of phosphates and TOC's been apparent during the rainy season. Granulometric analyses showed a greater percentage for sand, silt and clay at stations E-1, E-4 and E-5. Benthos community structure profile for both sectors (A and B), presented monthly and stationary variations of abundance and biomass; and also were significantly correlated in some cases with TOC'S and DO. During study period, the mayor abundance and biomass were those for station E-1. Plankton dynamics for both sectors studied were distributed discretely, and presented differences in their community composition for the seven months through out all stations. Phytoplankton community densities were high during the month of april. Zooplankton densities were abundant during the month of march. Correlation

analyses of plankton community with respect to environmental parameters were marginally significant through out the period of research.

KEYWORDS

Physical-chemical parameters, plankton, sediments, benthos.

REFERENCIAS

Apstein, C. 1907. Das plankton in Colombo see anf Ceylon. Zool. JB (Abt. Syst.), 25: 201-244.

Ceylon, & Green, J., 1960. Zooplankton of the river Sokoto. The rotifera. Proc. Zool. Soc. Lond., 135: 491-523.

Chapin, J.D., & P.D. Uttormark. 1973. Atmospheric Contributions of Nitrogen and Phosphorus. Tech. Rep. Wat. Resources Ctr. Univ. Wis., 73-2, 35pp.

Coull B.C, & Chandler G.T. (1992) Pollution and meiofauna: field, laboratory and mesocosm studies oceanography marine Biology A Rev 30: 191-271.

Coull B.C, & Fleeger J.W. (1977) Long-Term temporal variation and community dynamics of meiobenthic copepods. Ecology 58: 1136-11443.

Droop, M.R. 1983. 25 years of algal growth kinetics. Bot. Mar. 26: 99-112.

Flint, R.W. & N.N. Rabalias. 1981. Gulf of Mexico shrimp production: a food web hypothesis. Fisheries Bulletin. 79: 737-748.

González, A., G. Alvarado - Durfee & C. Diaz. 1975. Canal Zone Quality Study. Final Report. Vol. I, pp 216 & Vol II. *Water Quality data*, Panama Canal Company pp 425.

Hutchinson, G. E. 1961. The paradox of the plankton. Am. Nat., 95:137-146. 349, 374, 375.

Hutchinson, G. E. 1967. A treatise on Limnology. II. Introduction to lake Biology and the limnoplankton. New York, John Wiley & Sons, Inc., pp 1115.

Hyman, L. H. 1951. The invertebrates: Acanthocephala, Aschelminthes, and Entoprocta. The pseudocoelomate billateria. Vol III. New York, McGraw Hill Book Co, pp 572.

Marins, M. 1981. El viento como factor ambiental importante en el estudio del fitoplancton de agua dulce. Rev. Biol. Trop. 29: 197-201.

McCarthy, J.J. 1980. The kinetics of nutrient utilization. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 210: 211-233.

Morel, F.M.M. 1987. Kinetics of uptake and growth in phytoplankton. J. Phycol. 23: 137-150.

Mortimer, C.H. 1941. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes: II and W. J. Ecol., 29: 280-329.

Mortimer, C.H. 1942. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes: III and W. J. Ecol., 30: 147-201.

Pennak, R. W. 1953. Fresh-Water invertebrates of The United States. New York, Ronald Press Co., pp 769.

Pennak, R. 1957. Species composition of limnetic zooplankton communities. Limnol. Oceanogr. 2: 222-232.

Peterson, R. 1975. The paradox of the plankton: an equilibrium hypothesis. Am. Nat. 109: 35-49.

Purcell, E.M. 1977. Life at low Reynolds number. Am. J. Phys. 45: 3-11.

Rhodhe, W. 1978. Algae in culture and nature. Verth. Internat. Verein Limnol. 21: 7-20.

Rowlatt SM, Rees HL, Rees EIS (1986) changes in sediments following the disposal of dredged materials in Liver pool Bay CM ICES 1986/E: 1-18.

Seip, H.M. 1986. Surface water acidification. *Nature* 322: 118.

Steele, J. H., & E.W. Henderson. 1992. The significance of interannual variability, p. 237-260.

Tilman, D. 1977. Resource competition between planktonic algae: An experimental and theoretical approach. *Ecology* 58: 338-348.

Tilman, D. 1982. Resource competition and community structure. Princeton Univ. press.

Zicker., E.L., K.C. Berger, & A.D. Hasler. 1956. Phosphorus release from bog Lake muds. *Limnol. Oceanogr.*, 1: 296-303.

Recibido julio del 2001, aceptado noviembre del 2001.

ANEXOS

Cuadro 1. Promedios mensuales de los parámetros físicos y químicos (pH, alcalinidad, turbidez, fosfatos, sulfatos, carbono orgánico total, temperatura y oxígeno) en el área de estudio.

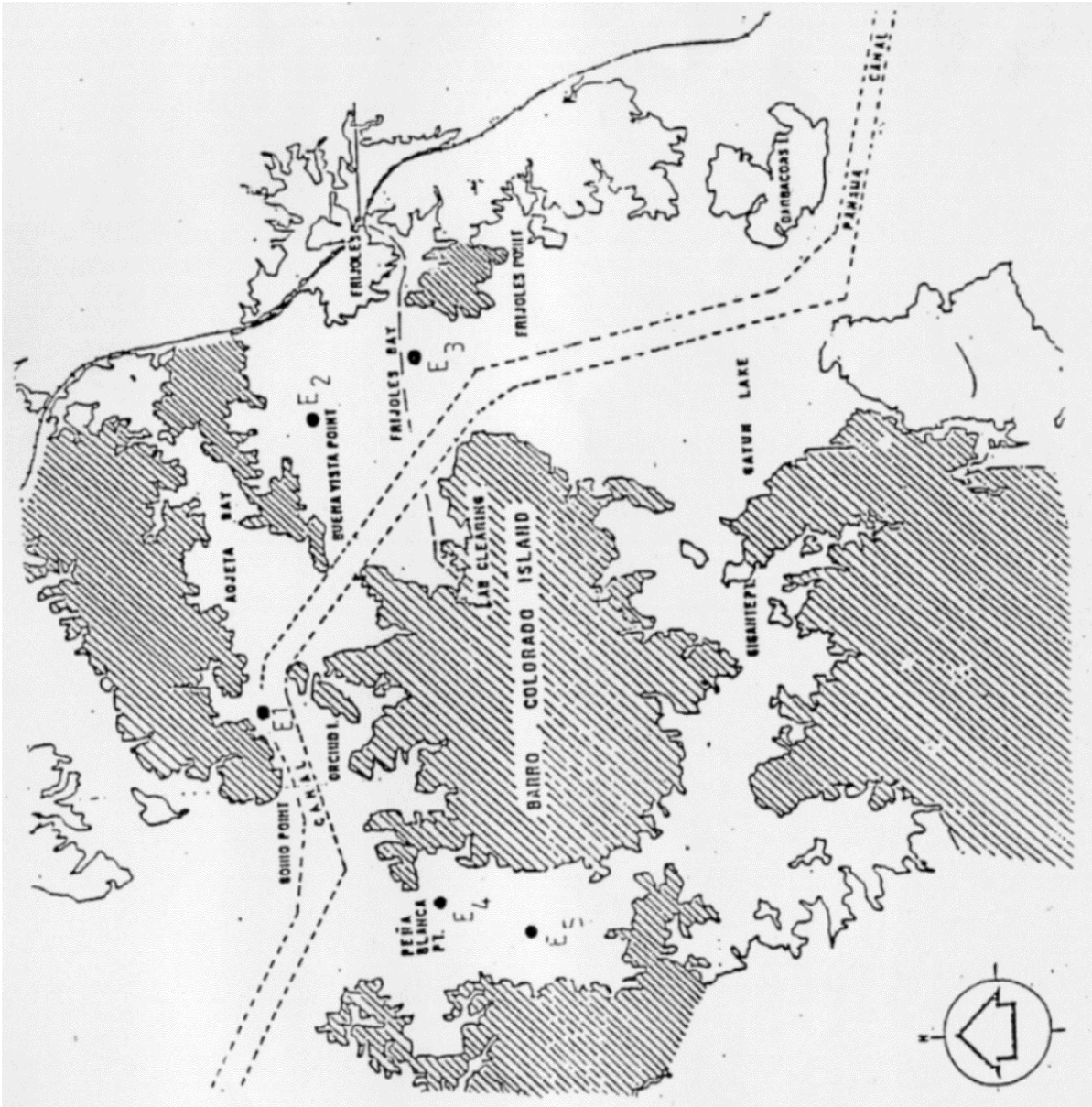
pH						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	8.1	6.8	7.8	7.3	7.6	6.2
E-2	7.8	5.9	7.7	7.2	7.6	6.1
E-3	7.7	5.9	7.8	7.3	7.8	6.5
E-4	7.8	7.5	7.5	7.4	7.7	6.5
E-5	7.8	7.5	7.4	7.5	7.6	6.6
ALCALINIDAD (mg CaCO ₃ /L)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	39.0	43.3	37.0	37.6	35.3	25.0
E-2	37.3	34.6	42.3	34.6	35.6	24.6
E-3	36.0	38.0	43.3	38.3	38.0	28.6
E-4	41.0	40.6	34.3	31.0	33.3	24.3
E-5	39.6	40.6	31.0	36.3	32.3	23.6
TURBIDEZ (NTU)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	2.12	2.27	2.22	3.05	1.90	1.64
E-2	2.18	2.40	3.22	3.14	3.32	3.64
E-3	2.45	2.00	2.09	2.57	3.35	2.80
E-4	1.38	1.88	2.06	2.01	0.80	0.73
E-5	2.02	1.88	2.09	2.03	0.80	0.67
FOSFATO (mg/L)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.04
E-2	0.02	0.06	0.10	0.08	0.05	0.04
E-3	0.10	0.06	0.07	0.09	0.04	0.01
E-4	0.04	0.12	0.08	0.08	0.03	0.01
E-5	0.04	0.11	0.03	0.08	0.01	0.02

SULFATO (mg/L)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	3.44	2.96	1.93	2.94	2.39	2.33
E-2	2.72	3.22	2.47	2.92	4.40	2.62
E-3	3.04	2.47	3.18	3.12	2.38	2.86
E-4	1.86	2.58	1.95	1.75	2.56	2.25
E-5	1.65	2.58	2.06	1.61	2.26	2.10
CARBONO ORGANICO TOTAL (g C/m ³)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	25.4	10.2	48.5	30.9	36.2	159.5
E-2	-	0.4	33.0	32.1	56.6	42.7
E-3	-	10.0	43.8	32.8	68.3	33.9
E-4	26.7	17.6	67.8	42.0	42.8	52.5
E-5	29.0	2.58	36.1	39.5	56.0	39.5
TEMPERATURA (°C)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	28.0	27.0	28.1	28.0	27.3	27.3
E-2	29.7	27.0	28.5	28.5	28.5	27.6
E-3	29.9	28.0	28.6	28.5	29.1	27.6
E-4	28.0	27.0	28.0	28.0	29.0	25.0
E-5	28.1	27.0	28.0	28.5	29.1	27.6
OXIGENO DISUELTO (mg/L)						
ESTACION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
E-1	5.9	6.8	5.5	5.8	7.2	3.5
E-2	6.2	5.9	5.9	6.1	7.4	3.2
E-3	5.1	5.9	5.6	5.1	5.6	3.2
E-4	5.6	7.5	5.7	6.0	6.7	5.3
E-5	5.7	0	5.6	6.2	6.4	3.2

Cuadro 2. Resultados de los análisis de correlación de los parámetros ambientales del carbono orgánico total, oxígeno disuelto, temperatura, fosfatos y Secchi con los organismos bentónicos y del fitoplancton.

		FEBRERO				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro		0.064			
	Bioma. Macro		0.064			
	Fitoplancton					
	Zooplancton		0.064	-0.990	-0.224	
SECTOR B	Abund. Macro.	-0.850	0.102			
	Bioma. Macro.	-0.904	0.059			
	Fitoplancton		0.815	-0.633	0.922	0.850
	Zooplancton		0.148	0.414	0.116	0.116
		MARZO				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro.	0.282	0.999			
	Bioma. Macro.	0.088	0.938			
	Fitoplancton		0.078	-0.943	-0.078	0.943
	Zooplancton		-0.395	-0.129	-0.129	0.129
SECTOR B	Abund. Macro					
	Bioma. Macro					
	Fitoplancton		-0.960	0.560	-0.031	0.560
	Zooplancton		0.818	0.993	0.534	-0.993
		ABRIL				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro.	0.999	-0.998			
	Bioma. Macro.	0.626	-0.680			
	Fitoplancton		-0.742	-0.800	-0.199	0.489
	Zooplancton		-0.711	-0.828	-0.172	0.524
SECTOR B	Abund. Macro.	0.640	0.901			
	Bioma. Macro.	-0.193	0.716			
	Fitoplancton		0.442	0.276	-0.396	-0.061
	Zooplancton		0.659	0.107	-0.197	-0.206
		MAYO				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro.	0.284	-0.998			
	Bioma. Macro.	0.525	-0.955			
	Fitoplancton		0.634	0.168	-0.686	-0.695
	Zooplancton		-0.408	0.798	-0.486	-0.157
SECTOR B	Abund. Macro.	0.811	0.142			
	Bioma. Macro.	0.999	0.050			
	Fitoplancton		0.039	-0.663	0.079	-0.490
	Zooplancton		0.205	0.077	0.140	0.966

		JUNIO				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro.	-0.276	-0.050			
	Bioma. Macro.	0.163	-0.862			
	Fitoplancton		-0.598	0.983	-0.862	-0.010
	Zooplancton		-0.091	0.812	-0.961	-0.996
SECTOR B	Abund. Macro.	0.116	0.774			
	Bioma. Macro.	0.900	0.250			
	Fitoplancton		0.070	-0.02	-0.377	-0.079
	Zooplancton		0.428	-0.55	0.995	-0.140
		JULIO				
		COT	O.D.	Temp.	PO4 -	Secchi
SECTOR A	Abund. Macro	0.991	0.989			
	Bioma. Macro	0.696	0.637			
	Fitoplancton		0.220	-0.220	0.998	0.280
	Zooplancton		0.997	-0.997	0.296	-0.206
SECTOR B	Abund. Macro	0.937	0.584			
	Bioma. Macro	0.910	0.998			
	Fitoplancton		0.701	-0.726	-0.226	-0.930
	Zooplancton		-0.350	0.324	0.817	0.102



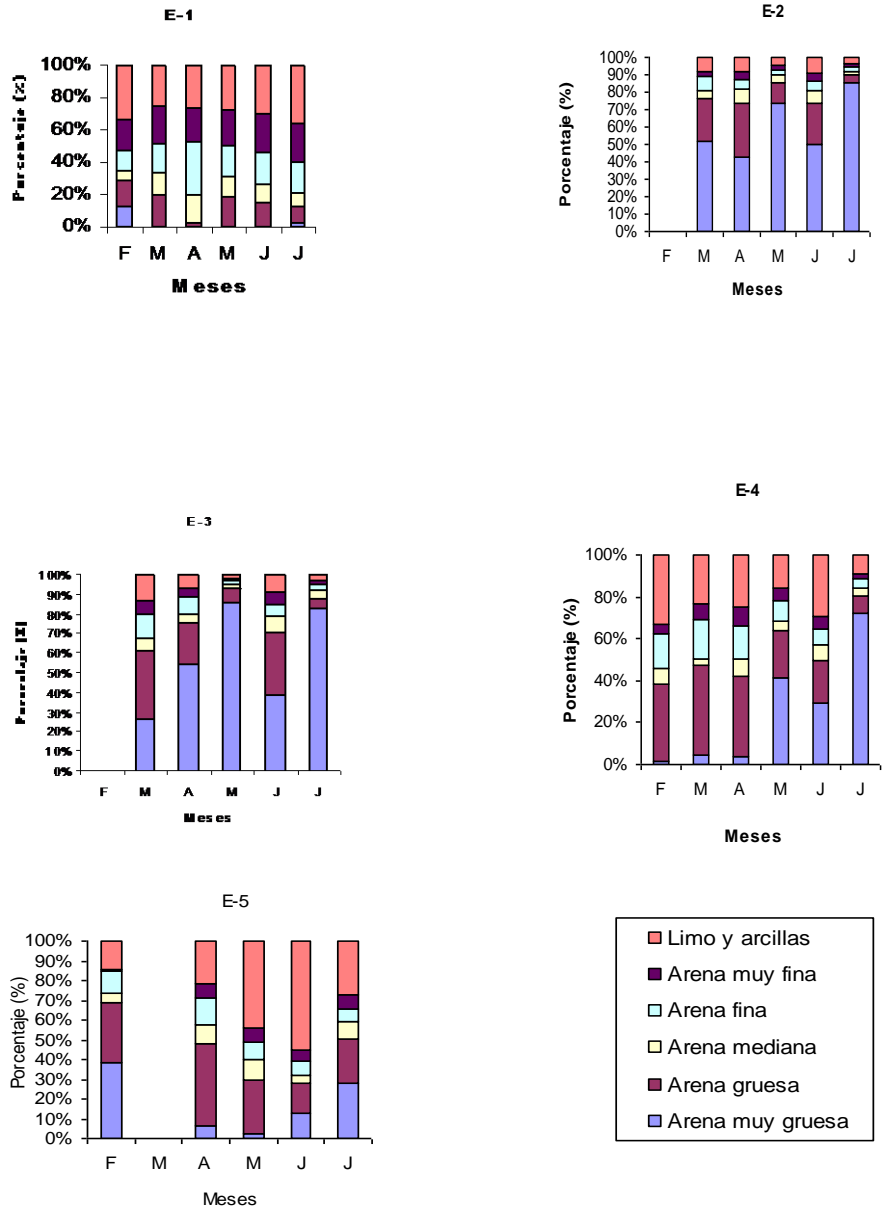


Fig. 2. Composición porcentual del sedimento en el área de estudio, para las estaciones E-1 a E-5, durante los meses de febrero-julio de 1998.

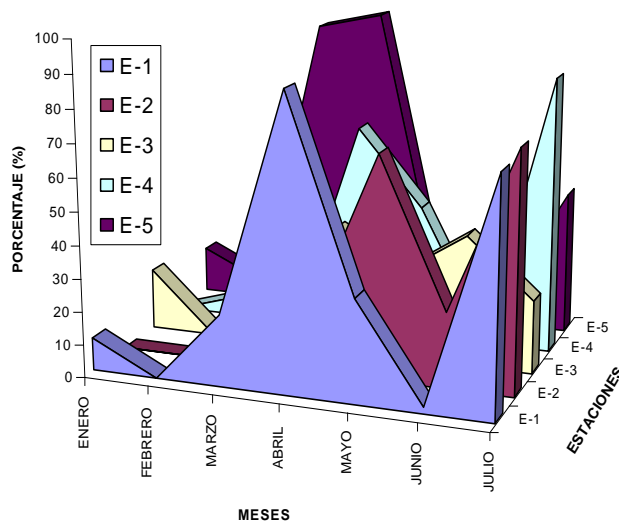


Fig. 3. Porcentaje relativo de la distribución de los organismos del fitoplancton en las estaciones E-1 a E-5 del área de estudio durante los meses de enero-julio de 1998.

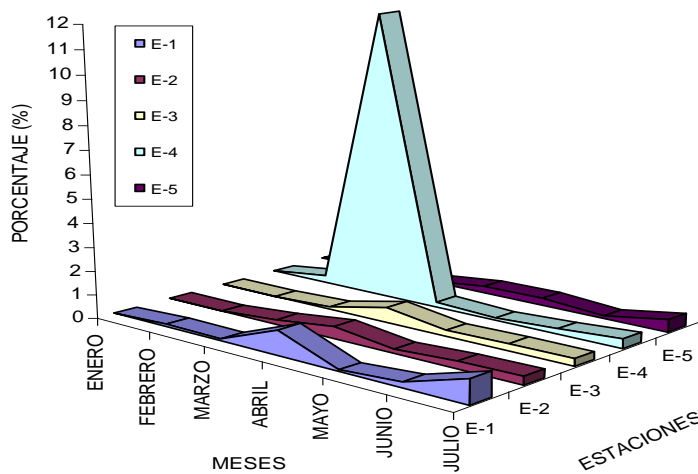


Fig. 4. Porcentaje relativo de la distribución de los organismos del zooplancton en las estaciones E-1 a E-5 del área de estudio durante los meses de enero-julio de 1998.

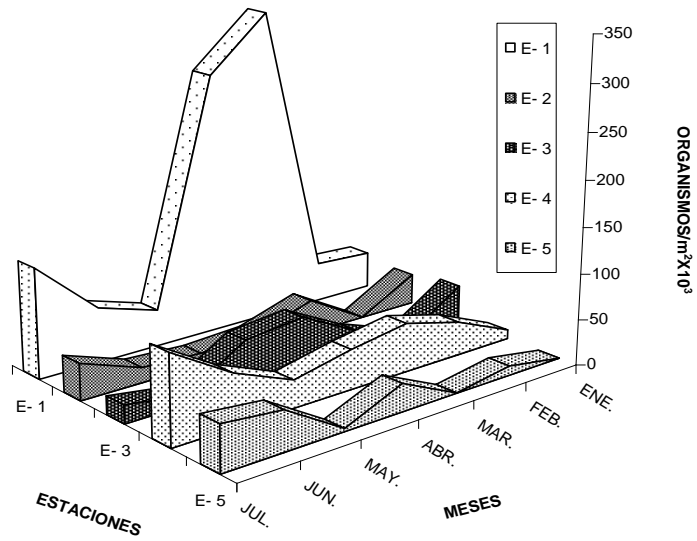


Fig. 5. Abundancia de gastrópodos (orgs/m²) para las estaciones E-1 a la E-5, durante los meses de enero a julio de 1998.

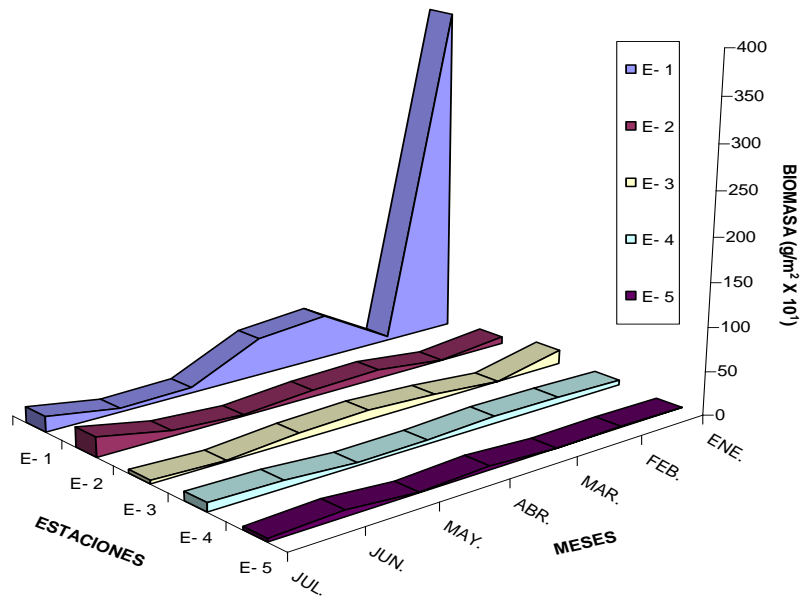


Fig. 6. Biomasa (g/m²) de gastrópodos para las estaciones E-1 a la E-5, durante los meses de enero a julio de 1998.

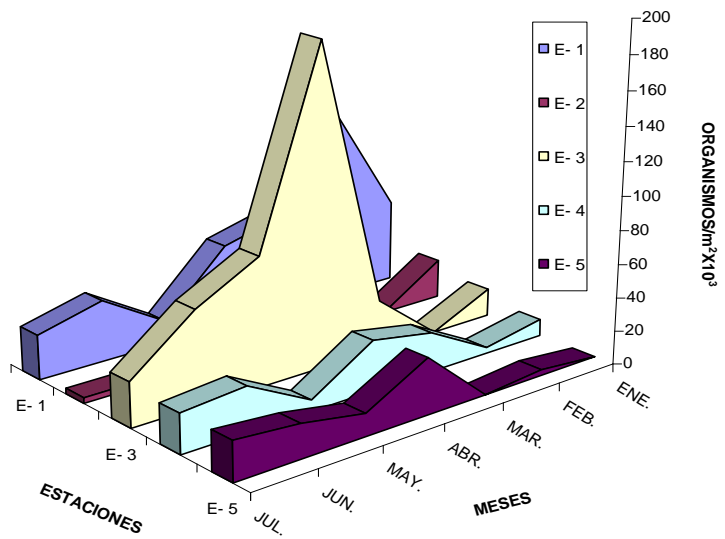


Fig. 7. Abundancia de pelecípodos (orgs/m²) para las estaciones E-1 a la E-5 del Lago Gatún, durante los meses de enero a julio de 1998.

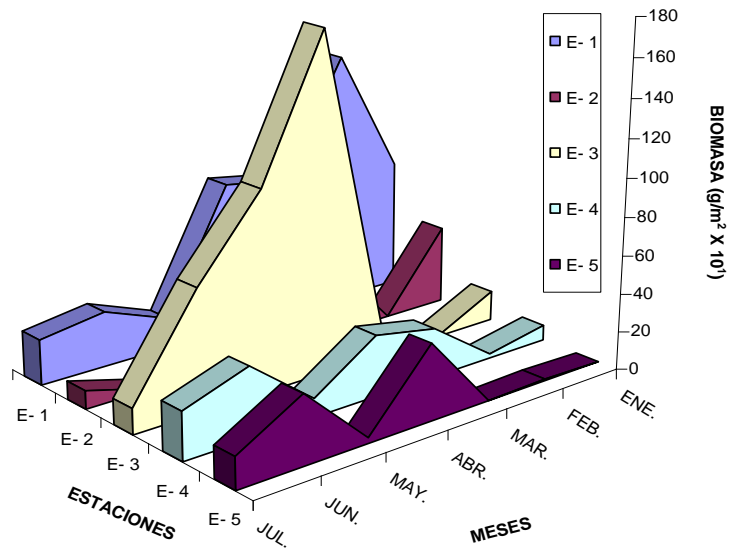


Fig. 8. Medida de la biomasa (g/m²) de Pelecípodos para las estaciones E-1 a la E-5, durante los meses de enero a julio de 1998.