

Migración vertical de *Acartia tonsa* y *A. lilljeborgii* (Crustacea: Copepoda) durante un eclipse de sol¹

SAMUEL GÓMEZ-AGUIRRE*

Resumen. Se estudió el comportamiento de migración vertical de los copépodos *Acartia tonsa* y *A. lilljeborgii* en la bahía de San Blas, Nayarit, México, durante el eclipse total de sol del 11 de julio de 1991. Se hicieron muestreos de zooplancton de superficie y a 10 m de profundidad cada dos horas empleando dos redes cónicas: de 30 cm de boca y 1.0 m de manga con malla de 0.2 mm y otra de 50 cm de boca, 1.8 m de manga con malla de 0.5 mm. Las muestras se obtuvieron entre las 0600 y 2000 h, se preservaron en formalina al 4% y se analizaron por alícuotas con dos réplicas cuantificadas. Ambas especies presentaron altas densidades de población durante el inicio de la mañana y disminuyeron en la fase luminosa. Durante el eclipse total su presencia en superficie se incrementó y declinó al restablecerse la luminosidad después de medio día. Se observó un nuevo incremento de ambas especies al anochecer, primeramente de *A. tonsa* y más tarde de *A. lilljeborgii*.

Palabras clave: Copepoda, migración vertical, eclipse solar 1991, México.

Abstract. The migratory behavior of *Acartia tonsa* and *A. lilljeborgii* during the total solar eclipse of 11 July 1991, in San Blas bay, Mexico, was studied. Zooplankton samples were taken from surface and at a depth of 10 m every two hours, using two different conical nets: of 30 cm mouth, 1.0 m high with mesh sizes of 0.2 mm, and other of 50 cm mouth, 1.8 m high with mesh of 0.5 mm, between 0600 and 2000 hours and were analysed by aliquotes with two quantified replicates. Both species showed high population densities during the early morning, and decreased later in the luminous phase. Their presence in the surface increased during the total eclipse phase and declined again with the return of light after midday. Another increase of these two species at the surface layer was observed at sunset, first by *A. tonsa* and later by *A. lilljeborgii*.

Key words: Copepoda, vertical migration, solar eclipse 1991, Mexico.

¹ Presentado en Sixth International Conference on Copepoda, July 29-August 3, 1996, Oldenburg/Bremerhaven, Germany.

* Instituto de Biología, UNAM. Apartado postal 70-153, 04510, México, D.F.

Introducción

El eclipse total de sol es un fenómeno de recurrencia en el largo plazo para una región determinada. En México han ocurrido tres en los últimos 50 años, durante los cuales este autor ha realizado algunas experiencias sobre el comportamiento ambiental y biológico del plancton marino. El ocurrido el 7 de marzo de 1970, fue eclipse total en el istmo de Tehuantepec y en aguas del Golfo de México, y sólo fue parcial en la región noroeste de México. En esta ocasión algunos investigadores de la Universidad de Texas A & M (Franceschini *et al.* 1970 y Bright *et al.* 1972), realizaron observaciones sobre la distribución vertical del zooplancton oceánico. El 30 de mayo de 1984, un eclipse anular (98%), en las costas mexicanas de Jalisco y Colima, permitió observar el comportamiento meteorológico, hidrológico, del plancton y su productividad primaria (Gómez-Aguirre y León-Álvarez 1987). El último de este siglo, con influencia sobre el territorio marino y continental de México, tuvo lugar el 11 de julio de 1991 (Fig. 1).

La gran expectativa de este fenómeno y su profusa difusión nacional e internacional propició la realización de numerosas observaciones sobre el comportamiento de los seres vivos y su entorno, que fueron conducidas por biólogos, físicos, químicos y ecofisiólogos en diferentes partes de México, desde la península de Baja California hasta el istmo de Tehuantepec (Gómez-Aguirre *et al.* 1992). El próximo e importante eclipse total de sol visible en México ocurrirá en el año 2024 (Fierro-Gossman *et al.* 1991).

El plancton de la bahía de San Blas y sus estuarios se ha estudiado en sus diversos aspectos, taxonómicos, biológicos y ecofisiológicos por varios autores (Gómez-Aguirre y Santoyo 1975; Santoyo 1974; Gómez-Aguirre y Gómez-Noguera 1992, 1993).

Con motivo del eclipse total de sol del 11 de julio de 1991, en esta bahía y en sus estuarios se realizaron otros estudios sobre el comportamiento del plancton: Lara-Villa y Gómez-Aguirre, productividad primaria y fitoplancton; Gómez Noguera, inmigración de postlarvas de peneidos; Hermoso-Salazar y Campos-Villegas, biomasa de zooplancton y abundancia de larvas de decápodos; Roldán-Morales y Campos-Villegas, oxígeno disuelto. Otros estudios simultáneos se realizaron en una campaña a bordo del B/O "El Puma" en la entrada del golfo de California: sobre la distribución vertical de los sifonóforos por Esquivel, del fitoplancton por Figueroa, del seston y nutrilitos por Signoret y Esquivel y la variación espectral de la radiación solar, por Ruiz-Azuara *et al.* Por otra parte, con buques de la Armada Nacional se realizaron campañas que favorecieron la realización de observaciones planctológicas en aguas del golfo de Tehuantepec por Vilchis-Rodríguez *et al.* y Dávila-Arteaga *et al.*, y de la entrada al golfo de California frente a los Cabos, por Calderón-Riverol *et al.* (Gómez-Aguirre *et al.* 1992). Adicionalmente se realizaron ensayos sobre la respuesta de cepas bacterianas y de microalgas en condiciones controladas y expuestas al eclipse a bordo de dichos buques (Gómez-Aguirre *et al.* 1992).

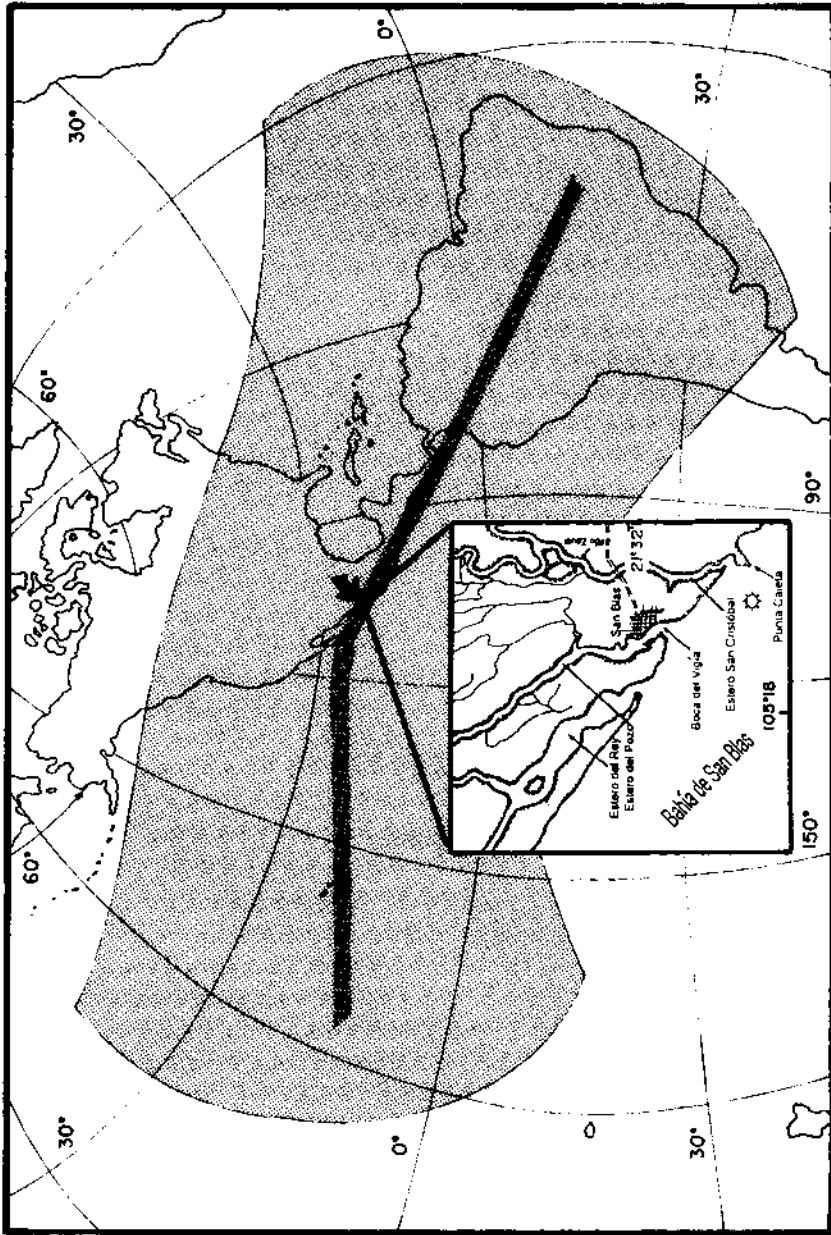


Fig. 1. Eclipse de sol del 11 de julio de 1991. Franja de eclipse total (negro) y ubicación de la bahía de San Blas, México (flecha); en punteado la región de eclipse parcial (Fierro-Grossman *et al.* 1991). En el recuadro, bahía de San Blas y ubicación del sitio de estudio.

Los copépodos calanoideos *Acartia tonsa* Dana 1848 y *A. lilljeborgii* Giesbrecht 1889 son especies epipláncticas, que se distribuyen sobre los 30 m de profundidad, comúnmente encontradas en aguas costeras del noroeste de México. Álvarez-Cadena (1985), señala que estas dos especies constituyen el 75% del zooplancton de la bahía de Mazatlán. *Acartia tonsa* tiene preferencia por los ambientes de estuario polihalino fuerte (20 a 34 o/oo) y *A. lilljeborgii* se encuentra en ambientes marinos (30 a 35 o/oo), por lo que comparten los sistemas de bahía. *Acartia tonsa* manifiesta mayor densidad de población durante la estación fría, en tanto que *A. lilljeborgii* la presenta durante el verano (Turcott 1976; Zamora-Sánchez y Gómez-Aguirre 1986). Sin embargo, ese comportamiento puede alterarse por la ocurrencia de anomalías climáticas de gran escala, como inviernos lluviosos o veranos secos, por efecto del fenómeno "El Niño" o de su opuesto "La Niña" (Gómez-Aguirre y Gómez-Noguera 1992, 1996).

La bahía de San Blas, por estar en el centro de la banda de sombra causada por el eclipse (Fig. 1), ofreció ser una localidad ideal para observar y tomar muestras de plancton en series de tiempo (diurnas), y por contar con facilidades de servicios e instalaciones de las instituciones académicas que brindaron apoyos diversos para los trabajos de campo y laboratorio durante la semana en la que ocurrió el eclipse.

El presente estudio se propuso en la hipótesis de que el eclipse total de sol del 11 de julio de 1991 significa la creación de un día con duración de tres horas (11°37'24" a 14°33'59"), en el día de la luna nueva y de un nuevo sol; por lo tanto, *Acartia tonsa* y *A. lilljeborgii* deben responder con su comportamiento migratorio vertical en razón de esa medida, como corresponde a su ritmo circadiano normal de descenso durante el día y ascenso a superficie durante la noche, como lo explica Bougis (1974).

Área de estudio

La bahía de San Blas, Nayarit (21°30' N; 105°20' O), es un sistema abierto, remanente del antiguo delta del río Lerma-Santiago, cuya cuenca se origina en el altiplano mexicano y desciende a la vertiente del océano Pacífico siguiendo la ruta del eje neo-volcánico transversal. En su línea de costa existen manglares exuberantes y su ubicación geográfica marca la más amplia plataforma continental en el Pacífico mexicano que con algunas islas de origen volcánico señalan el límite sureste del golfo de California (Curry *et al.* 1969, Lankford 1977).

Para las observaciones y los muestreos planctológicos se eligió un punto sobre las aguas someras de aproximadamente 15 m de profundidad, frente al estuario del río Zauta, en la región central de la bahía (Fig. 1). Esta elección se basó en ensayos previos de prueba y ajuste de las técnicas de muestreo, realizados los días 8 y 9 de julio.

Material y método

Muestras de plancton. Se hicieron arrastres dobles de plancton cada dos horas, de las 0600 a las 2000 h los días 10 y 11 de julio de 1991, en la superficie y a 10 m de profundidad. Se emplearon dos redes cónicas diferentes, una con malla filtrante de 0.2 mm, 30 cm de boca y 1.0 m de manga, en una distancia de 50 m y con otra de malla de 0.5 mm, 50 cm de boca y 1.8 m. de manga, en una distancia de 100m. Las muestras fueron preservadas en formalina al 4%. En los arrastres de 10 m de profundidad se dispuso de un lastre para mantener las redes en ese estrato y eliminar la mezcla relativa de los organismos por esta técnica. Simultáneamente se realizaron observaciones de temperatura del aire y de la salinidad y temperatura del agua de superficie y de 10 m de profundidad.

Trabajo de laboratorio. Los copépodos acártidos se identificaron taxonómicamente y se cuantificaron, empleando alícuotas y las réplicas correspondientes (2-3) de cada muestra para obtener valores promedio que se extrapolaron a copépodos/m³. Para el análisis cuantitativo de los copépodos se consideraron sólo individuos adultos (*Acartia tonsa* 0.9-1.2 mm y *A. lilljeborgii* 1.1-1.4 mm, machos y hembras, respectivamente).

Resultados

10 de julio de 1991. Al inicio del día (0600 h), *Acartia tonsa* mostró alta densidad en superficie la cual decayó durante el resto del día para volver a incrementarse después de las 1800 h. A 10m de profundidad, al inicio del día, su número fue bajo y se incrementó a las 1000 h y continuó disminuyendo el resto del día (Fig. 2).

Acartia lilljeborgii presentó menor abundancia que *A. tonsa* en superficie, al inicio del día, disminuyó en proporciones similares a su congénere durante el resto del día y a las 1800 y 2000 h se apreció un incremento con abundancia mayor que *A. tonsa*. A 10 m de profundidad también experimentó mayor abundancia y en consecuencia un marcado comportamiento circadiano (Fig. 2).

11 de julio de 1991. *Acartia tonsa* mostró en general menores abundancias que el día anterior; no obstante, fue posible observar un incremento de esta especie en la superficie de 1000 a 1400 h, en que ocurrió el eclipse total de sol, para luego experimentar una disminución a las 1600 h y un nuevo incremento a las 1800 h. A 10 m de profundidad sus valores se comportaron de manera inversa (Fig. 2).

Acartia lilljeborgii, con abundancias similares a las de *A. tonsa*, experimentó su mínimo en superficie a las 0800 h; a las 1000 h ocurrió un incremento ligero y a las 1400 h se observó un marcado aumento, para disminuir a las 1600 h y de nuevo presentar incremento a las 1800 h. A 10 m de profundidad su número se

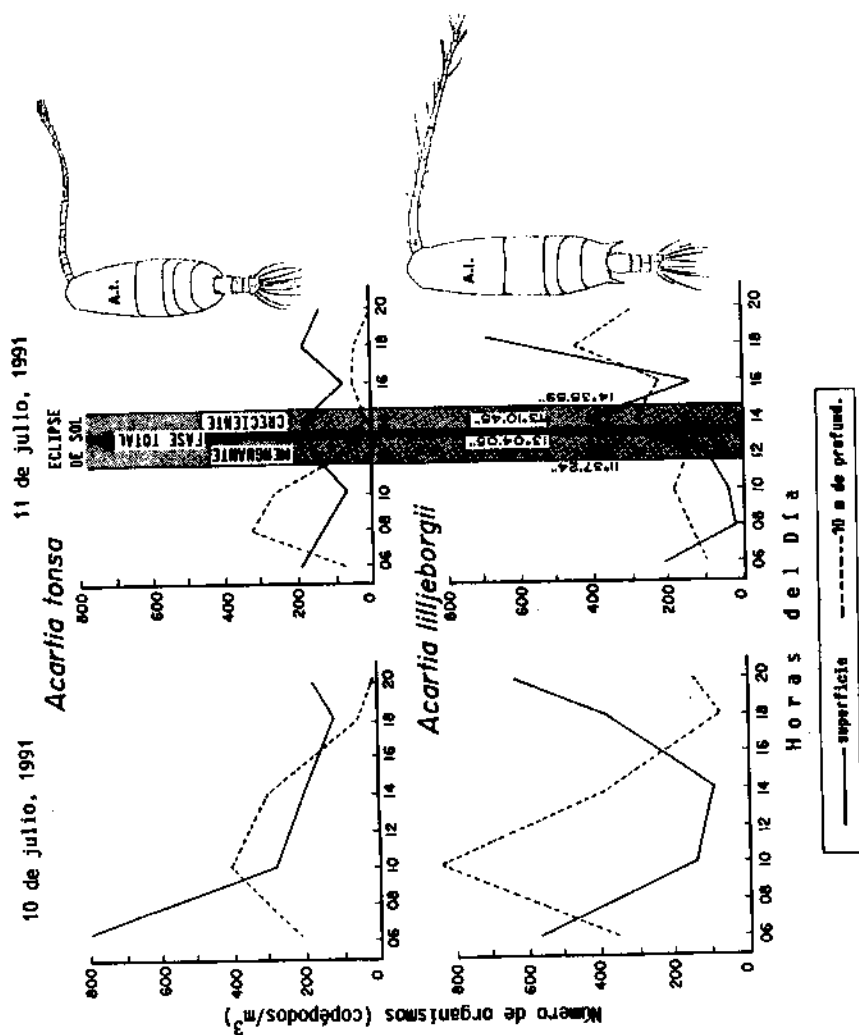


Fig. 2. Gráficos del comportamiento en la migración vertical de dos especies de copéodos epipláncticos, antes y durante el eclipse total de sol del 11 de julio de 1991, en la bahía de San Blas, Nayarit, México (21° 50'N; 105° 20' O).

incrementó a las 1000 h y disminuyó ligeramente a las 1200 h, volviendo a incrementarse a las 1400 h y disminuir luego a las 1600 h para experimentar nuevo incremento a las 1800 h (Fig. 2).

Discusión

El enorme lapso entre eclipses en una región dada y los cambios naturales o inducidos en las comunidades de ésta, hacen difícil la verificación de los resultados que se obtienen por observaciones directas del comportamiento de los organismos, así como por la aplicación de nuevas técnicas e instrumentos. Estos experimentos, sin embargo, constituyen un avance con respecto a las experiencias previas, de éste y otros autores, en localidades similares. Desafortunadamente, las observaciones de Ferrari (1976) acerca de la regularidad de los comportamientos de las especies antes del fenómeno y su irregularidad días después, no pudo ser verificada en virtud de efectos meteorológicos en los días posteriores al eclipse, en las costas de Nayarit. Tales efectos sí fueron observados por Gómez-Aguirre y León-Álvarez (1987), en el comportamiento ambiental y de las comunidades del plancton de la bahía de Chamela, Jalisco, días después del eclipse de mayo de 1984.

La coexistencia de *A. lilljeborgii* y de *A. tonsa* en la bahía de San Blas, no obstante las diferentes afinidades enunciadas al principio, permitieron, aunque de manera relativa, confirmar su respuesta positiva al fenómeno de un día pequeño dentro de otro de gran significado astronómico, como se pudo corroborar por la generación de una extraordinaria marea alta que inundó grandes extensiones de tierras bajas de 1800 a 2200 h el día del eclipse. Las estimaciones lumínicas fueron relativamente menores (Ruiz-Azuara 1992). En las temperaturas de superficie se registró un descenso máximo de 2 °C y de 1 °C a los 10 m de profundidad (la temperatura del aire disminuyó 10 °C), en tanto que en la salinidad sus variaciones correspondieron más bien a los desplazamientos horizontales por condiciones de marea, fenómenos que suponemos por naturaleza inciden en el comportamiento de las abundancias de dichas especies en los diferentes momentos de la marea sobre un punto determinado.

Lo anterior advierte sobre la necesidad de enfatizar observaciones sobre otras variables: el efecto en la circulación litoral, la turbulencia y áreas de mezcla, así como la previa estimación de los parches de las especies propuestas a estudios, temas que seguramente, por los avances tecnológicos que se están produciendo, serán fácil y certeramente satisfechos en los futuros eclipses solares.

Agradecimientos. A la Facultad de Ciencias y al Instituto de Biología de la UNAM y al CETMAR de la SEP en San Blas, Nayarit, por sus apoyos logísticos. A la Coordinación de la Investigación Científica, UNAM y al Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-Xochimilco, en la celebración del coloquio "El Eclipse del 11 de julio de 1991, sus efectos en los organismos y su entorno", del 8 al 10 de julio de 1992, en Ciudad

Universitaria, México, D.F., y a dos revisores anónimos por sus valiosas observaciones al manuscrito.

Literatura citada

- ÁLVAREZ-CADENA, J.N. 1985. Composición y abundancia de los copépodos planctónicos de la bahía de Mazatlán, Sin., México (1970-1980). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 12(1):1-14.
- BOUGIS, P. 1974. La repartition verticale et les migrations nycthemerales du zooplancton. In: *Ecologie de plancton marin: le zooplancton*. Masson, Paris, t.II, pp. 64-88.
- BRIGHT, T., F. FERRARI, O. MARTIN & G.A. FRANCESCHINI. 1972. Effects of a total solar eclipse on the vertical distribution of certain oceanic zooplankters. *Limnology and Oceanography* 17(2):296-301.
- CURRAY, J.R., F.J. EMMEL & P.J.S. CRAMPTON. 1969. Holocene history of a strand plain, lagoonal coast, Nayarit, México. In: A. Ayala-Castañares & F.B. Phleger (eds.) *Coastal Lagoons: A Symposium*. UNAM-UNESCO, México, D.F., pp. 63-100.
- FERRARI, F.D. 1976. The significance of the response of pelagic marine animals to solar eclipses. *Deep-Sea Research* 23:653-654.
- FIERRO-GROSSMAN, J., J. GALINDO-TREJO & D.FLORES-GUTIÉRREZ. 1991. *Eclipse total de sol en México, 1991*. Dirección General de Publicaciones, Universidad Nacional Autónoma de México. 104 p.
- FRANCESCHINI, G.A., T.J. BRIGHT, J.W. CARUTHERS, S.Z. EL-SAYED & A.C. VASTANO. 1970. Solar eclipse of March 7, 1970: Effects on migration of marine organisms in the Gulf of Mexico. *Nature* 226:1166-1156.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. & H. SANTOYO. 1975. Plancton de lagunas costeras XI: Transporte en tres estuarios del noroeste de México (noviembre, 1973). *Revista Latinoamericana de Microbiología* 17:175-183.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. & D. LEÓN-ÁLVAREZ. 1987. Plancton de Bahía de Chamela: Ensayo fisiológico durante el eclipse anular del 30 de mayo de 1984. *Universidad y Ciencia* 4(7):45-56.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. & S.E. GÓMEZ-NOGUERA. 1992. Hidrología, plancton y meiofauna de la cuenca estuarina Sinaloa/Nayarit en invierno 1991/92 (resultados preliminares). Memorias del IX Simposio Internacional de Biología Marina (1-5 junio. 1992), Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS, México, pp. 87-92.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S., M. SIGNORET & P. RUIZ-AZUARA. 1992. *Memoria de resúmenes. Eclipse del 11 de julio de 1991: efectos sobre los seres vivos y su entorno*, coloquio del 8 al 10 de julio de 1992, CIC-UNAM y UAM-Xochimilco, México, D.F., 30 p.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. & S.E. GÓMEZ-NOGUERA. 1993. Comportamiento estacional del plancton estuarino del noroeste de México. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile, pp. 69-75 (Serie ocasional 2).
- GÓMEZ-AGUIRRE, S. & S.E. GÓMEZ-NOGUERA. 1996. Observaciones del plancton invernal de Ensenada del Pabellón, Sinaloa, México (enero y marzo de 1992). *Revista de Investigación Científica, Serie Ciencias del Mar UABCS* 6(1):47-52.

- LANKFORD, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. In: L.E. Cronin (ed.) *Estuarine processes, circulation, sediments, and transport of material in the estuary*. Academic Press, New York, pp. 182-215.
- RUIZ-AZUARA, P. 1992. Comportamiento espectral de la "noche del eclipse" registrado durante la campaña oceanográfica desde el B/O 'El Puma', en el intervalo de 0.3 a 0.9 micras. In: S. Gómez-Aguirre, M. Signoret & P. Ruiz Azuara. *Memoria de resúmenes. Eclipse del 11 de julio de 1991: efectos sobre los seres vivos y su entorno, coloquio del 8 al 10 de julio de 1992*, CIC-UNAM y UAM-Xochimilco, México, D.F., pp. 1-30.
- SANTOYO, H. 1974. Fitoplancton otoñal en la región de San Blas, Nayarit (1971). *Revista Latinoamericana de Microbiología* 16:155-161.
- TURCOTT, V. 1976. Plancton de lagunas costeras IV: Variación estacional de los copépodos en la laguna de Yávaros, Son., México (1969-1970). *Revista Latinoamericana de Microbiología* 18:159-165.
- ZAMORA-SÁNCHEZ, M.E. & S.GÓMEZ-AGUIRRE, 1986. Una especie nueva del subgénero *Acanthacartia* Steuer 1915 (Copepoda: Acartidae) de la laguna costera de Agiabampo, Sonora, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 56(2):337-346.

Recibido: 13. X. 2000

Aceptado: 4. IV. 2001