

174
2eg.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"EFECTO DEL FOTOPERIODO Y LA TEMPERATURA
EN LA PRODUCCION DE EFIPIOS DE
Moina macrocopa". (Crustacea: Cladocera).

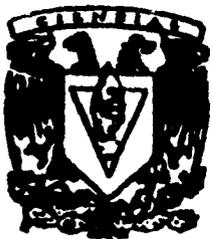
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

LILIAN GABRIELA VALENCIA TURCOTTE



MEXICO, D. F.



1995

FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Facultad de Ciencias

Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s)

VALENCIA TURCOTTE LILIAN GABRIELA

con número de cuenta 8506219 -9 con el Título:

" EFECTO DEL FOTOPERIODO Y LA TEMPERATURA EN LA

PRODUCCION DE EFIPIOS DE Moina macrocopa "

(Crustacea : Cladocera)

Otorgamos nuestro **Voto Aprobatorio** y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de BIOLOGO

| GRADO | NOMBRE(S) | APELLIDOS COMPLETOS | | FIRMA |
|-------------------|-------------|---------------------|-----------|-------|
| M. en C. | Félix | Espinosa | Chávez | |
| Director de Tesis | | | | |
| Dra. | Sonia | Espina | Aguilera | |
| Dr. | Guillermo | Salgado | Maldonado | |
| M. en C. | Jorge Luis | Hernández | Aguilera | |
| Suplente | | | | |
| M. en C. | Rosa Estela | Toral | Almazán | |
| Suplente | | | | |

A mis padres con gratitud

a mis hermanos

y a mis amigos que siempre me han brindado su apoyo

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi mayor agradecimiento al Director de Tesis M. en C. Félix Espinosa Chávez y de manera especial al M. en C. Fernando Martínez Jerónimo por sus acertados consejos que me guiaron a la realización del presente trabajo.

A la Dra. Sonia Espina Aguilera por su asesoramiento y la revisión del manuscrito.
A las personas que formaron parte del jurado Dr. Guillermo Salgado Maldonado, M. en C. Jorge Luis Hernández Aguilera y la M. en C. Rosa Estela Toral Almazán.
A mi compañera y amiga Laura Martínez Jerónimo por apoyarme en las técnicas del cultivo de algas.

Del mismo modo a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN por las facilidades brindadas para la realización de este estudio.

Por último mi agradecimiento a todas aquellas personas que hayan participado en mi formación académica y en la realización de este trabajo que por falta de memoria no las haya mencionado.

**Este trabajo fué realizado en la sección de Acuicultura del
Laboratorio de Ecología de La Escuela Nacional de Ciencias
Biológicas del IPN.**

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| II. ANTECEDENTES..... | 4 |
| Morfología de <i>Moina</i> | 7 |
| Biología de <i>Moina</i> . Sistema nervioso, aparato circulatorio, aparato respiratorio, aparato digestivo, aparato reproductor y reproducción.. | 7 |
| Distribución y presencia de <i>Moina</i> en cuerpos de agua..... | 8 |
| Aprovechamiento de <i>Moina</i> en la Acuicultura. Desarrollo de técnicas de cultivo para <i>Moina</i> | 9 |
| Empleo como alimento vivo..... | 11 |
| <i>Moina</i> utilizada como organismo de prueba en toxicología acuática..... | 13 |
| Formación de huevos de resistencia. " Efipios "..... | 14 |
| Restauración del desarrollo embrionario. Término de la Diapausa..... | 16 |
| III. OBJETIVOS..... | 18 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 19 |
| Crecimiento Poblacional..... | 19 |
| Calidad de los efipios..... | 21 |
| V RESULTADOS..... | 24 |
| VI DISCUSIÓN..... | 32 |
| VII LITERATURA CITADA..... | 35 |

RELACION DE TABLAS Y FIGURAS

- | | |
|---------|--|
| Tabla 1 | Tamaño apropiado del alimento para larvas de peces. |
| Tabla 2 | Diagnosic de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Tabla 3 | Comparación bromatológica entre <i>M. macrocopa</i> y otros alimentos deshidratados comerciales. |
| Tabla 4 | Composición de aminoácidos de <i>M. macrocopa</i> comparada con otros organismos. |
| Tabla 5 | Posición taxonómica de la especie. |
| Tabla 6 | Diseño experimental. |
| Tabla 7 | Ecuaciones de crecimiento logístico. |
| Tabla 8 | Tamaño del efipio de <i>Moina macrocopa</i> . |
| | |
| Figura | 1 Morfología de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 2 Detalle del postabdomen de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 3 Efipio de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 4 Curvas de crecimiento poblacional. |
| Figura | 5 Intervalo de comparación de medias por el método de T para los valores de densidad poblacional. |
| Figura | 6 Biomasa final. Peso húmedo. |
| Figura | 7 Proporción (%) de machos. |
| Figura | 8 Número de efipios. |
| Figura | 9 Largo y ancho de efipios de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 10 Corte transversal de efipio de <i>Daphnia magna</i> . |
| Figura | 11 Eclosión del neonato a partir del efipio de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 12 Tasa de eclosión en función de la temperatura de cultivo. |
| Figura | 13 Tasa de eclosión en función del tiempo (h) de incubación de los efipios de <i>Moina macrocopa</i> . |
| Figura | 14 Eficiencia de eclosión. |
| Figura | 15 Eclosión de neonatos a diferentes condiciones de fotoperiodo y temperatura. |
| Figura | 16 Intervalo de comparación por el método de T para los valores de eclosión de organismos a partir de efipios. |

RESUMEN

La producción de formas de resistencia, que en los cladoceros se conocen como efipios, constituye una de las peculiaridades biológicas que mayor potencialidad presenta desde el punto de vista biotecnológico. El uso de quistes para la producción de alimento vivo es una de las metas que actualmente se persigue con mayor ahinco en la acuicultura, ya que permite que los alimentos se puedan envasar, almacenar y conservar por tiempos prolongados, y que se puedan aplicar en diferentes condiciones y en el momento que se requieran, sin estar supeditados a una cultivo paralelo o a ciclos de producción estacional.

En este trabajo se pretende el definir una metodología para la producción de efipios de *Moina macrocopa*, una especie particularmente adecuada para este fin. Se determinó el efecto de diferentes condiciones de fotoperiodo (0:24, 12:12, 16:8, 24:0 L:O) y temperatura (25, 27 y 30°C) sobre la frecuencia de machos y producción de efipios en poblaciones experimentales de *Moina macrocopa*, como resultado de estas pruebas no se observó efecto significativo sobre la proporción de machos ni la frecuencia de efipios producidos.

Al someter muestras de efipios hidratados a las condiciones de fotoperiodo y temperatura ya indicadas se observó un efecto significativo de ambos factores sobre el número de neonatos obtenidos. Por otra parte, las muestras de efipios de *Moina macrocopa* sólo alcanzan valores acumulados altos de tasa de eclosión de neonatos mediante ciclos de deshidratación e hidratación alternados.

Una de los problemas que enfrenta la acuicultura en referencia a las primeras etapas de desarrollo de las especies en cultivo, es la obtención de alimento que reúna las condiciones de tamaño, alto valor nutricional, baja perceptibilidad y bajo precio. Los experimentos del comportamiento de los efipios permitió considerar al cladócero *Moina macrocopa* como un organismo homólogo del anostraco *Artemia salina*; sobre el cual tenga, probablemente, mayores ventajas.

En la acuicultura el éxito de una dieta plenamente adecuada se mide por la sobrevivencia y crecimiento de los animales cultivados; también se mide por la capacidad de los animales para superar etapas críticas de su ciclo biológico (Gardiner, 1978). El cultivo de especies acuáticas exige, para las primeras fases de desarrollo, un suministro adecuado, en calidad y cantidad, de alimento. Hay una clara tendencia hacia la formulación y elaboración de alimentos balanceados pero es frecuente que éstos resulten costosos y no logren satisfacer las demandas nutricionales de las larvas. Producir alimento que sea más accesible a las larvas de peces de reducida talla y que cubra dichos requerimientos nutricionales se logra sólo con el suministro de alimento vivo (Bernabé, 1991), por lo que el empleo de alimento suplementario natural (De la Lanza Espino *et al.*, 1991) o alimento vivo se hace indispensable al menos en las fases críticas larvaria y juvenil de muchas especies. Cabe destacar la existencia de numerosas especies no sólo de importancia económica, sino también especies nativas potencialmente cultivables que sólo pueden prosperar teniendo como alimento fundamental el zooplancton (De la Lanza Espino y Arredondo, 1990). De esta manera, resulta obvia la importancia que para el desarrollo de la acuicultura tienen los cultivos paralelos o complementarios al cultivo principal que básicamente cumplen con la función de servir de suministro de alimento vivo o fresco (Martínez Jerónimo *et al.*, 1988).

Dentro de los cultivos de apoyo es muy limitado el número de especies trabajadas como por ejemplo, algunas especies de algas e invertebrados filtradores. En concreto, la piscicultura marina se sustenta en la producción de rotíferos eurihalinos (*Brachionus plicatilis*), y en un consumo considerable de nauplios de *Artemia sp.*; éstas especies son con seguridad los organismos más estudiados como cultivos de apoyo y más documentados. Se han utilizado ampliamente en la acuicultura mundial por su alto valor protéico y características fisiológicas que los hacen organismos muy apreciados (Castro Barrera, 1985). Son escasos los trabajos realizados sobre la utilización de especies de agua dulce como alimento para el cultivo de organismos dulceacuícolas de interés comercial (Pavón Meza, 1994). La investigación con otras especies es escasa y sólo recientemente se han considerado a otros grupos de invertebrados, como los crustáceos.

Los crustáceos constituyen uno de los grupos zoológicos que ofrecen un mayor interés, no sólo por su consideración puramente biológica, sino también, por su importancia en acuicultura, siendo considerados como alimento vivo imprescindible para la alimentación larvaria de muchas especies de interés en acuicultura (Bautista, 1988). *Artemia* es un anostraco que se desarrolla en ambientes hipersalinos, alcanzando grandes densidades de población. Una de sus formas de reproducción es a través de la formación de quistes de resistencia, que toleran amplias variaciones ambientales e incluso la exposición a radiaciones y agentes químicos. Estos quistes, pueden permanecer viables durante mucho tiempo de almacenamiento, lo que constituye una de las tantas ventajas que explican el amplio uso de éstos organismos (Castro y Gallardo, 1988).

La facilidad con la que se realiza la eclosión de los quistes, permite obtener la cantidad necesaria de alimento vivo, en el momento adecuado. Esto explica la gran demanda de quistes que se tiene en la actualidad. *Artemia* constituye un excelente y costoso alimento para peces de acuario, para la larvicultura de camarones y para otras especies de alto valor comercial en granjas acuícolas marinas. En México, la *Artemia* que se consume es importada primordialmente de los EEUU lo cual representa grandes fugas de dinero. La demanda supera ampliamente a la oferta y en consecuencia, existe un comportamiento de mercado, en el que se alcanzan elevados precios dependiendo de las características de la cepa (Morales, 1980). Los nauplios y adultos de *Artemia* han sido empleados para especies dulceacuículas (peces de ornato), pero aún cuando éste microcrustáceo es eurihalino, su permanencia en aguas dulces es relativamente corta, y sólo son accesibles durante un tiempo restringido.

Los cladóceros son un grupo de microcrustáceos que alcanzan altas densidades de población en charcas temporales. Presentan dos modalidades de reproducción:

- Asexual por partenogénesis. Consiste en la producción de camadas de hembras partenogenéticas que alcanzan la madurez sexual, cuando las condiciones del medio sean favorables; se reproducen de manera asexual sin la presencia del macho. Así, la población crece rápidamente alcanzando altas densidades.
- Sexual. Se presenta cuando por diferentes factores del medio, algunos de los huevos se desarrollarán como machos que fecundarán a las hembras generándose como producto de esta reproducción sexual un huevo de resistencia envuelto por una capa especial que le da gran protección al embrión. El embrión dentro del quiste o efipio, suspende su desarrollo permaneciendo en estado de diapausa cuya duración coincide frecuentemente con la desecación del cuerpo de agua en que se estaba desarrollando la población. Cuando las condiciones del medio vuelven a ser favorables, los efipios reactivan su desarrollo y emergen uno o dos neonatos hembras, (dependiendo de la especie), iniciando un nuevo ciclo de reproducción asexual (Ivleva, 1972).

En México, el cladócero *Moina macrocopa* existe en grandes densidades en sitios poco profundos en agua alcalinas, y son comercializados en los acuarios como alimento vivo para peces. Esta práctica se ve afectada por eventos meteorológicos (Martínez Jerónimo y Gutiérrez Valdivia, 1991). Numerosos son los artículos que han publicado la existencia de *Moina* en cuerpos de agua y su importante contribución como alimento, pero muy pocos han estudiado su cultivo (Ventura y Enderez, 1980).

Moina macrocopa es un candidato ideal para la producción de alimento vivo ya que cumple con los requisitos de una especie potencialmente cultivable, con un ciclo de vida corto, crecimiento rápido, fecundidad elevada, buena conversión de alimento, amplios intervalos de tolerancia a cambios ambientales y a la presencia de compuestos tóxicos (Villegas y Lumas, 1991) El manejo es sencillo y tiene gran aceptación por parte del consumidor debido a su pequeña talla que comparada con *Daphnia sp.* la hace preferible.

Moina macrocopa, es una especie sumamente importante para la producción de biomasa y de espiros; a diferencia de *Daphnia* es capaz de alternar, en laboratorio, ciclos de reproducción sexual y asexual, sin que ocurra la muerte de la hembra al liberarse del espio. Esto se traduce no sólo en un incremento en biomasa, sino también en una producción continua de espiros que se depositan en el sedimento en cantidades considerables. Este es un potencial que habrá de desarrollarse, ante los altos costos que alcanzan los quistes de *Artemia* y la carencia de productos homólogos para especies dulceacuícolas. La tendencia para especies dulceacuícolas es la producción masiva de alimento vivo, como los cladóceros *Daphnia* y *Moina* (Olivares Garnica *et al.*, 1994).

II

ANTECEDENTES

Es evidente que los recursos que existen en el medio acuático no son inagotables y que la presión que se hace sobre ellos a través de la pesca, es cada vez mayor por lo que los científicos consideran que la solución es la acuicultura, habiéndose desarrollado el cultivo de especies de alto valor comercial. Se realiza el cultivo para contar con una fuente suplementaria de proteínas pero también es utilizado para resolver problemas de conservación de las especies, que por haber estado expuestas a una excesiva explotación se hallan en peligro de extinción (Cifuentes *et al.*, 1990).

La acuicultura como medio de conservación de las especies acuáticas en peligro de extinción, es una realidad y sólo se necesitan intensificar los programas de investigación que permitan conocer mejor los ciclos biológicos de las especies susceptibles de cultivarse. Estas investigaciones y sus aplicaciones permitirán conservar una fauna que participa en el equilibrio ecológico y que tiene no sólo interés científico sino también comercial. Ha surgido la necesidad de estudiar a los peces nativos a fin de ampliar su distribución natural introduciéndolos en distintos lagos y presas, o sencillamente, para rehabilitar estos recursos en los lugares en donde se están agotando (Rosas Moreno, 1982). De tal manera uno de los principales objetivos de la acuicultura contemporánea es iniciar cultivos intensivos de especies silvestres, principalmente marinas, lo que permitirá aumentar la disponibilidad de los recursos alimentarios.

Los charales y el pescado blanco de la familia Atherinidae, están considerados en el país y en el extranjero como verdaderos manjares por la calidad de sus carnes y su delicado sabor. En México tienen gran importancia económica, dado su valor comercial y sus altas propiedades nutritivas (Rosas Moreno, 1970); estas especies son endémicas de la región lacustre del centro de México, que en algunas de las zonas de su distribución natural tienden a desaparecer por la modificación de las condiciones ecológicas y su sobreexplotación. Por esta razón, es indispensable promover la propagación por medios artificiales ya que son, indudablemente, los productos pesqueros más preciados de los lagos mexicanos.

la variación de factores ambientales, no permiten contar con una disponibilidad programada de alimento vivo.

En la acuicultura, la producción de alimento vivo conforma lo que se denominan "cultivos de apoyo" (Martínez Jerónimo *et al.*, 1988)

Las ventajas que presenta este tipo de cultivo paralelo o "cultivo de apoyo" son:

- En general su balance nutricional es adecuado para el organismo consumidor,
- Son fácilmente aceptados y asimilados,
- Tienen una mayor permanencia en condiciones de accesibilidad para el consumidor,
 - Producen un menor deterioro en la calidad del agua,
 - Pueden ser producidos en sistemas de cultivo sencillos y empleando insumos de bajo costo,
 - Resultan generalmente más baratos que un alimento balanceado específico,
 - Es posible cubrir diferentes necesidades alimenticias en etapas distintas de desarrollo, empleando varias especies o seleccionando tallas adecuadas al crecimiento del consumidor y,
 - Permiten el cultivo controlado de especies depredadoras de alto valor comercial.

Revisando la literatura sobre el cultivo de especies para alimento vivo en realidad sólo un organismo es usado para éste propósito por cerca del 99% de cultivadores, éste es *Artemia salina*, ampliamente utilizado como alimento para larvas de peces, decápodos y cefalópodos. Esto es debido a que en *Artemia* se ha encontrado la panecea y la principal razón es la presencia de huevos de resistencia fácilmente manejados por los acuicultores en el momento requerido. Uno de los inconvenientes se da en el aspecto económico ya que se ha creado un comportamiento de mercado en donde los quistes llegan a alcanzar elevados precios. Otro inconveniente es que hasta el momento no existe un desarrollo comercialmente adecuado de especies homólogas de alimento para peces de agua dulce y *Artemia* tiene muy corto tiempo de permanencia en el agua dulce, lo cual contribuye a deteriorar la calidad de agua del cultivo en cuestión.

Son escasos los trabajos realizados sobre la utilización de especies de agua dulce, las cuales pueden constituir una fuente importante de alimento en el cultivo de organismos dulceacuícolas de interés comercial (Pavón *et al.*, 1994). A la explotación de los invertebrados dulceacuícolas en México se les ha dado poca importancia, pero la relación que tienen con la piscicultura ornamental y en general para el cultivo de especies cuyo manejo es difícil, es un renglón en el que se debe fijar más la atención.

El cultivo de organismos para alimento vivo está en progreso. Dentro de las especies zooplantónicas dulceacuícolas se encuentran principalmente las pertenecientes al grupo de los cladóceros, conocidos comúnmente como "pulgas de agua"; las más populares son *Daphnia spp* y *Moina sp.* (Valdez Moreno, 1990). Dinges y Rust (1972) dejan ver la posibilidad de introducir a *Daphnia sp.* en lagunas de oxidación para rehabilitarlas, como lo sugiere también De Witt y Candland (1971), apoyando la idea de introducirlos además para su cultivo y explotación como alimento para peces.

El pescado blanco se alimenta de zooplancton en su estado juvenil y debido a que después de los primeros días de vida no aceptan alimento artificial uno de los puntos claves para cultivarlos con éxito es solucionar su problema de alimentación (Ramírez Granados, 1981). Es bien cierto que uno de los puntos críticos en el cultivo intensivo de peces y crustáceos es la alimentación de las formas larvarias. En la acuicultura, un factor limitante generalizado es la obtención de alimentos, éste hecho ha venido a representar de algún modo el llamado "cuello de botella" (Castillo y Berger, 1983). En la primeras etapas de desarrollo se pueden producir mortalidades considerables, cuando la alimentación es inadecuada. A los piscicultores que se dedican al cultivo de los peces ornamentales, se les presentan mortalidades hasta del 70% de las crías por no resolver las necesidades alimenticias de las larvas, y aún cuando se cuenta con una amplia variedad de alimentos artificiales con frecuencia no pueden sustituir a los alimentos naturales. Villegas y Lumas (1991) sustentan que el alimento vivo resulta esencial durante la etapa de alevinaje aumentando considerablemente la sobrevivencia hasta el 93.5-99%. Cualquier piscicultor que tenga la posibilidad de cultivar alimento natural, tiene resuelto, en un alto porcentaje, el cultivo de ésta especie (Rosas Moreno, 1982).

La mayoría de las larvas de los peces, requieren del zooplancton vivo que estimule su crecimiento (Hung, 1989). El zooplancton fresco tiene aproximadamente 72% de proteínas; el alimento seco normalmente tiene cerca del 30%. El zooplancton vivo, proporcionado a los peces, tiene múltiples ventajas por ejemplo, mayor tasa de crecimiento por ser un alimento muy completo en proteínas, vitaminas, etc; los peces enferman menos, las gónadas se desarrollan bien, los colores de los peces ornamentales se abrillantan más. Además, el zooplancton vivo no se precipita al fondo, descomponiéndose, como los alimentos artificiales, sobre todo cuando éstos son administrados en exceso.

La decisión de considerar al zooplancton como el alimento ideal, se sustenta en observaciones como las de Rosas Moreno (1982) quien resolvió las necesidades alimentarias de 25 spp. diferentes suministrando exclusivamente zooplancton al que casi puede considerarse como alimento universal por su tamaño (Tabla 1). Se ha experimentado la aceptación del zooplancton en no menos de 40 especies diferentes, de las que a continuación se mencionan algunas: las larvas y juveniles de carpa israel, dorada, barrigona, plateada, negra, cabezona, brema y la carpa común, lobina negra, mojarra de agallas azules, trucha de arrollo, trucha arco iris, pescado blanco, charal, *Sarotherodon aureus*, *Tilapia zillii*, *S. mossambicus*, bagre azul y de canal, Acúmara, Popocha, Platys, Mollys, Guppys (*Poecilia reticulata*), los espadas (*Xiphophorus helleri*), Beta (*Betta splendens*), Angel, King-yo y Gourami. En todas las anteriores el alimento fué la pulga de agua.

Cuando se realizan cultivos a pequeña escala, el suministro de alimento puede resolverse recolectando plancton del medio natural; en cambio, cuando se desea llevar a mayor escala o cultivar especies a nivel comercial, no se puede depender de la recolección, sino se hace necesario el cultivo masivo del alimento (Hung, 1989). Aunque existe producción de alimento vivo en estanques basada en la fertilización orgánica o química, las técnicas usadas tienen una base empírica que aunada a la dependencia observada en cuanto a

MORFOLOGÍA DE *Moina macrocopa*

Estos organismos de pocos milímetros de longitud se caracterizan por poseer apéndices del tronco de estructura foliácea y aplanada. Las segundas maxilas son vestigiales. Las antenas adquieren grandes dimensiones y tienen una función natatoria. El caparazón muy comprimido lateralmente y bivalvo encierra el tronco pero no la cabeza la cual se proyecta ventralmente. No hay segmentación externa y el número de apéndices es de cinco a seis pares. El extremo del tronco, el postabdómen, está proyectado ventralmente y en su extremo final tiene uñas o espinas. Existe dimorfismo sexual, los machos son mucho más pequeños que las hembras (Fig. 1).

Moina macrocopa tiene anténulas largas (sólo machos). Las valvas no cubren completamente la cabeza y el cuerpo. La cabeza es grande, redonda y sin rostro. Postabdómen con 10-12 espinas postanales (fig. 2) y espina bidentada. Cámara incubatriz dorsal, corazón evidente. La longitud de los neonatos es de 220-480 μ , la hembra hasta de 1800 μ la del macho 500-600 μ . Gutiérrez-Valdivia (1990) reporta el tamaño de *M. macrocopa* al inicio (560 μ), un día (666 μ), dos días (705 μ), tres días (1003 μ), en cuatro días la especie tiene una longitud de 1046 μ y para machos de 764 μ . En la Tabla 2 se cita la diagnosis completa de *M. macrocopa* hecha por Gutiérrez-Valdivia (*op. cit.*).

BIOLOGÍA DE *Moina sp*

Sistema Nervioso. Consiste en un doble cordón ventral, relativamente pocos ganglios, pares nerviosos y un cerebro dorsal al esófago.

Aparato Circulatorio. El corazón es un simple óvalo en forma de balón en la cabeza en el lado dorsal. La sangre circula por dos ostiolas laterales, guiada en el hemocele por el mesenterio. El plasma sanguíneo es usualmente colorido (amarillento) y contiene numerosos corpúsculos coloreados.

Aparato Respiratorio. El intercambio de oxígeno y dióxido de carbono ocurre en la superficie del cuerpo especialmente en la superficie interna de las valvas y alrededor de la superficie de los apéndices birrámeos torácicos.

Aparato Digestivo. No especializado. La captura del alimento comienza con el complejo movimiento de las setas de los apéndices torácicos que producen una corriente de agua entre las valvas. Este movimiento ayuda a que el agua sea filtrada y se capturen partículas de alimento, las cuales son pasadas al esófago y estómago. Existen ciegos digestivos.

Aparato Reprodutor. Las gónadas son distinguibles sólo cuando los especímenes son sexualmente maduros. Los dos ovarios son alargados y se ubican en línea lateral o algo ventrales al intestino en la región torácica del cuerpo. Los oviductos desembocan a la cámara incubadora donde se acumulan los huevos para su desarrollo. Los testículos son pequeños, una parte del postabdómen se especializa en forma de órganos copulatorios.

Reproducción. La reproducción está basada principalmente en la partenogénesis. El ciclo partenogénético (heterogonia), incluye un ciclo de vida donde la reproducción sexual es complementaria. Los huevos que se desarrollan sin ser fertilizados son depositados en la cavidad que se forma en la parte dorsal de las valvas y la parte superior del cuerpo, la cámara incubadora. El desarrollo de las crías es directo y son liberadas por flexión ventral del postabdomen de la madre. Existen varias generaciones de hembras que repiten el ciclo una y otra vez. Para *M. macrocopa* Murphy y Davidoff (1972) evaluaron que esta especie vive de 10 días a dos semanas produciendo cerca de 100 individuos partenogénicamente divididos en cinco camadas. Los juveniles, llamados neonatos, son vivíparos y son una imagen miniatura de los adultos. Los neonatos pasan por cuatro interestadios antes de alcanzar la madurez sexual (D' Abramo, 1980). Esta partenogénesis continúa hasta que las condiciones del medio se vuelven desfavorables, entonces algunos de los huevos dan origen a machos, además de formar huevos haploides que necesitan ser fertilizados y empieza la fase sexual de reproducción.

En la fase sexual los huevos fecundados son voluminosos y sólo se producen dos por cada puesta: uno por ovario. Las paredes de la cámara incubatriz se transforman en una capa protectora, en forma de silla de montar llamada efipio que desaparece con la muda siguiente, ya por separación completa o bien quedando adherido al resto del exoesqueleto que se desprende. El efipio es formado durante la secreción de la nueva cutícula. En principio, el efipio recién producido es suave y ligeramente translúcido con dos protuberancias convexas cada una conteniendo a cada huevo. La pared externa del efipio se endurece y pigmenta (melanina), esta pigmentación está alrededor de los dos huevos. Cuando la nueva cutícula es secretada por completo, la pared interna del efipio se separa y se encuentra (el efipio) libre en la cámara. Los efipios permanecen latentes hasta que las condiciones vuelven a ser favorables eclosionando de ellos sólo hembras comenzando de nuevo el ciclo reproductivo. Un sólo huevo de resistencia es suficiente para establecer una nueva población (Frey, 1982).

DISTRIBUCION Y PRESENCIA DE *Moina* spp EN CUERPOS DE AGUA

Son muy pocos o casi nulos los trabajos que se tienen acerca de la distribución de *Moina* spp., sin embargo, un trabajo reciente de Gutiérrez y Zamuriano (1994) reportaron por primera vez la existencia de *M. macrocopa* en Quilacollo, Bolivia. *M. macrocopa* se ha registrado en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo pero no se había reportado en Centro y Sudamérica.

Pennak (1978) reporta la distribución de *Moina* en el norte de los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. Margalef (1983) menciona que la distribución de *M. macrocopa* es de América Latina hasta la mitad septentrional de los EEUU, de costa a costa.

Mirabdullaer (1993), describe una nueva especie, *Moina gouldeni*, para la región central de Asia debido que se tenía reportado para esta región sólo cinco especies: *M. macrocopa*, *M. brachiata*, *M. salina*, *M. micrura* y *M. weismann*. Detalla las diferencias morfológicas de la nueva especie en comparación con *M. macrocopa* y *M. belli*.

En Hong Kong *M. macrocopa* es muy común y está muy distribuida en pequeñas charcas y se efectúa el cultivo a pequeña escala para alimento de peces (Wong y Wong, 1990). Se ha reportado su existencia también en URSS donde puede alcanzar el 98% de la biomasa total de los lagos (Kryuchkova y Rybaks, 1989).

El trabajo de Elias Gutiérrez (1982) describe las especies de cladóceros encontradas en nueve presas del Estado de México y establece la distribución geográfica y abundancia relativa tratando de relacionarla con los parámetros fisicoquímicos que componen su ambiente. Destaca la existencia de *M. macrocopa* en dos presas: Alzate, municipio de Temoaya (a 2570m snm) y en Taxhimay, municipio de San Luis (2300m snm). *M. macrocopa* se encontró en grandes densidades con una distribución sumamente restringida y limitada posiblemente, a los embalses más altamente eutrofizados con menor cantidad de oxígeno y altos valores de alcalinidad y dureza. Esta especie es típicamente empleada en el Valle de México para el mantenimiento de peces de ornato durante casi todo el año, exceptuando la temporada de invierno por obvias razones de inexistencia en los lugares de colecta.

En el género *Moina* muchas de sus especies están asociadas a un tipo particular de clima. En especial, *M. macrocopa* predomina en aguas con temperaturas por encima de los 14°C, teniendo amplios intervalos termales (de 5 a 30°C) pero desarrollándose bien a los 24-26°. También es particularmente resistente a cambios en el régimen del oxígeno (Ivleva, 1972 y Pennak 1978). Lieberman (1970), señala que *M. brachiata* es capaz de vivir en ambientes anaeróbicos o bien en ambientes saturados de oxígeno, prefiriendo los 14-16 ppm. *Moina* es más tolerante que *Daphnia* a condiciones desfavorables y al pH sobre 9. *Moina* en ocasiones aparece después que la población de *Daphnia* ha recaído debido a cambios ambientales (Dinges y Rust, 1972).

Margaleff (1983), menciona que *Moina* se localizó en aguas más o menos efímeras (charcos con mucha arcilla en suspensión) de las zonas áridas, endorreicas, ricas en sulfato magnésico y más o menos salinas; mientras que Gutiérrez y Zamuriano (1994), comentan que *M. macrocopa* se desarrolla exclusivamente en canales de desechos ubicados a gran altitud sobre el nivel del mar. En el Valle de México hay varios cuerpos de agua que producen pulga de agua, *M. macrocopa* es tolerante a altas salinidades encontrándose en aguas salobres como es el caso del Vaso de Texcoco, Méx. (Valdez Moreno, 1990).

APROVECHAMIENTO DE *Moina* spp EN LA ACUACULTURA DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CULTIVO

El nanoplancton es el material más importante en la alimentación de los filtradores (Margaleff, 1983). *Moina* sp. se puede cultivar siguiendo lineamientos propuestos principalmente para *Artemia* pero no bastan los nutrientes apropiados con concentración elevada, sino que deben añadirse partículas de almidón y albúmina, que, sin ser necesariamente utilizadas facilitan la absorción, sirviendo de vehículos, quizás como partículas de arcilla en los charcos fangosos. Jana y Pal (1985) publicaron un artículo donde

reportan que *Moina micrura* puede ser cultivada en diferentes medios orgánicos, sin embargo previamente Conklin y Provasoli (1977) utilizaron a *M. macrocopa* para establecer un medio artificial para satisfacer los requerimientos fagotróficos de otros invertebrados filtradores a base del éxito de un medio bifásico. En dicho trabajo *M. macrocopa* tiene eventualmente más de 200 generaciones partenogénicas consecutivas.

Murphy (1970) propuso un medio de cultivo para 14 especies de cladóceros; en general se remarca que *M. macrocopa* tiene mayor sobrevivencia (135 generaciones), mayor fertilidad que otras especies, soporta alta contaminación por bacterias y es más resistente a los insecticidas. Posteriormente Murphy y Davidoff (1972) proponen que *M. macrocopa* tiene larga longevidad en un cultivo monoxénico conteniendo gran variedad de vitaminas disueltas. D'Abramo y Baum (1981) analizan el efecto de la lecitina en el crecimiento de *M. macrocopa* cultivada axénicamente con una dieta artificial, y reportaron el primer caso de dependencia de colina en un crustáceo. Conklin y Provassoli (1978) dan un perfil detallado de los requerimientos nutricionales de *M. macrocopa*, utilizando un medio difásico. Destacan que el desarrollo, tamaño de las camadas y la fertilidad de esta especie depende del calciferol, tocoferol, ácidos saturados e insaturados y ácidos nucleicos presentes en el medio.

Existen diversos sistemas de cultivo para *M. macrocopa* desde simples bolsas de polietileno hasta tanques de grandes dimensiones (Hung, 1989). Ventura y Enderez (1980) describen una técnica de cultivo de *Moina* sp. a partir de agua dulce fertilizada con estiércol de gallina. *Moina* declina cuando están presentes la microalgas *Chlamydomonas* y *Microcystis* sp. Se evaluó la producción de *Daphnia* y *Moina* (Olivares et al., 1994) en cultivo con estiércol de caballo y la misma infusión mezclada con plantas. En estanques rústicos fertilizados intensivamente (Quiroz et al., 1994), los organismos más abundantes fueron *Diaptomus* sp, *M. micrura* y *Brachionus calyciflorus*. Valdez Moreno (1990) evaluó el potencial de rendimiento del cultivo de *M. macrocopa* en tres sistemas de fertilización con estiércol de vaca, caballo y mixto; partiendo de un inóculo de 100 g/ m³ obtuvo una biomasa de 110.6 g/ m³. Menciona que el costo de operación para el mantenimiento de la pulga de agua es muy bajo y el esfuerzo es mínimo. En un estudio comparativo (espirulina y estiércol de caballo con tierra de jardín) el crecimiento poblacional de *M. macrocopa* fue más satisfactorio con la cianobacteria (Rodríguez Almaráz et al., 1994).

Espinosa Chávez (1988) propone un sistema de cultivo para *M. macrocopa* con insumos de bajo costo, a base de una infusión de estiércol de borrego digerido aeróbicamente. Comenta que el factor limitante de mayor importancia en este sistema de cultivo es la cantidad de alimento, además pone de manifiesto la resistencia de *M. macrocopa* a las altas concentraciones de amonio, permitiendo alcanzar altas densidades de cultivo. El tiempo óptimo para la cosecha es de 9.75 días y su rendimiento fue de 106.4 g/ m³/ día. Posteriormente Espinosa Chávez et al. (1992) analizaron la tasa de filtración de *M. macrocopa* con respecto a la concentración celular de algas disponibles indicando la existencia de una elevada capacidad de ingestión como reflejo adaptativo de un medio cambiante en donde la especie aprovecha la máxima disposición de alimento durante un ciclo de vida completo.

Para el cultivo de *M. macrocopa* se han utilizado como alimento principalmente diversas especies de algas, pero también se ha ensayado con levadura de panificación (Hung, 1989). Para obtener generaciones continuas de *M. macrocopa* es necesario uso de *Chlamydomonas reinhardtii*, moléculas orgánicas e inorgánicas disueltas como nutrientes y la adición de partículas ricas en lípidos (Conklin y Provasoli, 1978).

Martínez Jerónimo y Gutiérrez Valdivia (1991) observaron que es importante el aporte de algas para el crecimiento de *M. macrocopa*. Trabajaron con *Ankistrodesmus convolutus*, *Chorella vulgaris* y *Scenedesmus incrassatulus* encontraron que las dos primeras producían una alta tasa de mortalidad en los primeros cinco días de vida en *M. macrocopa*. El alimento es un factor que influye directamente en la sobrevivencia y el crecimiento. Si el abastecimiento de alimento es insuficiente existe una alta mortalidad siendo las dosis adecuadas de 2.5 mg/l (peso seco) o superiores. Con *S. incrassatulus* existe una alta sobrevivencia durante los primeros cinco días pero un decremento a partir del décimo día. Esta alga con una dosis de 5mg/l es la adecuada para *M. macrocopa* ya que tiene el 100% de sobrevivencia en los primeros 11 días, una longevidad de 20 y la primera reproducción se efectúa al cuarto día con una diferencia de 33 h entre las camadas. El total de la descendencia por hembra es de 8-12 neonatos. Se observó que la producción de efipios es un proceso que depende de la temperatura. Sasa *et al.* (1960) determinaron que las microalgas *Chorella*, *Scenedesmus* y *Chlamydomonas* son un excelente alimento para *M. macrocopa*. Son menos adecuadas las algas filamentosas o verde-azules como *Nostoc* y *Tolypothrix* (Watanabe *et al.*, 1955).

EMPLEO COMO ALIMENTO

Los requerimientos nutricionales son similares en todos los organismos, incluyendo los peces. Para crecimiento, reproducción y otras funciones fisiológicas normales, necesitan consumir proteínas, lípidos, minerales, carbohidratos, vitaminas y factores de crecimiento. Watanabe *et al.* (1983) señalan que los ácidos grasos insaturados son esenciales para estimular el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de larvas de peces. Para el cultivo de peces, todo lo anterior se incluye en las dietas artificiales o de manera natural con alimento vivo. Se han desarrollado diferentes fórmulas alimenticias sintéticas no lográndose cubrir estas necesidades nutricionales de manera tal que se tienen que incluir alimento natural como dieta suplementaria.

Dentro de los trabajos más generales que utilizan invertebrados plantónicos para alimento se encuentra el trabajo de Barkoh (1987), el cual examina la selectividad e intensidad del alimento de los primeros diez días de vida de la larva *Lepomis macrochirus*. Encontró que los ostrácodos y el rotífero *Brachionus sp* raramente fueron ingeridos por el pez prefiriendo al copépodo *Cyclops vernalis* y el cladocero *Moina brachiata*. Indica que éstos tienen una talla adecuada por lo que son preferentemente seleccionados. El trabajo de Galbraith (1967) determinó que el tamaño de presa adecuada para la trucha arco iris son los cladóceros de 1.3 mm (Tabla 1). Se reconoce el valor y preponderancia de *C. vernalis* y

M. brachiata sobre los rotíferos y ostrácodos, representado por el éxito de sobrevivencia de las larvas. Hovencamp (1990) estudia la dinámica poblacional de *Daphnia* en un lago frente a depredadores como *Chaoborus flavicans* y *Leptodora kindtii* y como conclusión sustenta que prefieren a los cladóceros aún cuando existan otras opciones de alimento.

Tavarutmaneegul y Lin (1988) reconocen la importancia de la utilización de *M. macrocopa* como alimento vivo al cultivar al pez nativo de Tailandia *Oxyeleotris marmoratus* observaron una sobrevivencia del 60% al 99% dentro de los 60 primeros días de vida de la larva del pez. Fermin (1991) estudió la posibilidad de remplazar a *Artemia*, que resulta muy cara, por *M. macrocopa* (adultos y neonatos) para alimentar larvas del pez *Lates calcifer* (Centropomidae). Después de los primeros días y hasta los 35 observó que en el tratamiento con *Moina* la larva gana más peso en comparación con la dieta de *Artemia* y *Artemia+Moina*. Observó además que, no importando la edad del pez éste prefiere consumir *Moina* aún cuando *Artemia* esté presente. Declara que existe una correlación positiva entre la talla de la larva y el número del cladóceros ingerido. En el artículo de Bryant y Matty (1980) se evaluó la cantidad mínima de nauplios de *Artemia* que se necesitan para el crecimiento de larvas de carpa y no llegar al estado de sobrealimentación. Calcularon el crecimiento específico de la larva que expresado como porcentaje de crecimiento por día, fué del 200-250% durante los primeros días de vida y posteriormente se redujo al 100-120% lo que no ocurre si se alimentara con *M. macrocopa* en el que se obtuvo un crecimiento del 200-250% a lo largo de la vida larvaria.

Villegas (1990) comparó los efectos de diferentes raciones y frecuencia de alimento de *M. macrocopa* y *B. plicatilis* en el crecimiento y la sobrevivencia de pequeños peces. Resultado de esto menciona que el peso final de los peces en experimentación se ve afectado por el tipo de dieta, siendo *M. macrocopa* en proporción de 60 individuos/ml más adecuado que con el rotífero. El alto intervalo de crecimiento se relaciona con las diferencias de los valores nutricionales de las dos especies en cuestión ya que *M. macrocopa* supera al rotífero en proteína cruda y en ácidos grasos insaturados. Además resalta la importancia del cladóceros como alimento vivo en sustitución de *Artemia* por el pequeño tamaño que tiene el primero. Posteriormente Villegas y Lumas (1991) evaluaron las diferencias entre proporcionar *M. macrocopa* como alimento vivo que como alimento congelado, en éste último se muestra un decremento de 46.3% en la sobrevivencia de las larvas de peces, hay menor ganancia de peso y de crecimiento.

El bajo valor alimenticio que muestra *M. macrocopa* congelada posiblemente es debido al deterioro de esteroides presentes en el tejido fresco ya que las células al descongelarse se deterioran, también es debido a la actividad de las proteasas y L-lactatodeshidrogenasa (LHD) que degradan proteínas haciéndolas solubles y por lo tanto se encuentran en el medio y ya no en el tejido del cladóceros (Villegas y Lumas, *op. cit.*).

Se ha comparado el crecimiento y sobrevivencia de los peces alimentados con zooplancton y dietas artificiales. Al respecto Fermin y Bolívar (1991) quienes utilizaron larvas del pez *Clarias macrocephalus*, resaltan la necesaria alimentación con zooplancton en las primeras fases larvarias proponiendo a *M. macrocopa* como un excelente alimento ya que

con este cladóceros se observa una mortalidad del 4.67% en contraste con el alimento artificial que fué del 40.08%. En cuanto al crecimiento en talla, las larvas alimentadas con *M. macrocopa* difieren significativamente del resto de los tratamientos, ya que crecen un promedio del 13 mm /día y las larvas alimentadas con dieta artificial mostraron un pobre crecimiento de 5.60 mm / día. Por último se observó en los tratamientos con *Artemia* y dieta artificial un alto grado de canibalismo entre las larvas pero en las alimentadas con *M. macrocopa* simplemente no se observó éste fenómeno.

M. macrocopa contiene 50-60% de proteínas (peso seco) con un 31-38% de aminoácidos esenciales (Pennak, 1978). Si se comparan los porcentajes de proteína en contrados para *M. macrocopa* con productos deshidratados como Peperérez[®] y Nutra-fin[®] se afirma que *M. macrocopa* es un alimento de mayor calidad (Tabla 3). Las larvas de la trucha arcoiris alimentadas en sus dos primeros meses de vida, con el alimento vivo, aumentan un 294% en peso seco, tienen un rápido crecimiento y una vigorosa apariencia no observándose lo mismo de los alimentos artificiales (De Witt y Candland, 1971).

Kokova *et al.* (1982) analizaron la composición bioquímica de varios invertebrados acuáticos con especial énfasis en *M. macrocopa* y concluyen que este invertebrado es el de mayor importancia como fuente de alimento para larvas de peces por su alto contenido de proteínas y en general por su alto valor nutricional. Indican además que, cultivada ya sea con algas o con levadura no se influye en el contenido de aminoácidos (Tabla 4), sin embargo, Watanabe *et al.* (1983) señalan que *Moina* cultivada con levadura contiene elevados niveles de ácidos grasos monoetilénicos y bajos niveles del grupo w3, mientras que en aquellos cultivos con estiércol se observan altos contenidos del grupo altamente polinsaturados. *Daphnia similis* tiene un contenido de proteína del 38.7% con un 7.6% de contenido de ácidos grasos (Hovenkamp, 1990); Villegas (1990) reporta que *M. macrocopa* tiene altos niveles de proteína cruda (55.74%) y ácidos grasos (HUFA) principalmente el ácido eicosapentanoico (20:5n-3) y el ácido docosahexanoico (22:6n-3).

***Moina macrocopa* UTILIZADA COMO ORGANISMO DE PRUEBA EN TOXICOLOGÍA ACUÁTICA**

Como se puede apreciar la información sobre esta especie es escasa, pues sólo recientemente ha sido objeto de investigación en condiciones de laboratorio, en virtud que se le considera importante no solo como alimento vivo para especies mayores sino también como organismo de prueba en bioensayos de ecotoxicología (Gutiérrez Valdivia, 1990). Es muy importante la utilización de los microinvertebrados para evaluar el efecto de contaminantes en el agua y dentro de los organismos utilizados para este fin se encuentra tradicionalmente *Daphnia*, utilizada en toxicología acuática desde 1933 (Martínez Jerónimo *et al.*, 1994). Sin embargo, se buscan alternativas y pocos autores han considerado *M. macrocopa* para bioensayos toxicológicos.

El cadmio es uno de los metales pasados más tóxicos y se ha reportado toxicidad aguda en varios organismos acuáticos. Hatakeyama y Yasuno (1981) emplearon a *M. macrocopa* para examinar los efectos crónicos del cadmio y su susceptibilidad comparada con *Daphnia sp.* Hatakeyama y Yasuno (1982) como continuación del trabajo anterior examinan la circulación de éste elemento a niveles tróficos superiores hacia el pez *Poecilia reticulata*. Por su parte Wong y Wong (1990) también estudiaron el efecto del cadmio en *M. macrocopa* extendiéndolo a otros organismos acuáticos. Wong *et al.* (1991) investigaron el efecto del níquel sobre la sobrevivencia y la capacidad de reproducción de *M. macrocopa* confirmando que este cladóceros es más sensible al contaminante. Posteriormente Wong (1992) demostró el efecto de varios metales pesados (cromo, cobre, níquel y zinc) en la sobrevivencia y alimentación de *M. macrocopa* siendo el cobre el más claramente tóxico a la especie. Luego Wong (1993) analizó el efecto de éstos metales pesados en la longevidad y reproducción del mismo cladóceros.

FORMACIÓN DE HUEVOS DE RESISTENCIA, "EPIPIOS"

De los tres tipos ambientales básicos -el agua salada, el agua dulce y tierra- el medio marino es el más estable. El agua dulce es un medio en donde las corrientes presentan variaciones de turbiedad, velocidad y volumen. En los pequeños charcos, lagunas y lagos se presentan grandes fluctuaciones (Barnes, 1987). La mayoría de las especies que habitan en charcas temporales y manantiales, son efímeras y aparecen brevemente durante la corta existencia de las pozas formadas por las lluvias. Una característica de algunas especies es que sus quistes son capaces de resistir largos periodos de desecación, durante el cual el embrión puede entrar en un estado de latencia hasta que las condiciones les sean favorables para eclosionar y desarrollarse hasta el estado adulto. Dentro de los organismos que componen el zooplancton dulceacuicola los cladóceros están sujetos a estas fluctuaciones ambientales y tienen una manera peculiar para sobrevivir, esto es, a través de la formación del epipto (Schwartz, 1987).

La diapausa puede ser provocada por ciclos endógenos y también por condiciones externas como la periodicidad de la luz o las oscilaciones de la temperatura (Schwartz, 1987; D'Abramo, 1980). Asimismo, es estimulada por una diversidad de factores externos, como la densidad de población, temperatura y fotoperiodo puede inducirse de una manera confiable mediante alteraciones artificiales del ambiente (Barnes, 1987).

Temperatura. La temperatura es un factor que tiene influencia sobre la diapausa. En general, las temperaturas moderadas tienden a evitarla y las bajas a inducirla (Stross, 1965; Gardiner, 1978). Bunner y Halcrow (1977) comentan que a 13°C no existe producción de epiptos de *D. pulex* siendo la mejor temperatura a 23°C.

Iluminación. Una de las condiciones ambientales más importantes que tiene influencia sobre la diapausa es la duración del periodo de iluminación o fotoperiodo (Gardiner 1978). El fotoperiodo estimula la gamogénesis en los crustáceos (D' Abramo, 1980).

Temperatura e iluminación. En *D. magna* la reproducción sexual es favorecida especialmente si la temperatura es baja y existe un fotoperiodo de 20:4 hrs (luz:obscuridad). Con días largos y 30°C aparecen machos y a 8°C aparecen las hembras con efipios. La producción de efipios se lleva a cabo por hembras que han entrado en ecdycis por lo menos tres veces, posteriormente a las ocho mudas la producción de efipios declina (Bunner y Halcrow, 1977).

Densidad Poblacional. Uno de los principales factores que estimula la alta densidad poblacional es la acumulación de metabolitos. La hipótesis que la acumulación de metabolitos es la señal para iniciar la reproducción sexual no se aplica para *M. macrocopa* y *D. magna* (D'Abramo, 1980; Carvalho y Hughes, 1983 y Barker y Hebert, 1990). En contraparte, Banta (1939 en Baker 1986) y Stross (1965, 1969a) sugieren que la acumulación de metabolitos es un factor responsable para la inducción de efipios. Se induce la formación de efipios (100%) cuando dos estímulos están combinados: corto fotoperiodo 11:13 (luz:obscuridad) y alta densidad poblacional (Stross *op. cit.*).

Otros factores ambientales. La diapausa puede estar sincronizada con otros aspectos de la vida como la disponibilidad de alimento. La cantidad del alimento varía con las estaciones y el declinamiento es un factor importante para la inducción de la formación de efipios en *Daphnia magna* (Stross, 1965; Gardiner, 1978; D'Abramo, 1980 y Lynch, 1989). Stross (1965, 1969 a y b); Carvalho y Hughes,(1983); Koperlainen (1986) y Hobæk y Larsson (1990) sustentan que la combinación de factores como la falta de alimento, alta densidad poblacional y mayor cantidad de luz inducen a la formación de efipios en *D. magna*.

En los cladóceros los efipios se forman bajo condiciones adversas, usualmente precedidos por la aparición de machos en la población (Ivleva, 1972). De los huevos haploides que producen las hembras y son fertilizados por los machos, se forman los huevos diploides (huevos de resistencia o efipios). Muchos autores hacen referencia a esto, sin embargo, Margaleff (1983) obtuvo efipios de *Daphnia middendorffiana* de origen no sexuado, es decir, que no fué necesario la fecundación para obtener efipios. Por su parte Carvalho y Hughes (1983) tienen registros de la producción de efipios de *D.magna* en ausencia de machos pero estos efipios no son necesariamente viables. También Hobæk y Larson (1990) muestran que la presencia de machos no es una condición necesaria para la formación de efipios. La presencia de machos y efipios son dos eventos independientes, apoyado a su vez por Yampolsky (1992). Larsson (1991) demostró con dos clones de *Daphnia pulex*, uno que produce sólo hembras y otro ambos sexos, que se producen efipios como una condición obligada aún sin la presencia de machos.

Frecuentemente la aparición de machos se relaciona con la gran densidad de población, o bien, con la disminución del alimento disponible o el incremento de la concentración mineral en charcos que se evaporan (D' Abramo, 1980; Margaleff, 1983 y Kleiven *et al.*, 1992). Algunas observaciones de Stross (1965) sugieren que la determinación del sexo de individuos procedentes de huevos partenogénicos está bajo la influencia del fotoperiodo. No se producen machos en 14:10 y 16:8 (luz:oscuridad), pero aparecen (5.9% de la población) en fotoperiodo 12:12 y 13:11 (luz:oscuridad). El fotoperiodo y la temperatura influyen en la producción de machos siendo el máximo a 14°C en 16:8 luz:obs (Stross, 1969 b y Korpelainen, 1986). La población de *Daphnia* con una prolongada iluminación (20:4) y baja temperatura (11°C) produce machos. En este caso el efecto de la luz estimula la secreción de algunas sustancias neuroendocrinas que afectan el desarrollo de los huevos hacia la formación de machos (Ivleva, 1972 y D' Abramo 1980). Hobaek y Larsson (1990) remarcan el hecho que no son necesarios dos estímulos para la producción de machos ya que en poblaciones de *D.magna* se indujo la formación variando sólo el número de horas de exposición a la luz. En 24 h de luz no son producidos, en cambio, a 8 h aparecen de 46.7 a 50% de machos en la población.

Las hembras de *D. magna* tienen periodos alternados de una camada de machos y una de hembras y sucesivamente antes de la formación del efipio (Barker y Hebert, 1986) sin embargo, Hobaek y Larsson (1990) infieren que las camadas de los cladóceros son usualmente unisexuales no implicando que sean alternadas. Banta (1939 en Barker 1986) menciona que en poblaciones de *Daphnia magna*, sólo el 40% como máximo de la población son machos.

Korpelainen (1986) describe la proporción de machos de *D.magna* bajo diversos tratamientos afirmando que sólo la temperatura y el fotoperiodo influyen en la proporción de sexos. Stross y Hill (1968) señalan que la formación de machos depende de días largos, densidad del cultivo y aparentemente también las condiciones de desarrollo de la madre, ya que si creció en día largo y fué transferida a día corto se induce la formación de machos.

La formación de machos por medio de hembras apomicticas es debido a la pérdida de un cromosoma X en el transcurso de la primera y única división meiótica. Los machos son XO y su espermatogénesis está regulada de tal forma que producen espermatozoides X que al fecundar a los óvulos X de la hembra anfígónica aseguran el nacimiento de hembras de invierno, recomenzándose el ciclo (Gardner, 1979).

RESTAURACIÓN DEL DESARROLLO EMBRIONARIO. TÉRMINO DE LA DIAPAUSA

Para restaurar el desarrollo embriológico de quistes de *Artemia* son necesarios cuatro prerequisites (Sorgeloos *et al.*, 1978):

- Hidratación de los quistes en agua de mar,
- Oxigenación del medio,
- Iluminación de los quistes hidratados, y
- Temperatura. La temperatura óptima es de 30°C y la máxima eficiencia se obtiene entre los 20 y 30 °C.

Stross (1969a) menciona que para la terminación de la diapausa de *D. magna* se requieren estímulos térmicos y luz. A 20°C todos los neonatos son activados, a 12°C obtuvo un 19% de neonatos avivados y a 4°C un 80% de neonatos eclosionaron del efipio. En este trabajo cabe resaltar que para *D. pulex* se obtuvo eclosión de neonatos de los 25 a los 50 días de incubación de efipios y solo en presencia de luz. Sorgeloos (1973 en Sorgeloos 1975) sugiere que el estímulo que da término de la diapausa es la presencia de luz. Stross (1968 y 1966) y Bernabé (1991) consideran a su vez que incubar efipios en presencia de luz es requisito indispensable para activar el desarrollo embriológico.

La embriogénesis de *M. macrocopa* depende de la temperatura; se requieren ocho días a 14°C, 25 h a 28-29°C y el óptimo a 22 y 24°C (Ivleva, 1972). Martínez Jerónimo y Gutiérrez Valdivia (1991) obtuvieron descendencia de efipios puestos en agua desclorada a las 24 h en 30°C y en 27°C durante 48 h; a mayor temperatura el tiempo de eclosión fue menor.

Aunque en especies como *D. magna* y *M. macrocopa* los huevos efipiales se pueden desarrollar de manera inmediata, otras veces requieren tiempo y se ha supuesto que necesitan atravesar un periodo de desecación o frío, que actuará como mecanismo de seguro para evitar su desarrollo fuera de tiempo y oportunidad (Margaleff, 1977). La congelación a -10 °C y desecación como un método de almacenamiento es adecuado para mantener viables a los efipios (Bernabé, 1991).

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que *Moina macrocopa* no se cultiva de manera formal en nuestro país, pero sí se explota, sobre todo para la acuicultura. Sin embargo, en condiciones naturales las poblaciones de los cladóceros se encuentran sujetas a variación en abundancia temporal lo que afecta las diferentes prácticas de cultivo o de mantenimiento de especies de ornato las cuales dependen de la extracción de este recurso y no cuentan con un abasto constante del mismo.

Pueden ponerse en marcha dos procedimientos de producción masiva del cladóceros *Moina macrocopa*:

- Uno fundamentado en el crecimiento de las poblaciones partenogénicas obtenidas de las cepas seleccionadas en el laboratorio en condiciones óptimas.
- El otro basado en la producción y almacenamiento de un gran número de huevos, con la facilidad de hacerlos eclosionar según las necesidades.

Una de las mayores potencialidades de esta especie es precisamente la producción de estructuras de resistencia que pudiera homologarse en sus ventajas y manejo al de los quistes de *Artemia*. En este sentido se implementaría la producción de alimento vivo para especies dulceacuícolas con gran facilidad debido a un sencillo manejo de la especie además de su posible empleo en otras aplicaciones como organismo de prueba en toxicidad acuática.

III

OBJETIVOS

- **Determinar el efecto de la temperatura y el fotoperiodo sobre la reproducción sexual y la producción de efipios de *Moina macrocopa*.**
- **Evaluar la influencia de la temperatura y el fotoperiodo en la activación de efipios de *Moina macrocopa*.**
- **Evaluar la calidad de efipios obtenidos experimentalmente en términos de su porcentaje, eficiencia y rendimiento.**

IV

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se efectuó en dos fases la primera comprende el crecimiento poblacional de la especie y la segunda se refiere a las características de los efipios. La posición taxonómica de la especie, se muestra en la Tabla 5.

PRIMERA FASE. CRECIMIENTO POBLACIONAL

Se emplearon poblaciones activas de *M. macrocopa* que se alimentaron con una mezcla de células de levadura de panificación *Saccharomyces cerevisiae* y la microalga verde *Scenedesmus incrassatulus* a una concentración de 2,000,000 y 1,600,000 cel. ml⁻¹ día⁻¹ respectivamente (de acuerdo al trabajo previo de Espinosa Chávez *et al.*, 1994).

Para la obtención de biomasa algal se hizo necesario producirla masivamente en contenedores de polietileno de 8, 20 y 40 l (técnica descrita en Martínez Jerónimo y Espinosa Chávez, 1994) en medio químico definido (Bold Basal) compuesto de sales orgánicas, con luz continua y aireación constante. El concentrado de algas (sin el medio de cultivo) se guardó para su posterior uso como alimento. En cuanto a la levadura se obtuvo en forma seca-activa, a partir de muestras comerciales, la que se disolvió en agua antes de ser empleada como alimento. Para estimar el número de células en los concentrados y en las dosis diarias de alimento se empleó la cámara de Neubauer o hemacitómetro.

Las poblaciones activas se obtuvieron de la eclosión de individuos a partir de efipios que estuvieron conservados al vacío y a baja temperatura (5°C) y del cultivo de los neonatos avivados en contenedores de polietileno de 8 l.

Los ensayos de crecimiento poblacional se iniciaron con un inóculo de 0.2 g l⁻¹ (peso húmedo) de *M. macrocopa* (Espinosa Chávez, 1994). Los experimentos se realizaron por triplicado en matraces Erlenmeyer de capacidad de 1000 ml y con un volumen de cultivo de 1 l. Cada matraz se selló. Esto se hizo con un tapón bihoradado con tubería de vidrio de 5 milímetros, uno de los tubos llegó hasta el fondo del matraz para la entrada de aire y el otro corto para la salida.

El oxígeno se proporcionó mediante el suministro continuo de aire comprimido por burbujeo de 500 a 700 ml min⁻¹ por matraz, registrándose a diario el O₂ disuelto en el medio de cultivo con un oxímetro Cole-Parmer modelo 9070. Adicionalmente se tomaron otros parámetros:

El pH del agua, se midió con un potenciómetro portátil (Corning Tres) y el nitrógeno amoniacal se determinó por el método colorimétrico Spectroquant Merck® 14752 (empleando un Spectronic 21, Bausch and Lomb a 690 nm de absorbancia).

En todos los ensayos experimentales se usó agua potable desclorada con tiosulfato de sodio 0.1 N la cual fue cambiada a diario totalmente. La ración de alimento fue adicionada con el cambio de agua.

Durante la experimentación se manejaron dos variables abióticas:

•Variable independiente uno; cuatro condiciones de fotoperiodo (luz:oscuridad) 0:24 (F1), 24:0 (F2), 16:8 (F3) y 12:12 (F4).

•Variable independiente dos: de tres temperaturas (°C) 25 (T1), 27 (T2) y 30 (T3).

La combinación de las variables anteriores dió un total de 12 tratamientos como se muestra en la Tabla 6.

Se dispuso de cuartos con fotoperiodo regulado automáticamente; el control de la temperatura se obtuvo mediante el uso de incubadoras consistentes en acuarios con calentador y termostato.

Como se mencionó anteriormente, los tratamientos se efectuaron por triplicado y durante los 10 días de experimentación se registró el crecimiento poblacional (en número de individuos por ml) tomándose muestras diarias de 5 ml con una pipeta de Stemple. Las muestras se fijaron en etanol de 70%. Posteriormente, bajo el microscopio estereoscópico, las muestras se revisaron para cuantificar el número de machos, hembras y efipios. Por lo tanto las variables dependientes o de respuesta fueron:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) Densidad poblacional | 3) Frecuencia de machos |
| 2) Frecuencia de efipios | 4) Frecuencia de hembras |

La densidad poblacional se estimó como número de individuos en función del tiempo (días de cultivo) y para describir el crecimiento poblacional se recurrió a un modelo teórico obtenido mediante el programa de estadística Systat® (versión 3.0). También se registró el crecimiento poblacional final, como peso húmedo, mediante la filtración de cada cultivo en una red de 50 μ ; la biomasa se drenó completamente. El peso (mg) se determinó en una balanza analítica Mettler H31AR.

La reproducción sexual en los cladoceros trae como consecuencia la formación del efipio por lo que, la frecuencia de machos y de efipios se consideraron como índice de la reproducción sexual. Por último, se dió la debida importancia a los valores de pH o alguna concentración de oxígeno y nitrógeno amoniacal que pudieran conducir a la formación de machos y consecuentemente la de efipios en la población.

SEGUNDA FASE CARACTERÍSTICAS DE LOS EFIPIOS

En esta fase se especificaron las características morfológicas de los efipios de *M. macrocopa* tanto en forma, tamaño, coloración, resistencia y de su desarrollo en diferentes condiciones de incubación así como en la calidad de los mismos.

Posteriormente se describe morfológicamente el efipio de *M. macrocopa* y para especificar su tamaño se realizaron medidas de siete grupos como se describe a continuación:

Los grupos analizados en esta fase pertenecen a la localidad de Santo Tomás de Atzingo, Municipio de Tlalmanalco, Edo. de México de donde se obtuvo un grupo de reproductores y muestras de efipios desde 1988. Se analizó también un lote de efipios obtenido como producto del cultivo de *M. macrocopa* en el laboratorio.

| GRUPO | MES | AÑO |
|-------|-----------|-------|
| 1 | ? | 1988 |
| 2 | ? | 1989 |
| 3 | agosto | 1990 |
| 4 | diciembre | 1991 |
| 5 | mayo | 1992 |
| 6 | octubre | 1992 |
| 7 | mayo | 1993* |

* Obtenido en laboratorio.

? Se desconoce el mes de colecta.

Cabe señalar que desde el día de colecta los efipios se mantuvieron en tubos con tapón de rosca dentro de un desecador al vacío con cloruro de calcio.

La medición se realizó en una muestra de 40 efipios por grupo ($n=40$) por medio del uso del ocular con reglilla de un microcopio óptico. Los datos de largo y ancho del efipio se reportaron en μ . Se especificó la desviación estándar y se estableció un intervalo de confianza del 95% para los datos obtenidos. También se reportó la media poblacional del tamaño del efipio.

Se observó que el efipio tiene dos áreas pigmentadas que marcan la posición de los huevos (Fig 3), sin embargo, en la literatura no se tiene el registro del número de individuos que eclosionan de cada efipio de *M. macrocopa* por lo que diseñó un experimento consistente en una caja de cultivo de tejidos de 6 X 4 pozos. Cada pozo contuvo un solo efipio hidratado con 4 ml de agua desclorada. Las placas o cajas de cultivo se mantuvieron a 25°C durante 11 días en incubadoras como las descritas anteriormente y diariamente se observaron bajo el microscopio fácilmente los cambios del proceso de eclosión evidenciándose el número de neonatos eclosionados de cada efipio.

Por otra parte, se contaron muestras de 1 mg de efipios a fin de, por extrapolación, estimar la cantidad de efipios contenidos por gramo de muestra. Por consiguiente, se obtuvo la ecuación lineal del peso contra el número de efipios.

Se han establecido tres criterios para evaluar la calidad de los quistes de *Artemia* (Castro y Gallardo, 1985) y éstos mismos se emplearon para determinar la de los efipios de *M. macrocopa*.

- Porcentaje de eclosión
- Tasa de eclosión
- Eficiencia de eclosión

El porcentaje de eclosión es el número de organismos que eclosionan de cada 100 efipios. Para esto se trabajó con vasos de precipitado de 150 ml conteniendo cada uno 100 efipios en un volumen de 100 ml de agua desclorada. Los vasos se mantuvieron en un acuario incubador con temperatura constante de 27°C. Se manejaron cuatro réplicas de cada grupo y el experimento se realizó por triplicado.

La tasa de eclosión es el lapso que transcurre desde la incubación hasta la obtención de neonatos (No. neonatos día⁻¹). Para esta prueba se consideró los resultados del experimento anterior y se manejó el grupo de mayor porcentaje de eclosión. Se usaron cajas de cultivo de tejido de 24 pozos y cada uno contuvo 10 efipios hidratados con 4 ml de agua desclorada. Se acondicionaron tres acuarios a manera de incubadoras que mantuvieron la temperatura constante de 25, 27 y 30°C. La prueba se realizó por triplicado y se registró el tiempo, en número de días, en que eclosionaron los neonatos.

La eficiencia de eclosión se calcula por el número de neonatos, en porcentaje, que se obtienen de 1 g de efipios durante un tiempo determinado. Aquí solo se utilizaron 0.1 gr de efipios, pesados en una balanza analítica, para posteriormente extrapolar. Los efipios se hidrataron con 350 ml de agua desclorada en matraces de 500 ml. Los matraces contaron con tapones de hule bihoradados, con dos tubos de vidrio, uno largo hasta el fondo para la entrada de aire, otro corto para la salida. Por triplicado los matraces se colocaron aleatoriamente en un acuario a manera de incubadora a 25°C y aireación leve. El muestreo de neonatos se realizó cada 24 h al tamizar el volumen total en una malla de 150 μ reponiendo el agua a diario y totalmente. La prueba continuó hasta que disminuyó el número de neonatos eclosionados. La contabilización de los neonatos se hizo bajo el microscopio.

Con el fin de observar el efecto combinado de la temperatura y el fotoperiodo en la eclosión de los efipios de *M. macrocopa*, se utilizaron los efipios producidos en laboratorio.

En el Laboratorio de Acuicultura de la ENCB del IPN se se sostiene un cultivo de *M. macrocopa* a escala masiva. (Espinosa Chávez, 1994). Los efipios fueron extraídos del sedimento de estos cultivos y se colocaron en un tamiz de 177 μ bajo el chorro de agua para eliminar los detritus de manera tal que los efipios quedaran limpios. En seguida se secaron a temperatura ambiente; finalmente, se mantuvieron en cajas Petri cubiertas con papel aluminio (para lograr condiciones de obscuridad) y refrigeradas a 5 ° C dentro de un desecador con cloruro de calcio.

En cada uno de los 12 tratamientos (Tabla 5). se efectuaron alternativamente cuatro ciclos de hidratación y tres de desecación.

HIDRATACIÓN. Las muestras de 500 mg de efipios procedentes de cada tratamiento se colocaron en matraces Erlenmeyer con 1 l de agua desclorada. Los matraces se pusieron en incubadoras a la temperatura deseada ubicándose en los cuartos con el fotoperiodo correspondiente. Se observó la eclosión durante siete días.

DESECACIÓN. Al término de los siete días continuos de hidratación, la muestra se filtró en una red de 150 μ . Una vez drenadas se colocaron en cajas Petri dentro de un desecador con cloruro de calcio durante seis días a temperatura ambiente para ser llevadas a la fase posterior de hidratación.

Los neonatos eclosionados se obtuvieron diariamente por filtración total del agua, que contenía a los efipios, a través de dos tamices, uno de 250 μ y el otro de 125 μ . En el primero se quedan sólo los efipios y los neonatos en el segundo. El tamiz con neonatos se observó bajo el microscopio y se hizo la cuenta.

CRECIMIENTO POBLACIONAL

Las formas en que las poblaciones se incrementan son muy complejas, aunque con frecuencia se pueden describir recurriendo a modelos matemáticos sencillos. El crecimiento poblacional de *M. macrocopa* (Fig. 4) tiene un comportamiento exponencial en un principio y posteriormente llega a un nivel asintótico que se representa una curva sigmoidea, dicha curva, puede ser descrita adecuadamente por la ecuación logística de Verhulst-Pearl. Se ha demostrado (en experimentos de laboratorio) plenamente su aplicabilidad en la descripción del crecimiento de los organismos sencillos que se desarrollan en ambientes artificiales y poco complejos entre los que cabe citar: bacterias, levaduras, protozoarios, algas microscópicas, crustáceos (*Daphnia spp* y *Moina spp*) e incluso insectos (*Tribolium*, *Calandra*, *Drosophyla*).

La expresión logística de Verhulst-Pearl en general, es fácil de manejar; describe en forma adecuada el crecimiento hasta una asíntota:

$$N_t = \frac{k}{1 + e^{-at}}$$

donde: N_t = Población al tiempo t
 k = Densidad máxima poblacional alcanzable o capacidad de soporte del medio
 e = Base de los logaritmos naturales
 a = Constante relacionada con el tamaño de la población al tiempo cero
 r = Tasa intrínseca de incremento poblacional
 t = Tiempo

En la figura 4 se muestran las curvas para el promedio de las tres réplicas de cada tratamiento (puntos). El ajuste de los datos experimentales se hizo mediante el programa de estadística mencionado y los valores estimados para cada tratamiento se muestran en la Tabla 7; en esta misma se incluye el valor estándar. Con las ecuaciones obtenidas se hicieron los cálculos para el trazo de las curvas teóricas mostradas en la figura 4.

A fin de determinar las diferencias significativas entre las curvas teóricas de densidad poblacional se aplicó un análisis de varianza de dos vías con un 95% de confiabilidad. El cuadro obtenido es el siguiente:

CUADRO 1- Análisis de varianza de dos vías para los valores de densidad poblacional obtenido con las réplicas de temperatura y fotoperiodo probados.

| FUENTE DE VARIACION | DE | SC | g.l. | CM | Fo | P | F crítica |
|--------------------------------|-------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| Efecto de la temperatura | 7.57135556 | 2 | 378.56778 | 9.61347 | 0.000858 | 3.402826 | |
| Efecto del fotoperiodo | 104.737778 | 3 | 34.912593 | 0.886581 | 0.462133 | 3.008787 | |
| Interacción entre los factores | 370.775556 | 6 | 61.795926 | 1.569265 | 0.199246 | 2.508189 | |
| Dentro (error) | 945.093333 | 24 | 39.378889 | | | | |
| TOTAL | 2177.74222 | 35 | | | | | |

Como se aprecia en este cuadro no existen diferencias significativas de la densidad poblacional de la condición de fotoperiodo ni tampoco de la interacción entre los factores de fotoperiodo y temperatura, sin embargo, dado que la prueba del efecto de la temperatura resultó significativa se puede afirmar que existe una diferencia entre los valores de densidad poblacional máxima alcanzable para los tratamientos utilizados. Se aplicó la comparación del método de "T" para la representación gráfica de esta prueba como se muestra en la figura 5. Como se aprecia en ésta los valores que difieren significativamente son los correspondientes al tratamiento F1T1 (24°C, 0:24) y el F2T3 (30°C, 24:0); en el resto no hay diferencias estadísticas, ya que sus intervalos de comparación se sobreponen. En dicha gráfica se aprecia de cualquier forma cierta tendencia a un valor óptimo fisiológico correspondiente a una temperatura de 25°C.

Por otra parte la biomasa total final (g) mostrada en la figura 6, permite apreciar que en el tratamiento F2T2 se obtuvo la mayor biomasa lo que concuerda con su crecimiento poblacional (fig. 4). Si se compara la biomasa como peso húmedo (g) de los doce tratamientos con el obtenido por Espinosa Chávez (1994), se puede notar que nueve de los tratamientos se encuentran por encima del valor que reporta el autor que es de 2.584 g/l, (en 600 l de cultivo). Se destaca el hecho que las pruebas se iniciaron con un inóculo de 0.2 g/l y posteriormente tras diez días de cultivo la biomasa final fue de 15 veces la población inicial, es decir, alrededor de 3 g/l.

En cuanto a la proporción de machos, en general, se registraron desde etapas tempranas del cultivo lo cual implica que la producción de éstos no es densodependiente. Aún en bajas densidades se ha observado que el 3% de la población total son machos (Espinosa Chávez, comunicación personal). En éste mismo sentido, si se aprecia a manera de porcentaje la proporción de machos (Fig.7), el mayor valor fue de 29.67%, tratamiento F4T1, el cual no es precisamente el que presentó mayor densidad poblacional, si se observa el tratamiento F2T1 a pesar de tener una capacidad de soporte mayor (k) que la mayoría de

los restantes tratamientos este tiene el más bajo valor de porcentaje de machos. Se destaca que éste tratamiento se encuentra por abajo del valor obtenido por Espinosa Chávez (1994) que fué del 16.2% (en cultivo de 600 litros) en contraste con todos los demás tratamientos que superan dicho porcentaje.

Estadísticamente se afirma que entre los tratamientos no difieren significativamente la proporción de machos al día 10 de cultivo de acuerdo al análisis de varianza bifactorial realizado para ello. En esta prueba, con un 95% de confianza, el valor de F crítica (3.4) supera a la F calculada (0.38) tanto en el factor fotoperiodo, temperatura y la interacción entre ambos factores.

Por otra parte, otra variable de respuesta constituyeron el número de efipios (Fig 8) y para establecer diferencias significativas entre el número de efipios en cada tratamiento se realizó un análisis de varianza bifactorial con un $\alpha=0.5$. Se concluye, estadísticamente que no existen diferencias ya que el valor de F crítico (3.40) es mayor que el calculado (0.24) tanto en el factor temperatura, fotoperiodo y la interacción entre ambos factores.

Se da por hecho que la reproducción sexual de *M. macrocopa* da lugar a la formación de efipios por lo que se esperaría que a mayor presencia de machos implicara mayor número de efipios, sin embargo, se realizó una regresión lineal entre el número de machos y efipios encontrados en todos los tratamientos con un 95% de confianza, el valor obtenido fue de 0.37 y estadísticamente hablando, se puede decir que no existe una relación directa entre el número de efipios y el de machos. Esto se puede explicar de dos maneras: no todos los machos llegan a la culminación de su objetivo evolutivo (el aparearse), lo cual es poco probable ya que siempre se observó al macho en cópula y los efipios fueron registrados siempre después de la aparición de machos. La otra opción es apoyar la hipótesis de Carvalho y Hughes (1983), Margalef (1983), Hobaek y Larsson (1990), Larsson (1991), y Yampolsky (1992) que sostienen que la presencia de machos y efipios en el incremento de la población son dos eventos no relacionados. El inclinarse por ésta última idea resultaría muy aventurado para éste estudio ya que queda fuera del alcance debido a la metodología establecida aquí.

Otro aspecto importante observado en estos experimentos es que el tratamiento de mayor porcentaje de machos (F4T1 Fig. 7) registró el menor valor de amonio (2 mg/ml), lo cual permite afirmar que la producción de machos no está relacionado con la acumulación de nitrógeno amoniacal.

El pH y oxígeno se mantuvieron constantes y dentro de los parámetros requeridos por la especie de manera que en el cuadro siguiente se reportan éstos valores (la media) y su correspondiente desviación estándar.

| TRATAMIENTOS | pH | AMONIO (mg/l) | OXIGENO (mg/l) |
|--------------|-----------|------------------|-------------------|
| F1T1 | 8.18±.023 | 3.57±.033 | 7.17±1.08 |
| F1T2 | 8.26±.158 | 4.16±.038 | 7.98±1.41 |
| F1T3 | 8.35±.211 | 3.41±.034 | 7.46±1.784 |
| F2T1 | 8.33±.211 | 3.71±.035 | 8.20±1.279 |
| F2T2 | 8.36±.14 | 3.71±.031 | 8.23±1.239 |
| F2T3 | 8.37±.083 | 4.24±.043 | 7.8 ±1.221 |
| F3T1 | 8.31±.219 | 3.30±.033 | 8.29±1.437 |
| F3T2 | 8.34±.139 | 4.84±.074 | 7.92±1.264 |
| F3T3 | 8.37±.115 | 4.02±.043 | 7.62±1.324 |
| F4T1 | 8.37±.080 | 2.01±0.01 | 8.02±1.278 |
| F4T2 | 8.36±.094 | 2.72±.023 | 7.38±1.238 |
| F4T3 | 8.47±.073 | 2.62±.016 | 7.45±1.262 |

CARACTERÍSTICAS DE LOS EFIPIOS

El efipio de *M. macrocopa*, como resultado de la reproducción sexual, está formado por el engrosamiento de las paredes de la cámara incubatriz y liberado en el viejo caparazón cuando la hembra renueva su cutícula. Morfológicamente es una cápsula bivalva, sellada herméticamente, con una "bisagra" a lo largo del margen recto. Es una estructura rugosa y ligeramente translúcida con dos protuberancias convexas que marcan la posición y el tamaño aproximado de los huevos cada una conteniendo sólo uno, por lo que generalmente suelen ser dos huevos por efipio.

Su tamaño aproximado de 745 μ de ancho; casi las $\frac{3}{4}$ partes del largo, con 1083 μ de largo (Fig. 3). En la Tabla 8 se reportan las medidas del ancho y largo de siete grupos de efipios con su respectivo error estándar. Se analizaron gráficamente (Fig. 9) y se observó que no existen diferencias significativas entre los lotes ya que de acuerdo al criterio del valor de la media con sus intervalos de confianza del 95% todos los intervalos se sobreponen.

En forma de quistes, *Artemia*, puede sobrevivir hasta 10 años y reactivarse casi de inmediato en cuanto queda cubierto por agua. Además, soportan una amplia gama de temperatura desde -273°C hasta más de 100°C. Igualmente tolera bajísimas concentraciones de oxígeno, inferiores a una parte por millón, y muy variados niveles de acidez (Morales, 1980). Los efipios de los cladóceros también resisten condiciones desfavorables del medio ambiente, frío y calor extremos, desecación, salinidad (Barnes, 1987). Todo ello permite que los quistes sean dispersados.

Los cladóceros por medio de los efipios, pueden dispersarse por aire, por corrientes acuáticas, adheridas a las plumas o las patas de las aves y aun en el tubo digestivo (Margaleff, 1983). Mellors, (1975) indica que los efipios pueden ser dispersados por los mamíferos implementó un experimento en donde dió efipios a ratas y éstos no fueron dañados al paso del tubo digestivo. También Mellors (*op. cit.*) ha observado que el 70% de 27 peces planctívoros en el Lago Fuller, Connecticut, contenían efipios en su tubo digestivo. El efipio es una estructura con varias capas (Fig. 10) con lo que se explica la resistencia a los jugos gástricos.

Como se mencionó anteriormente se observan dos núcleos en las efipios de *M. macrocopa*; sin embargo, no se tenía el registro del número de neonatos eclosionados por efipio. En éste trabajo se evidenció que los dos núcleos o huevos presentes en el efipio dan lugar a dos individuos (uno por huevo) por lo tanto, de un efipio eclosionan solamente dos neonatos. Debe mencionarse que 20 efipios de cada 100 sólo desarrollaron un individuo y no dos lo cual se discute más adelante.

Se sabe que los quistes de *Artemia* al hidratarse aumentan su tamaño y se puede con seguridad eliminar los quistes que floten ya que no son viables. En el caso de los efipios de *M. macrocopa* no existe este parámetro ya que éstos al hidratarse no cambian de tamaño (sólo se hinchan los núcleos) y muchos de ellos quedan en la superficie dando origen a individuos al igual que los que se hunden. Se observó que es muy fácil que los efipios se adhieran a cualquier objeto ya sea metal, madera, vidrio, y otros. Esto se podría deber a cargas electrostáticas o bien por la propia estructura (Fig. 3), lo que permite que sean dispersados con mayor facilidad.

Los núcleos del efipio de *M. macrocopa* tienen una coloración amarillenta cuando están secos. Una vez que entran en contacto con el agua, el núcleo se va tornando anaranjado brillante hasta el punto de tomar un aspecto exageradamente café y la cápsula se torna aún más hialina. Al final del proceso del desarrollo embrionario si se estimula con luz, se observa el movimiento del neonato por ~~estimar~~ a través de las capas del efipio ya que éstas lo permiten por ser translúcidas.

El individuo por eclosionar lo puede hacer por el margen dorsal del efipio, sin embargo, lo hace con mayor frecuencia por el margen ventral. Gradualmente el individuo encerrado en la membrana vitelina (Fig. 11) va saliendo del efipio. En raras ocasiones se rompe esta membrana y el individuo comienza a batir las antenas y logra salir del efipio pero por lo general, el individuo es liberado al medio con su membrana a manera de cápsula. Esta cápsula puede seguir unida al efipio por el corion (Fig. 11) o bien, desprenderse totalmente. Una vez así, el organismo tiene movimientos periódicos que terminan en la liberación. La ruptura de la membrana vitelina longitudinalmente es aparentemente espontánea, y el proceso de la liberación va de los 12 hasta los 90 min ocurriendo regularmente a los 30 min.

A los individuos recién eclosionados se les midió la longitud total (del borde anterior de la región cefálica hasta el extremo posterior de las valvas del exoesqueleto) bajo el microscopio óptico y con un ocular con reglilla. De una muestra de 40 organismos (n=40) *M. macrocopa* al avivar tiene el tamaño de 344.5 x 157.9 μ (largo x ancho).

El número de organismos que eclosionan es variable como a continuación se describe el porcentaje de eclosión de los grupos analizados:

| GRUPO | |
|-------|------|
| 1 | 2 % |
| 2 | 4 % |
| 3 | 0 % |
| 4 | 43 % |
| 5 | 89 % |
| 6 | 87 % |
| 7 | 87 % |

Así de cada 100 efipios del grupo cinco sólo eclosionaron 178 neonatos.

Se puede deducir que mientras mayor sea el tiempo de almacenaje será menor la eclosión de los neonatos. Es muy importante destacar que en el caso de los primeros seis grupos, se desconoce el tiempo de formación de los efipios ya que aún cuando se tengan las referencias de colecta, no se tiene la seguridad de establecer un periodo determinado de formación así como las condiciones adversas del medio a las que estuvieron sometidos antes de la colecta. Con esto se desprende que el porcentaje de eclosión de los efipios dependerá en gran parte del manejo en cuanto a la obtención y almacenaje de los mismos.

Por otra parte, la eclosión de los organismos depende de la temperatura de incubación a la que se desarrollen. En la figura 12 existe una relación casi lineal entre el número de individuos avivados y la temperatura; a mayor temperatura menor la eclosión. Para los efipios de *M. macrocopa* la temperatura indicada de incubación fue de 25°C, con esto se logra obtener una cantidad mucho mayor de neonatos -casi 10 veces más- que a 30°C.

En cuanto al tiempo (h)de obtención de neonatos, es decir, la tasa de eclosión, va desde el primer día hasta los doce días de incubación, como se observa en la figura 13. Se registró eclosión desde las 24 h de incubación ya sea a 25, 27 ó 30°C. A los 30°C la eclosión es de manera continua pero en número de avivamiento muy bajo; a 27°C sólo en los tres primeros días se obtiene el mayor número de individuos mientras que, a los 25°C en los primeros cinco días se obtiene casi la totalidad de los organismos por *eclosión*; después de este tiempo existe una severa disminución.

La eficiencia de eclosión es el parámetro con mayor peso en el análisis de cualquier cepa de efipios ya que permite conocer qué cantidad de neonatos y en qué tiempo de incubación se obtienen de un determinado peso de efipios. Se obtuvo la ecuación lineal que describe el número de efipios en un peso determinado y al conocer qué cantidad de neonatos eclosionan de 0.1 g por extrapolación, se estima el número total de organismos eclosionados por unidad de peso (g). La ecuación es la siguiente:

$$\text{No. de efipios} = 319 + 356,400 (\text{peso g})$$

Por consiguiente, se conoce que en un gramo se tienen 356,719 efipios de los cuales se obtuvieron 628,182 neonatos a 25°C en un tiempo de 12 días como se muestra en la figura 14. En esta misma gráfica se observa que el 50% del total de organismos avivados fue al cuarto día de incubación y con un día más de incubación, al quinto día, (120 hrs) prácticamente eclosionaron la mayoría de los neonatos.

El resultado de la eclosión (en número de individuos totales) de los tratamientos con distinto fotoperiodo y temperatura (Tabla 6) se presentan en la figura 15. Anteriormente, se observó que la mejor temperatura de incubación de los efipios fue a los 25°C lo cual se confirma siendo también generalizado una reducida eclosión a los 30°C. Lo que se evidencia en esta gráfica (fig. 15) es que la activación de efipios también está fuertemente influenciada por el fotoperiodo. Para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó un análisis de varianza de dos vías (con un 95% de confiabilidad). El cuadro obtenido es el siguiente:

CUADRO 1- Análisis de varianza bifactorial para los valores de número de organismos eclosionados con las réplicas de temperatura y fotoperiodo probados.

| FUENTE DE VARIACION | DE | SC | g.l. | CM | Fo | P | F crítica |
|--------------------------------|-------|----------|------|----------|----------|----------|-----------|
| Efecto de temperatura | la | 9.3 E+07 | 2 | 4.7 E+07 | 12.94497 | 0.000154 | 3.402826 |
| Efecto del fotoperiodo | del | 4.8 E+07 | 3 | 1.6 E+07 | 4.419395 | 0.013074 | 3.008786 |
| Interacción entre los factores | entre | 3351752 | 6 | 558625.4 | 0.154914 | 0.986147 | 2.508188 |
| Dentro (error) | | 8.7 E+07 | 24 | 3606040 | | | |
| TOTAL | | 2.3 E+08 | 35 | | | | |

Como se puede apreciar no existen diferencias significativas de los valores para la interacción entre los factores, sin embargo, existe una diferencia entre los valores de número de organismos eclosionados. Esta prueba resultó significativa en el efecto de la temperatura y el fotoperiodo.

Se definieron gráficamente los tratamientos que difieren mediante el método comparativo de " T ". La representación gráfica de este método como se muestra en la figura 16, permite apreciar que los tratamientos correspondientes a 24°C, 24:0 y 27°C, 12:12 difieren estadísticamente siendo el primer tratamiento con mayor valor de eclosión. En general existe una tendencia. Los tratamientos con 30°C difieren notablemente con los de 25 y 27°C.

En cuanto al fotoperiodo cuando la incubación fue con iluminación constante se obtuvo mayor número de organismos y de manera gradual va disminuyendo la eclosión a medida que disminuye el periodo de iluminación, es decir, en condiciones de oscuridad prácticamente no se activa el desarrollo embrionario.

Los quistes de *Artemia* y los efipios de *Daphnia* tienen un color oscuro, lo cual se puede interpretar como defensa frente a radiación de onda corta, son tan pigmentados que prácticamente no permiten el paso de luz. En el efipio de *Moina* los núcleos tienen una coloración amarillenta y su cubierta débilmente pigmentada tiende a ser translúcida cuando es hidratada. Esta puede ser la razón por lo que hubo diferencias entre la eclosión de efipios en distintos periodos de iluminación.

En la acuicultura más que una realidad es una necesidad el contar con una disponibilidad programada del alimento, además, que éste cubra las necesidades nutricionales de los peces en cultivo. Para satisfacer estos requerimientos se han elaborado infinidad de alimentos artificiales y la gran mayoría no logran su función haciéndose necesario suministrar alimento natural como dieta suplementaria.

Como se mencionó el zooplancton contiene los componentes necesarios para el crecimiento y desarrollo de muchas larvas de peces de difícil cultivo y de importancia económica. Este zooplancton (principalmente *Brachionus spp*, *Daphnia spp*, *Moina spp* y *Artemia*) tiene grandes ventajas sobre el alimento artificial o deshidratado ya que además de las económicas reduce la mortalidad de los peces, también reduce en etapas larvarias el canibalismo. Por ésto, en los últimos años se ha puesto especial énfasis en el desarrollo del cultivo de algunas de éstas especies del zooplancton.

La obtención del alimento vivo se realiza de distintas maneras: por la recolección en el medio natural, el cultivo y en el caso de *Artemia*, la eclosión de organismos a partir de quistes. En contadas ocasiones se puede depender de la simple recolección en el medio natural sujetándose a variaciones estacionales del recurso, lo que es muy común en *Moina*, pero cuando son necesarios cantidades masivas se recurre al cultivo. Esto queda resuelto si se recurre a lo que constituyen los cultivos de apoyo o paralelos que tienen la función de suministrar de manera continua alimento vivo. Uno de estos cultivos es el realizado para *Moina* ya que es una especie con características que la hacen tener una gran potencialidad, sin mencionar la selectividad de muchas especies de peces dulceacuicolas por éste cladóceros (sobre rotíferos, copépodos y *Artemia*) y de su composición bromatológica pudiendo ser empleada como alimento único y de muy alta calidad. Sin embargo, a pesar del éxito en su cultivo éste se realiza con técnicas que aún no permiten contar con una disponibilidad programada ni confiable.

La producción de quistes es una meta que persigue la acuicultura y una de las grandes ventajas de *M. macrocopa* es que en el laboratorio presenta ciclos de reproducción sexual y asexual alternados y el hecho de que no ocurra la muerte de la hembra al liberarse del epifio trae como consecuencia una producción continua y aumento en biomasa. Precisamente la formación de un tipo de estructuras, los epifios, permiten tener a la especie disponible todo el año y no sujetarse a ciclos de reproducción estacional. Fuera de las actividades de cultivo se puede mantener a la cepa en laboratorio debido a la producción de epifios, un mantenimiento que no demanda tiempo ni mano de obra.

Se conoce que en la fase sexual de *M. macrocopa* existe una producción de los dos sexos que trae como consecuencia el apareamiento y la consecuente formación de efipios. Para comprobar esto, se siguió el crecimiento de la población de *M. macrocopa* en laboratorio, el cual fue descrito recurriendo a la ecuación logística de Verhulst Pearl debido a que el modelo describe en forma bastante aceptable las tendencias observadas experimentalmente. Este crecimiento se vió favorecido a 27°C.

Hobsek y Larson (1990) afirman que es necesario sólo un estímulo para la producción de machos (el fotoperiodo) sin embargo, reporta que no los obtuvo con 24 h de iluminación continua. En el presente trabajo debido al efecto combinado de temperatura y fotoperiodo se observó la producción de machos aun cuando el periodo de iluminación fue constante.

En experimentos con *Daphnia magna* se reportó que el 50% y 40% total en la población son machos (Hobaek, 1990 y Banta 1939, en Baker 1986, respectivamente). En este trabajo se reportó el mayor porcentaje de machos 29% en poblaciones activas de *Moina macrocopa*. Sin embargo, este es un valor mayor que el reportado por Espinosa Chávez, 1994 (cultivo en 600 l de *Moina macrocopa*).

Al determinar el efecto de diferentes condiciones de fotoperiodo y temperatura sobre la frecuencia de machos y efipios en poblaciones activas de *Moina macrocopa* no se observó un efecto estadísticamente significativo sobre éstos aspectos. Ivleva (1972) analizó poblaciones de *Daphnia magna* bajo diferentes condiciones de fotoperiodo y temperatura. Destacó la proporción de hembras efipiales y machos aumenta bajo prolongados tiempos de iluminación (20:4) y baja temperatura (11°C). Menciona, además que se ha inducido artificialmente la formación de machos y la transición a la reproducción sexual en la misma especie por inanición o sobrepoblación.

En *Moina macrocopa* no se influyó en la cantidad de machos y efipios por el efecto del fotoperiodo y temperatura como se ha mencionado, sin embargo, hay evidencias experimentales que es posible al variar la disponibilidad de alimento. Espinosa Chávez et al., (1994) utilizaron tres diferentes concentraciones celulares de *Saccharomyces cerevisiae* combinadas con tres del alga *Senedesmus incrassatulus* como alimento de *M. macrocopa* y encontraron diferencias significativas en cuanto al número de machos y de efipios producidos. Reportaron que existió mayor producción de machos y efipios con 1,000,000 de células y 2,000,000 células del alga y de la levadura, respectivamente.

Se especificó que dos neonatos eclosionan de efipios de *Moina macrocopa* y que estas al eclosionar son mucho más pequeños (344.50 x 157.9µ) que el formado partenogénicamente (560µ) y que el efipio (1083 x 745µ) que le dió origen y permitió su desarrollo.

Si bien, se obtuvo desde el primer día de incubación la eclosión de los organismos, lo importante aquí es la cantidad. Esto se notó en la cantidad de individuos eclosionados a distintas temperaturas. Para establecer mayor cantidad de neonatos en el menor tiempo posible es recomendable hacerlo a 25°C ya que se obtuvieron dentro de los primeros cinco días casi el 88% de neonatos eclosionados.

Los efipios soportan grandes variaciones ambientales, incluso, el paso a través del tubo digestivo de mamíferos, sin embargo, es relativamente sencillo dañarlos mecánicamente lo que probablemente fue una de las razones por la que sólo 20 de cada 100 efipios hayan eclosionados neonatos.

Al someter muestras de efipios hidratados a las condiciones de fotoperiodo y temperatura ya indicadas se observó una diferencia significativa de ambos factores sobre el número de neonatos eclosionados. A mayor número de horas de exposición a la luz hubo mayor eclosión sustentado por Bernabé (1991) y Sorgeloos (1973, en Sorgeloos 1975). Se apoya la hipótesis de Stross (1968) que el estímulo de luz es indispensable para el desarrollo embriológico de los neonatos.

Con lo anterior se demostró que el cladóceros *Moina macrocopa* es de fácil cultivo en el laboratorio. Por tratarse de un organismo filtrador puede alimentarse con algas, levaduras, bacterias y otros. Tiene un ciclo biológico que se completa en corto plazo y al sentar las bases con las que se debe cultivar para inducir a la formación de efipios, *Moina macrocopa* es un organismo con un potencial biotecnológico enorme.

Por lo tanto, el conjunto de características de los efipios descritas en este estudio permite llegar a la conclusión de considerar a *Moina macrocopa* como un organismo al cual se le puede envasar, almacenar y conservar por tiempos prolongados. Todo ello permite tener una disponibilidad del alimento de manera confiable ya sea como alimento vivo o bien, como organismo de prueba en bioensayos en toxicología acuática -aplicable en diferentes condiciones y en el momento en que se requiera- sin estar supeditados a cultivos paralelos o ciclos de reproducción estacional.

VII

LITERATURA CONSULTADA

- BARKER, D. M y P.D.N. HEBERT. 1986. Secondary sex ratio of the cyclic partenogen *Daphnia magna* (Crustacea:Cladocera) in the Canadian Arctic. *Can. J. Zool.* 64 : 1137-1143.
- BARKER, D. M. y P.D.N. HEBERT. 1990. The role of density in sex determination in *Daphnia magna* (Crustacea:Cladocera). *Freshwater Biology.* 23 : 373-377.
- BARKOH, A. 1987. Feeding behavior of intensive cultured *Bluegill* Fry. *The progressive Fish-culturist.* 49:204-207.
- BARNES, R.D. 1987. Zoología de los invertebrados. Interamericana. México, D.F. 1157 pp.
- BAUTISTA, P. C. 1988. Crustáceos. Tecnología de cultivo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 180 pp.
- BERNABÉ, G. 1991. Acuicultura. Omega. Barcelona, España. 478 pp vol. 1.
- BOWMAN, T.E. y L.G. ABELE. 1982. Classification of the Recent Crustacea. En: L.G. Abele, ed. Systematics, the fossil record, and biogeography. The Biology of Crustacea. 1: Academic Press, New York. 319 pp.
- BRYANT, P.L. y A. J. MATTY. 1980. Optimisation of *Artemia* feeding rate for carp larvae (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture.* 21 (3):203-212.
- BUNNER, H.C. y K. HALCROW. 1977. Experimental induction of the production of ephippia by *Daphnia magna*. Straus (Cladocera). *Crustaceana* 32 (1) : 77-86.
- CARVALHO, G.R. y R. N. HUGHES. 1983. The effect of food availability, female culture-density and photoperiod on ephippia production in *Daphnia magna* Straus (Crustacea:Cladocera). *Freshwater Biology.* 13 : 37-46.
- CASTILLO, S. J. y C. BERGER. 1983. Las microalgas y sus principales aplicaciones. *Rev. Lat. Acuí.* (16) : 1-23.
- CASTRO BARRERA T. 1985 Distribución Geográfica e importancia de *Artemia* en México y evaluación de la población en el sur de la Bahía Ceuta, Sinaloa México. UAM. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D.F. 18 pp.
- CASTRO BARRERA T. y C. GALLARDO. 1988. *Artemia* sp. En investigación y docencia. Cuadernos CBS. UAM Xochimilco. Ed. CBS. México, D.F. 43 pp.
- CIFUENTES, L.J.; G. TORRES y M. FRÍAS. 1990. Acuicultura. Tomo XI Serie El Océano y sus Recursos. SEP, CFE, CONACYT, México, D.F. 160 pp
- CONKLIN, D.E y L. PROVASOLI. 1977. Nutritional requirements of the water flea *Moina macrocopa*. *Biol. Bull.* 152 : 337-350.
- CONKLIN, D.E. y L. PROVASOLI. 1978. Biphasic particulate media for the culture of filter-feeders. *Biol. Bull.* 154 : 47-54.

- D'ABRAMO, L.R. 1980. Ingestion rate decrease as the stimulus for sexuality in populations of *Moina macrocopa*. *Limnol. Oceanogr.* 25 (3):422-429.
- D'ABRAMO, L.R. y N. A. BAUM. 1981. Choline requirement of the microcrustacean *Moina macrocopa*: a purified for continuous culture. *Biol. Bull.* 161 : 357-365.
- DE LA LANZA ESPINO, E. y J.L. ARREDONDO. 1990. La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. (Eds). Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 316 pp.
- DE LA LANZA ESPINO, E; R. LARA ANDRADE y J.L. GARCÍA CALDERÓN. 1991. La acuicultura en palabras. AGT Editor. México, D.F. 160 pp.
- DE WITT, J.W. y M.S. CANDLAND. 1971. The water flea. The american fish farmer. p 7-9.
- DINGES, R. y A. RUST. 1972. The Role of *Daphnia* in Wastewater oxidation Ponds. p 89-92.
- ELIAS GUTIÉRREZ M. 1982. Contribución al conocimiento de los cladóceros del Estado de México, con algunas notas ecológicas. ENEP. IZTACALA UNAM. 54pp.
- ESPINOSA CHÁVEZ, F. 1988. Cultivo de *Moina macrocopa* (Crustácea: Cladocera) IX Congreso Nacional de Zoología. Villahermosa Tabasco. p. 207-213.
- ESPINOSA CHÁVEZ, F. 1994. Cultivo masivo de *Moina macrocopa* (Crustacea:Cladocera). ENCB. IPN. 35 pp.
- ESPINOSA CHÁVEZ, F.; F. MARTÍNEZ JERÓNIMO y R. RAMÍREZ GRANADOS. 1992. Tasa de filtración y cultivo de *Moina macrocopa* (Crustácea Cladocera) alimentada con *Scenedesmus incrasatulus* (Chlorophyceae) y estiércol vacuno digerido. *An. Inst. del Mar y Limnol. Univ. Autón. México.* 19(2) : 137-142.
- ESPINOSA CHÁVEZ, F; F. MARTÍNEZ JERÓNIMO y R. RAMÍREZ GRANADOS. 1994. Efecto de la concentración de *Scenedesmus incrasatulus* (Cloroficea) y *Saccharomyces cerevisiae* (Fungi) como alimento para la producción de efipios de *Moina macrocopa* (Crustacea). *Memorias del XII Congreso de Zoología.* Monterrey, Nuevo León, México. p 58.
- FERMIN, A. C. 1991. Freshwater cladoceran *Moina macrocopa* (Strauss) as an alternative live food for rearing seabass *Lates calcarifer* (Bloch) fry. *J. Appl. Ichthyol.* 7 (1) : 8-14.
- FERMIN, A. C. y M.E. BOLÍVAR. 1991. Larval rearing of the Philippine Freshwater catfish, *Clarias macrocephalus*. (Gunter), fed live zooplankton and artificial diet: a preliminary study. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgah* 43 (3):87-94.
- FREY, D.G. 1982. Contrasting strategies of gamogenesis in northern and southern populations of cladocera. *Ecology.* 63 (1) : 223-241.
- GALBRAITH, M. G. 1967. Size-selective predation on *Daphnia* by Rainbow trout and yellow Perch. *Transactions of the American Fisheries Society.* 96 (1) : 1-10.
- GARDINER, M.S. 1978. Biología de los invertebrados. Ed. Omega. Barcelona, España. 940 pp.
- GARDNER E.J. 1979. Principios de Genética. Ed. Limusa. México, D.F. 716 pp.
- GRABNER M; W. WIESER Y R. LACKNER. 1982. The suitability of frozen and freeze-dried zooplankton as food for fish larvae: a biochemical test program. *Aquaculture.* 26: 85-94.

- GUTIÉRREZ, M. E. y R. ZAMURIANO CLAROS. 1994. Primer registro de *Moina macrocopa* (Crustacea: Moinidae) en Sudamérica. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología, Monterrey, Nuevo León. p 63-64.
- GUTIÉRREZ VALDIVIA, A. 1990. Aspectos biológicos y algunas consideraciones sobre el cultivo en laboratorio de *Moina macrocopa* (Crustacea: Cladocera). IPN, ENCB. México, D.F. 28 pp.
- HALVER J.E. 1972. Fish Nutrition. Academic Press. Capítulo 2. The vitamins. 588 p.
- HATAKEYAMA, S. y M. YASUNO. 1981. Effects of cadmium on the periodicity of parturition and brood size of *Moina macrocopa* (Cladocera). *Environmental Pollution*. (Series A) 26:111-120.
- HATAKEYAMA, S. y M. YASUNO. 1982. Accumulation and effects of cadmium on Guppy (*Poecilia reticulata*) fed cadmium-dosed Cladocera (*Moina macrocopa*). *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 29: 159-166.
- HOBBAEK, A. y P. LARSSON. 1990. Sex determinacion in *Daphnia magna*. *Ecology*. 71 (6): 2255-2268.
- HOVENKAMP, W. 1990. Instar-specific mortalities of coexisting *Daphnia* species in relation to food and invertebrate predation. *Journal of Plankton Research*. 12 (3): 483-495.
- HUNG, M. 1989. Ensayo de cultivo de una cepa de rotífero *Brachionus plicatilis* aislada en Venezuela. *Rev. Lat. Acuí. Lima-Perú*. (40) : 89-112.
- IVLEVA, I.V. 1972. Mass cultivation of invertebrates biology and methods. Israel Program for Scientific Translations. 148pp.
- JANA, B.B. y G.P. PAL. 1985. The life history parameters of *Moina micrura* (Kurz) growth different culturing media. *Water Res.* 19: 863-866.
- KLEIVEN, O. T; P. LARSSON y HOBBAEK A. 1992. Sexual reproduction in *Daphnia magna* requires three stimuli. *Oikos*. 64: 1-10.
- KOKOVA, V.Y; I.N. TRUBACHEV y V.A. BARASHKOV. 1982. Biochemical composition of certain aquatic invertebrates. *Hydrobiol. Journal*. 18 : 60-64.
- KORPELAINEN, H. 1986. The effects of temperature and photoperiod on life history parameters of *Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera). *Freshwater Biology*. 16: 615-620.
- KRYUCHKOVA, N.M. y V. K. RYBAKS. 1989. Feeding of *Moina rectirostris* on phytoplankton in a hypertrophic water body. *Hydrobiol Journal*. 25 (3) : 30-33.
- LARSSON, P. 1991. Intraspecific variability in response to stimuli for male and ephippia formation in *Daphnia pulex*. *Hydrobiologia*. 225 : 281-290.
- LIERBERMAN, M.E. 1970. The response of *Moina brachiata* (Jurine, 1820) to biological oxygen demand, oxygen, and light. *Hydrobiologia*. 36 (1): 9-16.
- LYNCH, M. 1989. The life history consequences of resource depression in *Daphnia pulex*. *Ecology*. 70 (1) : 246-256.

- MARGALEF, R. 1977. Ecología. Ed. Omega. España. 951 pp.
- MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ed. Omega. España. 1010 pp.
- MARTÍNEZ JERÓNIMO, F., R. RAMÍREZ GRANADOS, R. VILLASEÑOR, G. RIOS y F. ESPINOSA CHÁVEZ. 1988. Cultivos de apoyo para la acuicultura; producción de alimento vivo. Acuavisión. 3 (14): 18-24.
- MARTÍNEZ JERÓNIMO, F. y A. GUTIÉRREZ VALDIVIA. 1991. Fecundity, reproduction, and growth of *Moina macrocopa* fed different algae. Hydrobiologia. 222 : 49-55.
- MARTÍNEZ JERÓNIMO, F. y F. ESPINOSA CHÁVEZ. 1994. A laboratory-scale system for mass culture of freshwater microalgae in polyethylene bags. Journal of Applied Phycology. 6: 423-425.
- MARTÍNEZ JERÓNIMO, F., R. VILLASEÑOR, G. RIOS y F. ESPINOSA CHÁVEZ. 1994. Effect of food type and concentration the survival, longevity, and reproduction of *Daphnia magna*. Hydrobiologia. 287: 207-214.
- MELLORS, W.K. 1975. Selective predation of ephippial *Daphnia* and the resistance of ephippial eggs to digestion. Ecology. 56 : 974-980.
- MIRABDULLAER, I.M. 1993. *Moina gouldeni* N. sp. (Cladocera:Moinidae) from Central Asia. Crustaceana. 64 (2): 192-196.
- MORALES, J.J. 1980. Un minúsculo prodigio vivo. Técnica Pesquera. _ : 30-33.
- MURPHY, J. S. 1970. A general method for the monoxenic cultivation of the Daphnidae. Biol. Bull. 139 (1): 321-332.
- MURPHY, J.S. y M. DAVIDOFF. 1972. The result of improved nutrition on the Lansing effect in *Moina macrocopa*. Biol. Bull. 142 (2): 302-309.
- OLIVARES GARNICA, R., M. ROJAS BUSTAMANTE y R.SANCHEZ MERINO. 1994. Producción de la pulga de agua (*Daphnia* sp) utilizando fertilizantes no convencionales, con algunas consideraciones económicas. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología, Nuevo León. p 64.
- PAVÓN MEZA, E.L., M. FERNÁNDEZ y A. VARGAS VERA. 1994. Efecto de la temperatura en el cultivo del rotífero *Brachionus calyciflorus*. Memorias del XII Congreso Nacional de Zoología. Monterrey, Nuevo León. p 7-8.
- PENNAK, R.W. 1978. Fresh-water Invertebrates of the United States. A -wiley-interscience publication. U.S.A. 803 pp.
- QUIROZ CASTELAN, H., TREJO ALBARRÁN y P. DELGADO SALGADO 1994. Riqueza de especies y abundancia de los componentes zooplanciónicos en estanques rústicos con policultivo piscícola fertilizados intensivamente. Memorias de XII Congreso de Zoología. Monterrey, Nuevo León. p 16.
- RAMÍREZ GRANADOS, R. 1981. Proyectos piscícolas regionales para las distintas condiciones ecológicas predominantes en las aguas continentales de México. Laboratorio de Ecología Marina. Esc. Nal. de Ciencias Biológicas, IPN. 92 pp.

- RODRÍGUEZ ALMARAZ, G., E. FLORES HERRERA y L. DELGADO AMAYA. 1994. Crecimiento poblacional de la pulga de agua *Moina sp* (Crustacea:Cladocera) expuesta a diferentes medios de cultivo. Memorias del Congreso Nacional de Zoología. Monterrey, Nuevo León. p 59.
- ROSAS MORENO, M. 1970. Pescado blanco (*Chirostoma estor*). Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. Secretaría de Industria y Comercio. Dir. Graf. de Pesca e Industrias Conexas. 79 pp.
- ROSAS MORENO, M. 1982. Biología Acuática y Piscicultura en México. Serie de materiales didácticos en ciencia y tecnología del mar. SEP. México, D.F. 379 pp.
- SASA, T; R. KUNEIDA Y H. TAMIYA. 1960. Growing *Daphnia* (water-fleas) with *Chlorella*. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 6 (4): 252-255.
- SCHWARTZ, S. 1987. Methods for the activation of the resting eggs of *Daphnia*. *Freshwater Biology.* 17: 373-379.
- SORGELOOS, P; G. PERSOONE. 1975. Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II Hatching and culturing of the Brine shrimp, *Artemia salina* L. *Aquaculture.* 6: 303-317.
- SORGELOOS, P; G. PERSOONE; M. BAEZA-MESA; E. BOSSUYT y E. BRUGGEMAN. 1978. The use of *Artemia* cysts in Aquaculture: the concept of " Hatching efficiency " and description of a New method for cyst processing. In: Proc. Ann. Meeting WMS. Ed. Avault, J. W. jr. Louisiana State University, Baton Rouge (L.A.- U.S.A.) p. 715-721.
- STROSS, R.G. 1965. Termination of summer and winter diapause in *Daphnia*. *Amer. Zool.* 5: 701.
- STROSS, R.G. 1966. Light and temperature requirements for diapause development and release in *Daphnia*. *Ecology.* 47 (3): 368-374.
- STROSS, R.G. 1969 a. Photoperiod control of diapause in *Daphnia* II. Induction of winter diapause in the arctic. *Biol. Bull.* 136: 264-273.
- STROSS, R.G. 1969 b. Photoperiod control of diapause in *Daphnia* III. Two-stimulus control of long-day, short-day induction. *Biol. Bull.* 137 (2): 359-374.
- STROSS, R.G. y J.C. HILL. 1968. Photoperiod control of winter diapause in the fresh-water crustacean, *Daphnia*. *Biol. Bull.* 134 (1): 176-198.
- TAVARUTMANEEGUL, P. y K. LIN. 1988. Breeding and rearing of sand goby (*Oxyeleotris marmoratus*) fry. *Aquaculture.* 69 (3): 299-305.
- VALDEZ MORENO, M.E. 1990. Evaluación del potencial del rendimiento en cultivo de *Moina macrocopa* en tres sistemas de fertilización continua con algunas notas de interés económico. ENEP IZTACALA. UNAM. 91 pp.
- VENTURA, R.F. y E.M. ENDEREZ. 1980. Preliminary studies on *Moina sp.* production in freshwater tanks. *Aquaculture.* 21 : 93-96.
- VILLEGAS, C.T. 1990. The effects on growth and survival of feeding water fleas (*Moina macrocopa* Straus) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) to Milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) fry. *The Israel Journal of Aquaculture- Bamidgeh* 42 (1): 10-17

- VILLEGAS, C.T. y G.L. LUMAS. 1991. Biological evaluation of frozen zooplankton as food for milkfish (*Chanos chanos*) fry. **J. Appl. Ichthyol.** 7 (2) : 65-71.
- WATANABE, T; C. KITAJIMA y S. FUJITA. 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish : a review. **Aquaculture.** 34 : 115-143.
- WATANABE, T; R. ITO y T. SASA. 1955. Micro-algae as a source of nutrients for Daphnids. **J. Gen. Appl. Microbiol.** 1 (2) : 137-141.
- WONG C.K. 1992. Effects of Chromium, Copper, Nickel, and Zinc on survival and feeding of the cladoceran *Moina macrocopa*. **Bull Environ. Contam. Toxicol.** 49: 593-599.
- WONG C.K. 1993. Effects of Chromium, Copper, Nickel, and Zinc on longevity and reproduction of the cladoceran *Moina macrocopa*. **Bull Environ. Contam. Toxicol.** 50: 633-639.
- WONG C.K. y P.K. WONG. 1990. Life table of the effects of cadmium exposure on the freshwater cladoceran, *Moina macrocopa*. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 44 : 135- 141.
- WONG C.K. y P.K. WONG y H. TAO. 1991. Toxicity of Nickel and Nickel electroplating water to the freshwater cladoceran *Moina macrocopa*. **Bull Environ. Contam. Toxicol.** 47: 448-454.
- YAMPOLSKY, L.Y. 1992. Genetic variation in the sexual reproduction rate within a population of a cyclic parthenogen *Daphnia magna*. **Evolution.** 46 (3) : 833-837.

TABLA 1- COMPARACION DE LA LONGITUD TOTAL, CABEZA, BOCA Y ALIMENTO QUE ACEPTAN LOS PECES (mm)

| longitud total del pez | cabeza | boca | tamaño apropiado del alimento |
|-------------------------------|---------------|-------------|--------------------------------------|
| 9 | 2.25 | 0.75 | 0.75 |
| 12 | 3 | 1 | 1 |
| 20 | 5 | 1.25 | 1.25 |
| 100 | 25 | 8 | 8 |
| 300 | 75 | 25 | 25 |

Tomado de Rosas Moreno, 1982

TABLA 2- DIAGNOSIS DE *Moina macrocopa*

| | |
|--|---|
| 1. Tipo de alimentación..... | Filtradores no selectivos |
| 2. Alimento..... | Inertes: Materia orgánica y detritos Vivos: Bacterias, levaduras y algas |
| 3. Tiempo de eclosión de los efipios..... | 24 hr a 30°C |
| 4. Tallas de las hembras..... | Neonato 560 μ , adulto 1046 μ |
| 5. Tallas machos..... | 764 μ |
| 6. Longevidad..... | 23 días |
| 7. Reproducción..... | Partenogénesis y sexual |
| 8. Tiempo en el que se presenta la primera reproducción..... | 4 días |
| 9. Tiempo de intercamadas..... | 1.4 días |
| 10. Fecundidad máxima por camadas..... | 27 / organismos / hembra |
| 11. Progenie máxima total..... | 228 / organismos / hembra |
| 12. Temperatura..... | Mínima 21°C Máxima 28° C |
| 13. pH..... | 8.3-8.64 |

Tomado de Gutiérrez Valdivia, 1990

TABLA 3. Comparación bromatológica (% peso seco) entre *M. macrocopa* y alimentos deshidratados comerciales.

| | <i>Molina macrocopa</i> (1) | Alimento deshidratado Pepepérez® (2) | Nutrafin® (2) |
|-----------------|--------------------------------|--|------------------|
| PROTEINA | 68.1 | 25 | 42.2 |
| GRASA | 6.8 | 6 | 4 |
| CENIZAS | 7.5 | 5 | 6 |
| FIBRA | 17.6 | — | — |
| CRUDA | | | |

FUENTES: 1.- Espinosa Chávez, 1994
2.- Valdez Moreno, 1990

**TABLA 4- COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE ALGUNOS
INVERTEBRADOS ACUÁTICOS (g / 100 g de proteína cruda).**

| AMINOACIDOS ESCENCIALES | <i>Brachionus plicatilis</i> (6) | <i>Artemia salina</i> (5) | <i>Daphnia pulex</i> (3) | <i>Moina</i> crecida en <i>Scenedesmus incrassatulus</i> . (2) | <i>Moina macrocopa</i> (4) | <i>Moina</i> crecida en levadura (2) | REQUERIDOS POR LOS PECES * (1) |
|----------------------------|---|----------------------------------|---------------------------------|---|-----------------------------------|--|---|
| Arginina | 4.2 | 6.2 | 10.92 | 5.1 | 3.39 | | 4.3 |
| Leucina | 5.5 | 6.55 | | 9.3 | 4.51 | 7.0 | |
| Histidina | 1.4 | 3.43 | 2.69 | 1.6 | 1.29 | | 1.6 |
| Isoleucina | 2.9 | 2.6 | | 4.4 | 1.89 | 4.5 | 2.3 |
| Lisina | 5.5 | 7.35 | | 5.7 | 3.60 | 7.0 | 3.4 |
| Metionina | 0.8 | 2.18 | 3.45 | 1.4 | 1.16 | 1.8 | 5.1 |
| Fenilalanina | 3.5 | 3.65 | | 4.6 | 2.73 | 4.4 | 2.3 |
| Treonina | 3.1 | 5.08 | | 5.2 | 2.91 | 4.9 | 2.2 |
| Triptófano | 1.1 | 1.0 | 3.62 | 1.4 | 4.54 | 1.4 | 0.5 |
| Valina | 3.6 | 5.88 | | 7.2 | 2.53 | 5.4 | 2.9 |
| Tyrosina | 2.8 | 4.45 | 4.27 | 3.3 | 2.39 | | |

FUENTES: 1. Halver, 1972
 2. Castillo y Berger, 1983
 3. Ivleva, 1972
 4. Kokova *et al.*, 1982
 5. Grabner *et al.*, 1982
 6. Watanabe *et al.*, 1983

* Trucha arcoiris

TABLA 5. POSICIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| Phylum, Subphylum Superclase | o | Crustacea, Pennant 1777 |
| Clase | | Branchiopoda, Latreille 1817 |
| Subclase | | Diplostraca, Gerstaecker 1866 |
| Orden | | Cladocera, Latreille 1829 |
| Suborden | | Eucladocera, Eriksson 1932 |
| Superfamilia | | Daphnioidea, Straus 1820 |
| Familia | | Moinidae, Goulden 1968 |
| Género | | Moina, Bair 1850 |
| Género especie | y | <i>Moina macrocopa</i> Straus, 1820 (Fig. 1) |

(Bowman y Abele, 1982)

TABLA 6.- DISEÑO EXPERIMENTAL

| FOTOPERIODO luz : oscuridad | TEMPERATURA °C | | |
|---------------------------------------|-----------------------|------|------|
| | 25 | 27 | 30 |
| 0 : 24 | F1T1 | F1T2 | F1T3 |
| 24 : 0 | F2T1 | F2T2 | F2T3 |
| 16 : 8 | F3T1 | F3T2 | F3T3 |
| 12 : 12 | F4T1 | F4T2 | F4T3 |

TABLA 7.- Valores estimados de "k", "a" y "r" con su respectivo error estándar para las curvas de crecimiento logístico de *M. macrocopa* criada en distintas condiciones de fotoperiodo y temperatura.

| TRATAMIENTO | k | error estándar | a | error estándar | r | error estándar |
|-------------|--------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
| F1T1 | 37.071 | 5.04 | 2.831 | 0.360 | 0.393 | 0.118 |
| F1T2 | 41.022 | 4.064 | 2.163 | 0.193 | 0.337 | 0.053 |
| F1T3 | 62.294 | 1.486 | 2.450 | 0.072 | 0.446 | 0.021 |
| F2T1 | 31.203 | 5.658 | 2.086 | 0.281 | 1.355 | 0.123 |
| F2T2 | 81.271 | 2.091 | 2.721 | 0.088 | 0.473 | 0.024 |
| F2T3 | 57.385 | 1.326 | 2.374 | 0.116 | 0.511 | 0.032 |
| F3T1 | 16.999 | 3.105 | 1.299 | 0.613 | 0.484 | 0.269 |
| F3T2 | 90.252 | 1.882 | 3.210 | 0.035 | 0.427 | 0.010 |
| F3T3 | 62.954 | 1.306 | 2.516 | 0.102 | 0.513 | 0.028 |
| F4T1 | 30.367 | 8.266 | 2.464 | 0.372 | 0.376 | 0.166 |
| F4T2 | 56.4 | 1.316 | 2.873 | 0.203 | 0.507 | 0.035 |
| F4T3 | 11.999 | 1.528 | 1.136 | 0.469 | 0.492 | 0.211 |

TABLA 8- Valores medios del tamaño del efipio (largo y ancho) de una muestra de 40 efipios (n=40) por cada uno de siete lotes de *M. macrocopa*. Se incluye la desviación estándar y el intervalo de confianza (95%) correspondiente.

| GRUPO | LARGO (μ) | DESVIACION ESTANDAR | I. C. 95 % | ANCHO (μ) | DESVIACION ESTANDAR | I. C. 95 % |
|-------|--------------------|------------------------|---------------|--------------------|------------------------|---------------|
| 1 | 1073.8 | 121.8 | 246.17 | 716.25 | 91.85 | 185.64 |
| 2 | 1115.6 | 95.49 | 192.99 | 743.13 | 87.62 | 177.09 |
| 3 | 1057.5 | 164.98 | 333.44 | 667.5 | 95.36 | 192.73 |
| 4 | 1137.8 | 78.01 | 157.67 | 785 | 154.11 | 311.47 |
| 5 | 1129.4 | 77.77 | 157.18 | 777.5 | 78.7 | 159.06 |
| 6 | 1082.5 | 107.67 | 217.61 | 753.13 | 108.24 | 218.76 |
| 7 | 986.25 | 136.27 | 275.42 | 776.25 | 79.45 | 160.58 |

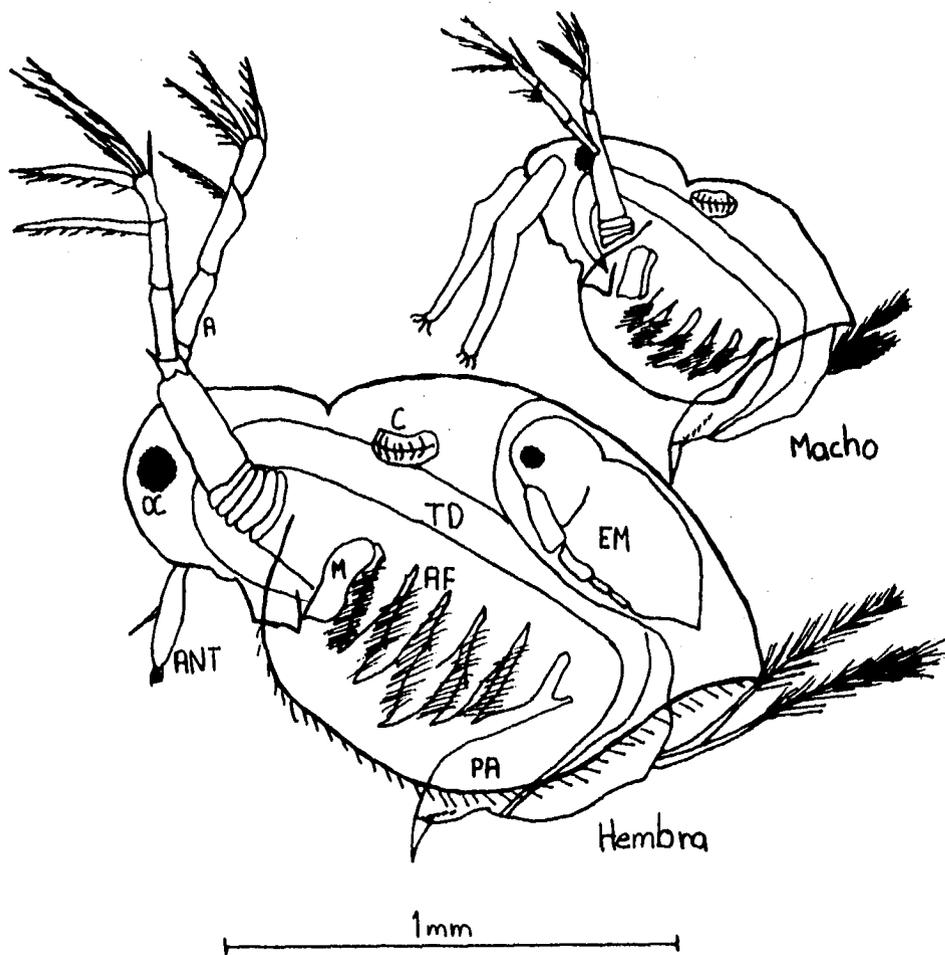


Fig. 1 - Morfología de *Moina macrocopa*. AF Apéndice filtrador; PA postabdomen; TD tubo digestivo; EM embrión; C corazón; OC Ojo compuesto; A antena; ANT anténula; M mandíbula. Tomado de Espinosa Chávez, 1994.

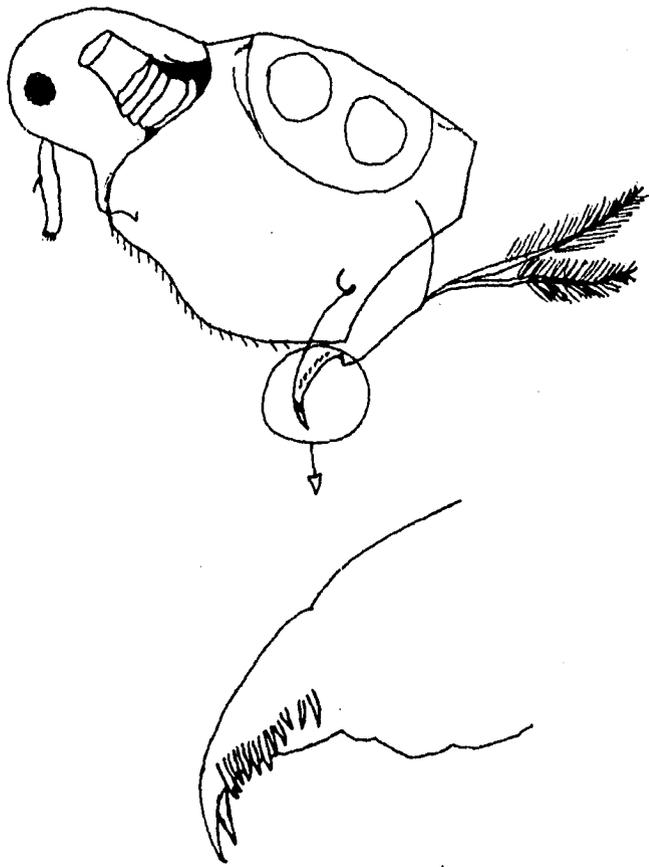
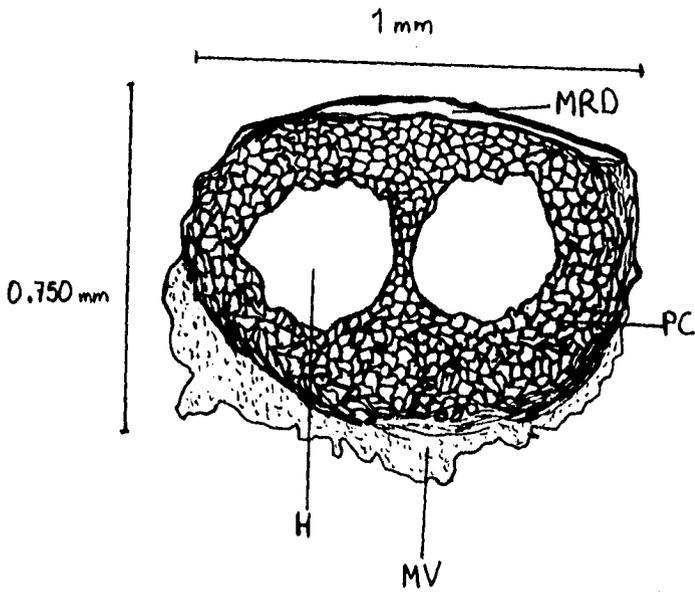


Fig. 2- Detalle del postabdómen con uña terminal y espina bidentada de *Moina macrocopa*
Tomado de Pennak, 1978.



MRD...Margen recto dorsal
 H.....Huevo
 PC.....Pared cuticular
 MV.....Margen ventral

Fig. 3. - Ephyra de *Moina macrocopa*. Es una cápsula bivalva, sellada herméticamente con una "bisagra" a lo largo del margen recto. Las dos áreas pigmentadas marcan la posición y el tamaño aproximado de los huevos que generalmente suelen ser dos.

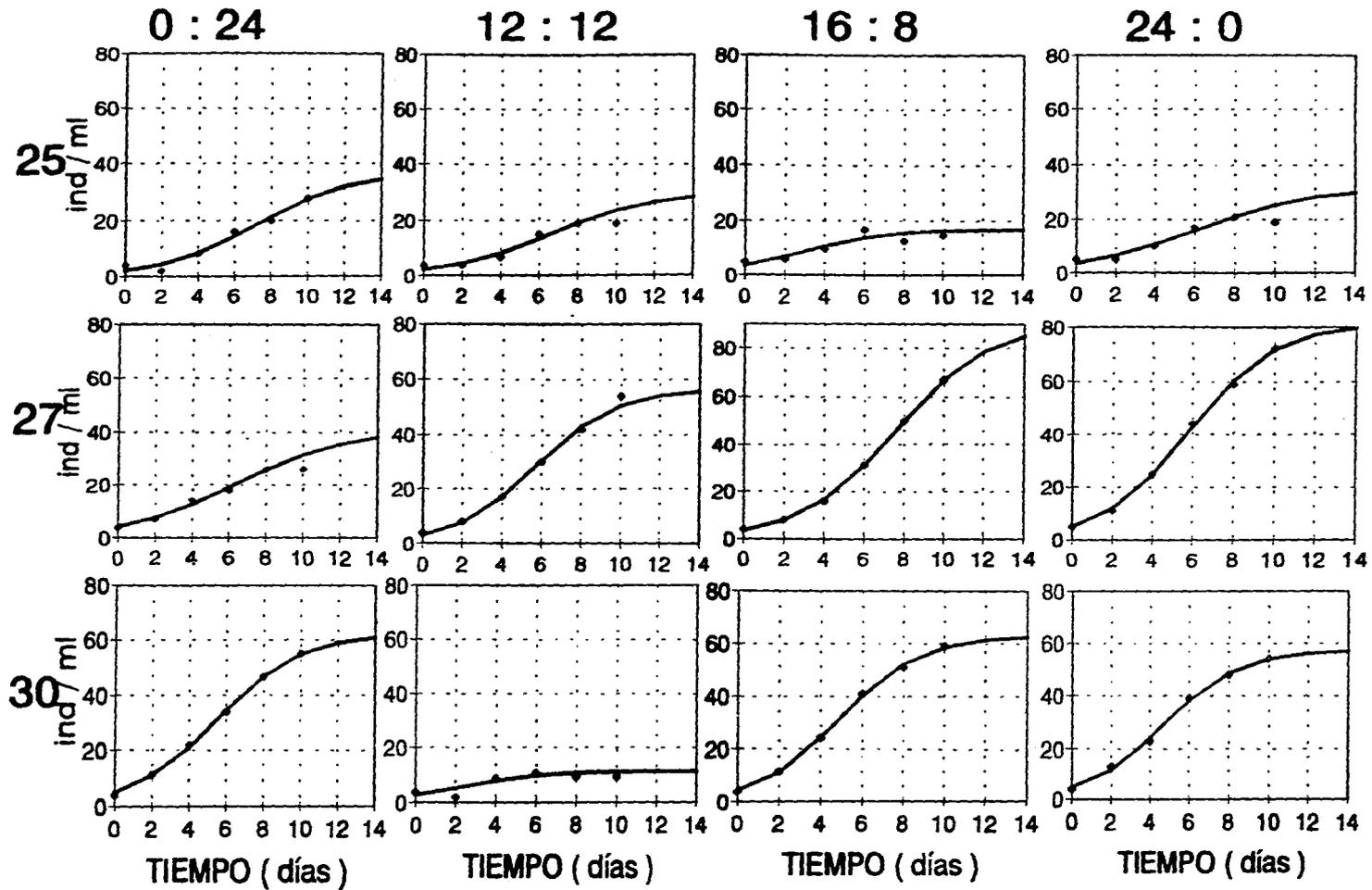
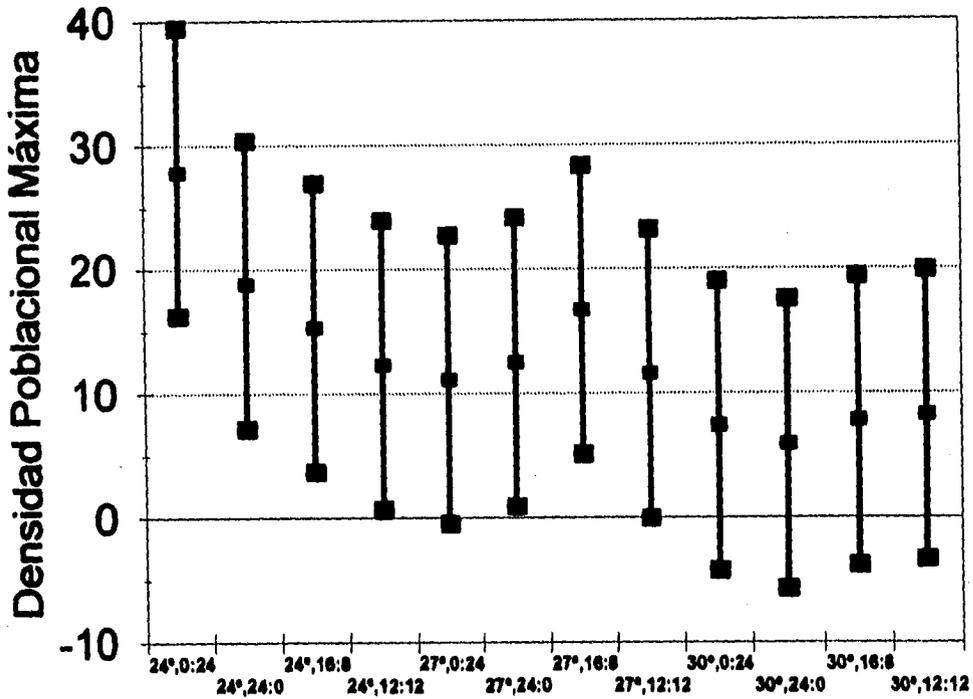


Fig. 4 CRECIMIENTO POBLACIONAL de *M. macrocopa*. Se emplearon distintas condiciones de fotoperiodo y temperatura. Valores observados y estimados.



... para el

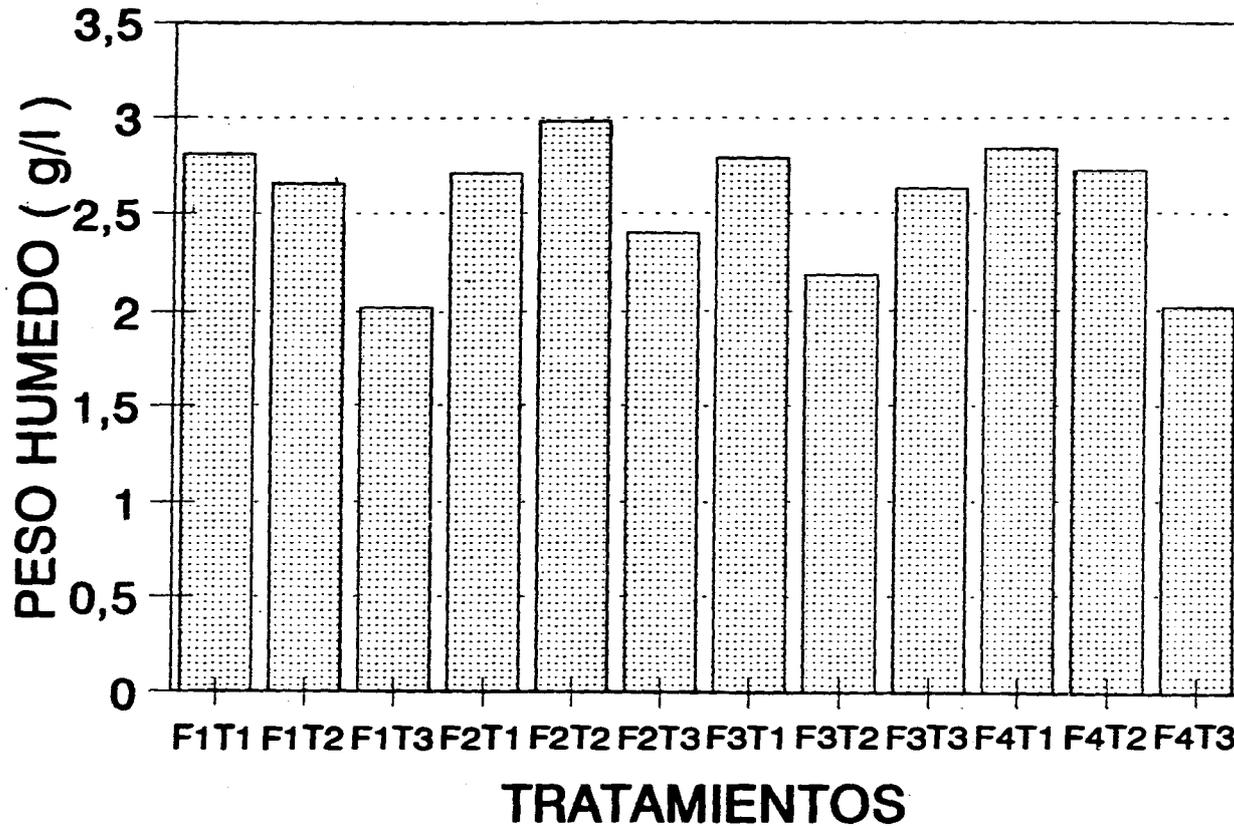


Fig. 6 Se grafica la biomasa final (peso húmedo) del cultivo en diferentes condiciones de fotoperiodo y temperatura de *M. macrocopa* Inóculo 0.2 g/l. Tiempo de cultivo 10 días.

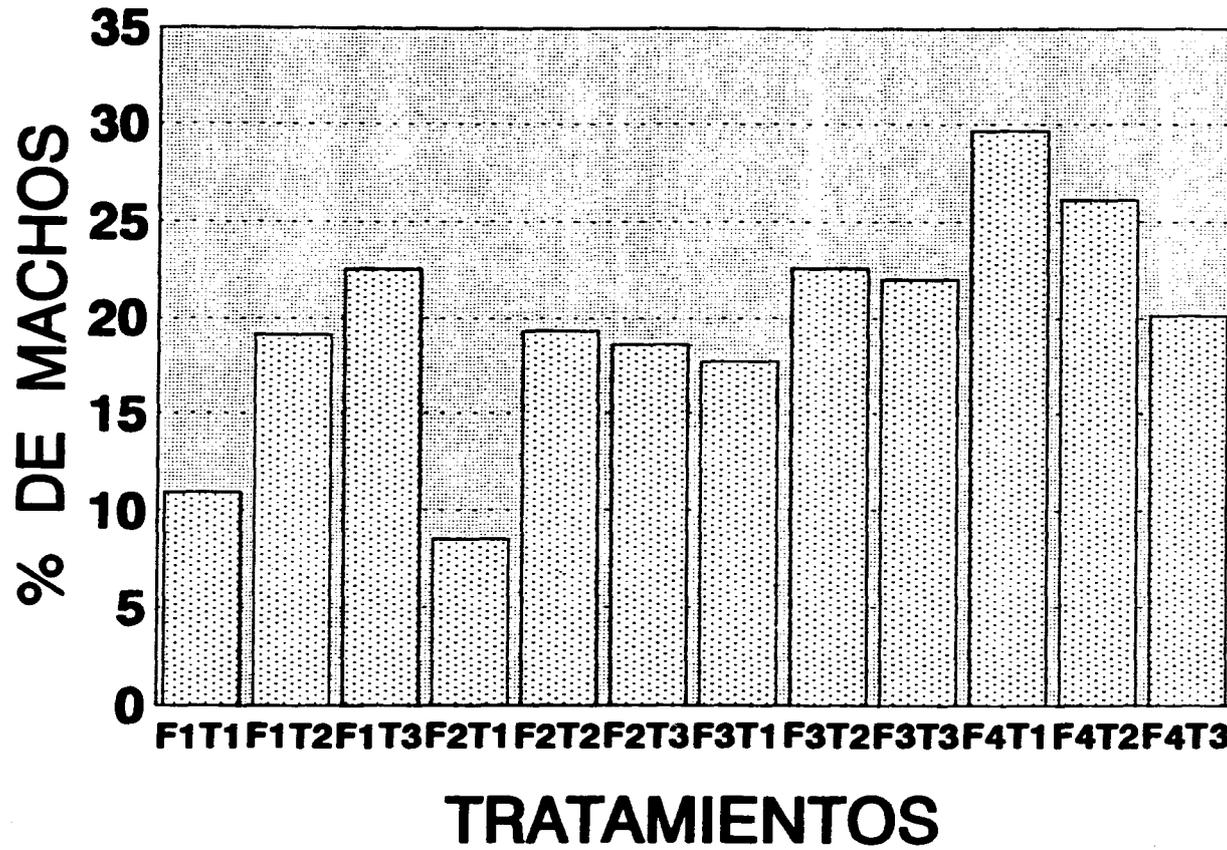


Fig. 7 Proporción de machos (%) al décimo día de cultivo de *M. macrocopa* en distintas condiciones de fotoperiodo y temperatura. Inóculo 0.2 g/l (peso húmedo) de hembras partenogénéticas.

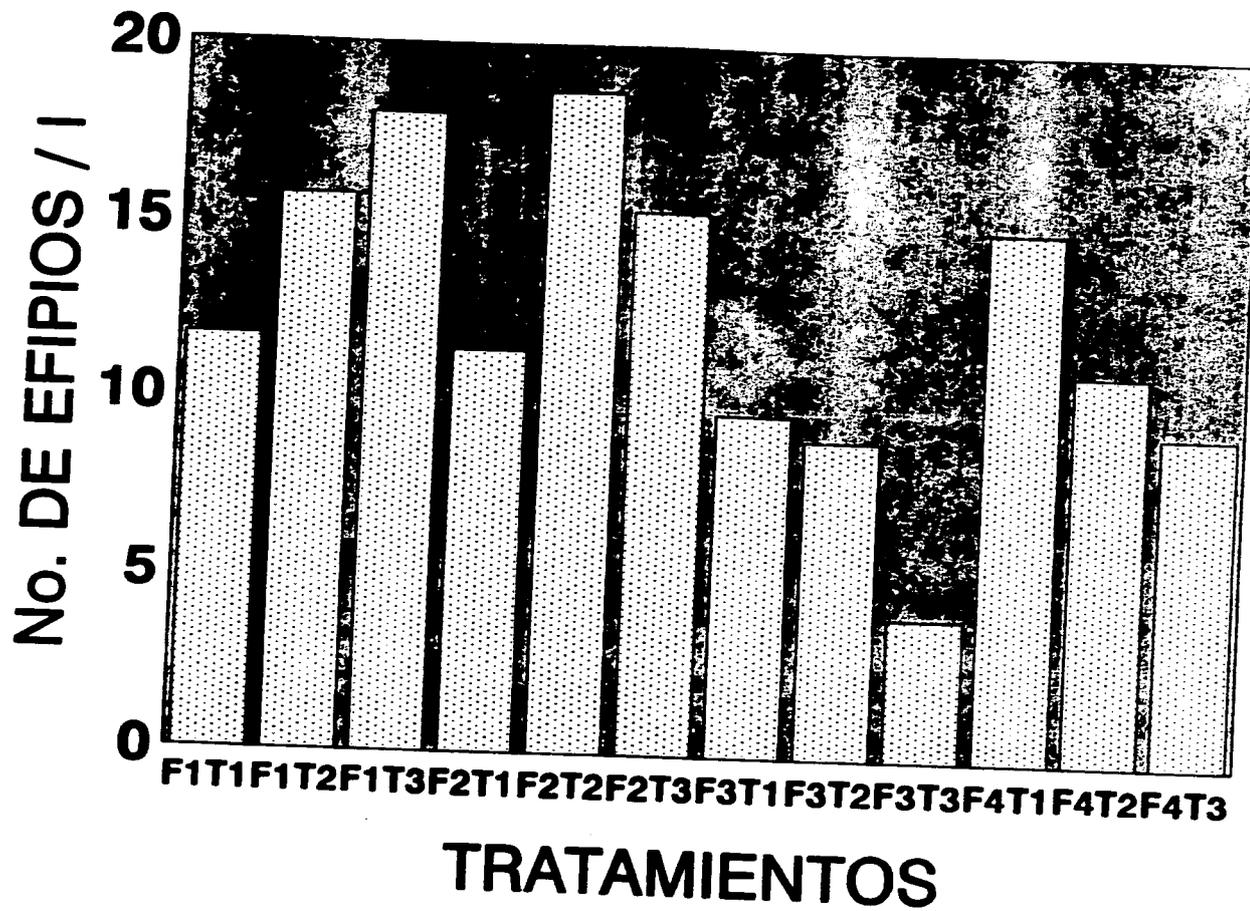


Fig. 8 Número de efiptos al décimo día de cultivo de *M. macrocopa* en distintas condiciones de fotoperiodo y temperatura. Inóculo 0.2 g/l

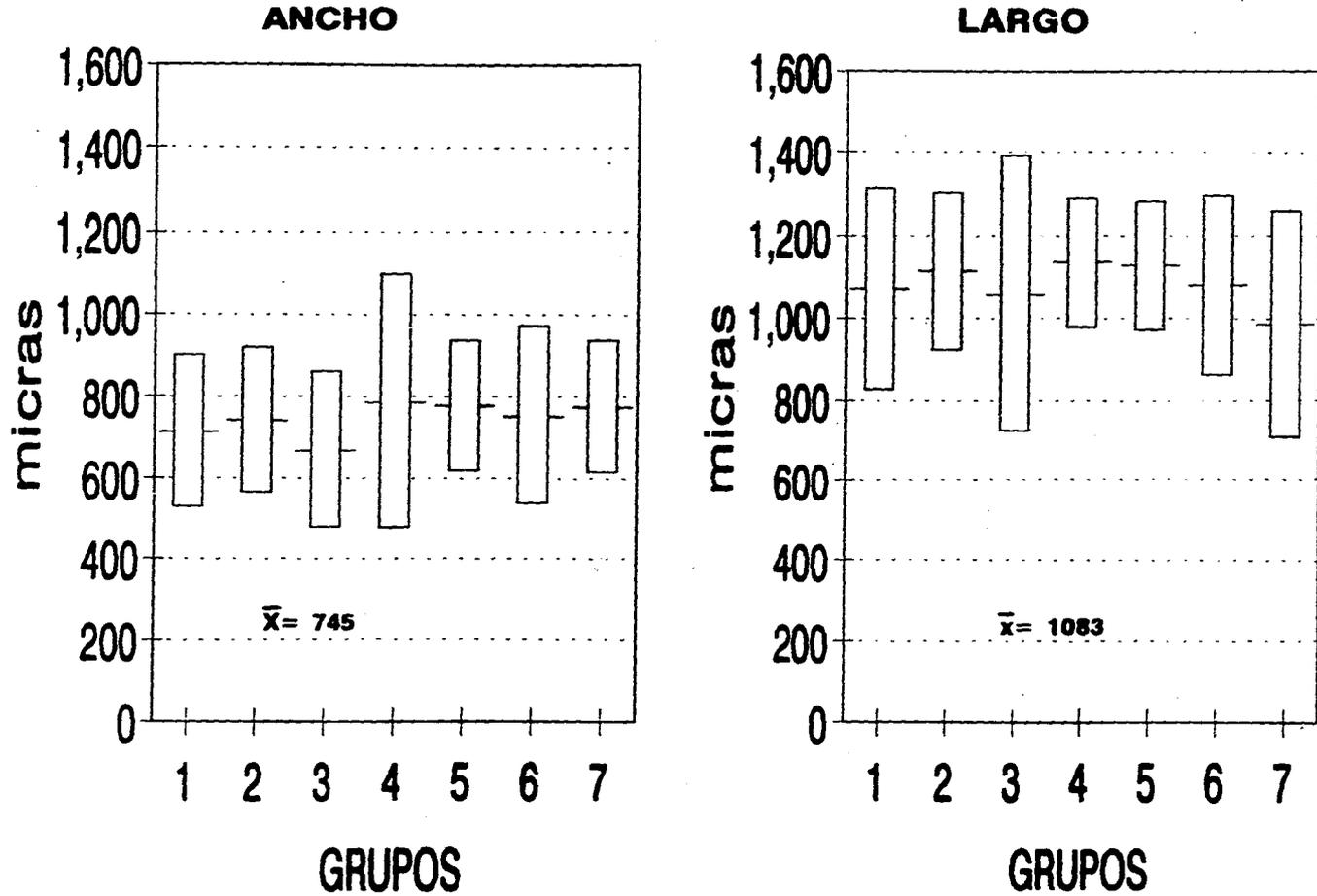


Fig. 9 Se grafica la media del ancho y del largo de siete grupos de efiptos de *Moina macrocopa* con intervalo de confianza del 95%

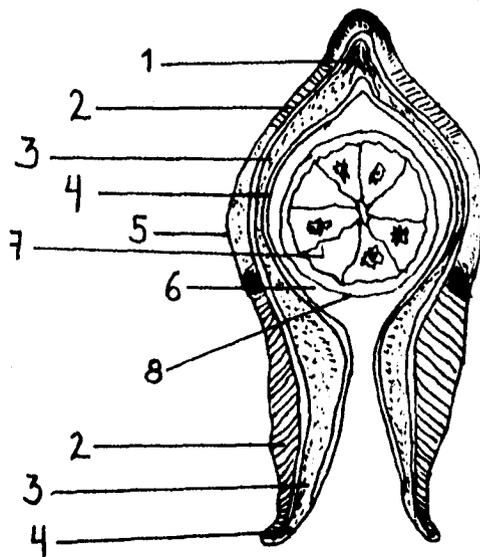
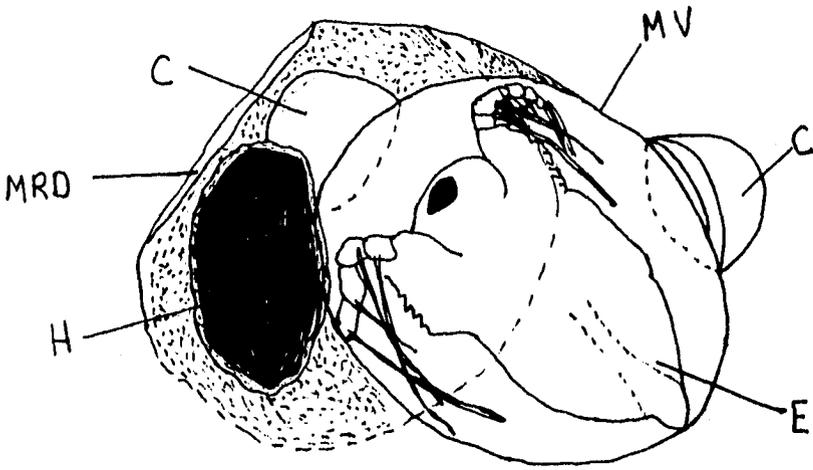


Fig. 10 - Corte del epifio de *Daphnia magna*. 1. Margen dorsal. 2. Capa prismática de la envoltura exterior. 3. Capa interna de la envoltura exterior. 4. Envoltura quitinosa externa. 5. Pared del núcleo nidal. 6. Huevo nidal. 8. Envoltura del huevo. Tomado de Ivleva, 1972.



- C.....Corion
- MRD....Margen recto dorsal
- E.....Embrión
- MV.....Membrana vitelina
- H.....Huevo

Fig. 11 - Neonato de *Moina macrocopa* desarrollado en el huevo de resistencia a punto de eclosionar. El neonato es visto de forma ventral. La membrana vitelina fue distendida.

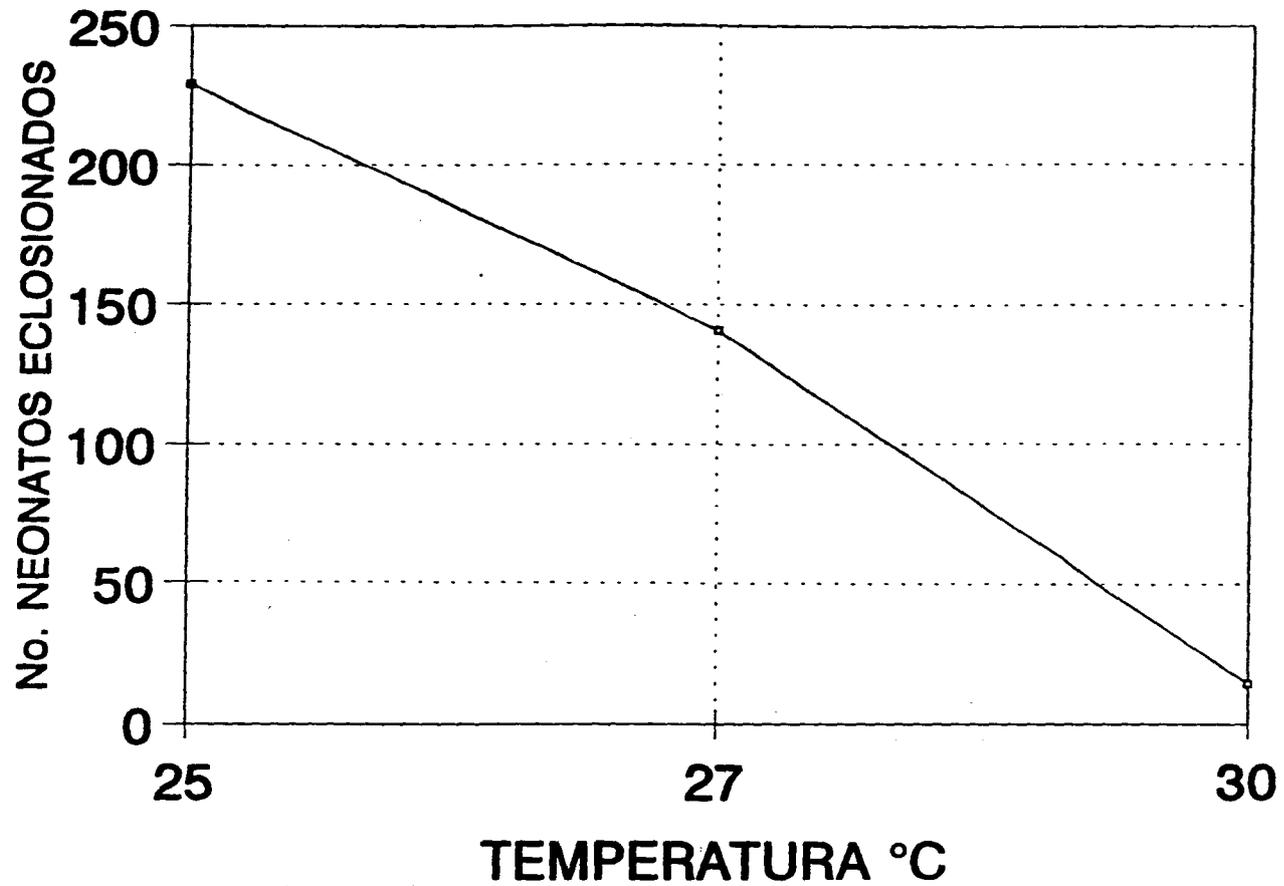


Fig 12. Eclosión de efipios de *M. macrocopa*. El tiempo de incubación fue de 12 días a diferentes temperaturas

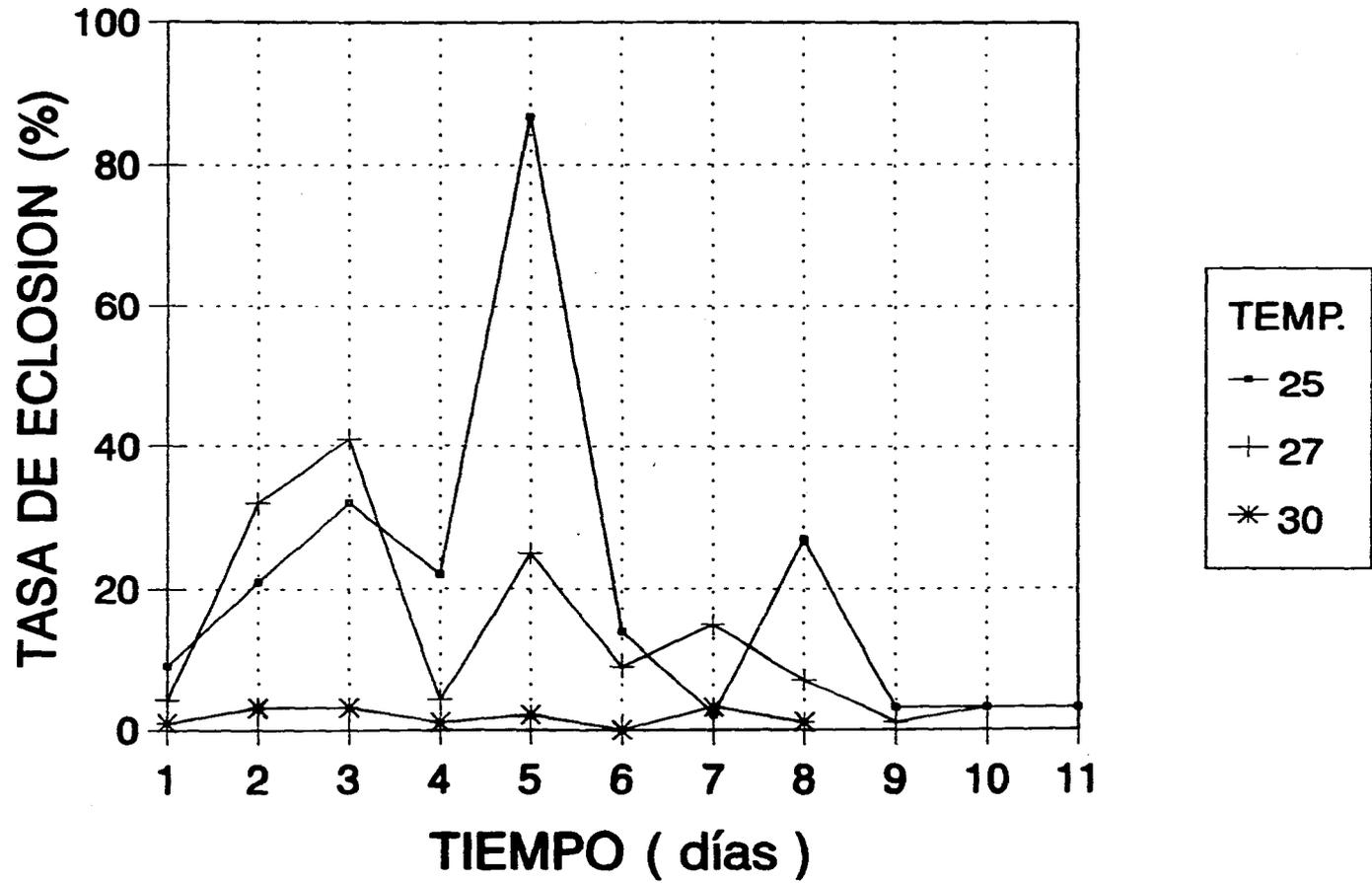


Fig. 13 Tasa de eclosión de efipios de *M. macrocopa*. El tiempo de incubación fue de 12 días a diferentes temperaturas.

EFICIENCIA DE ECLOSION

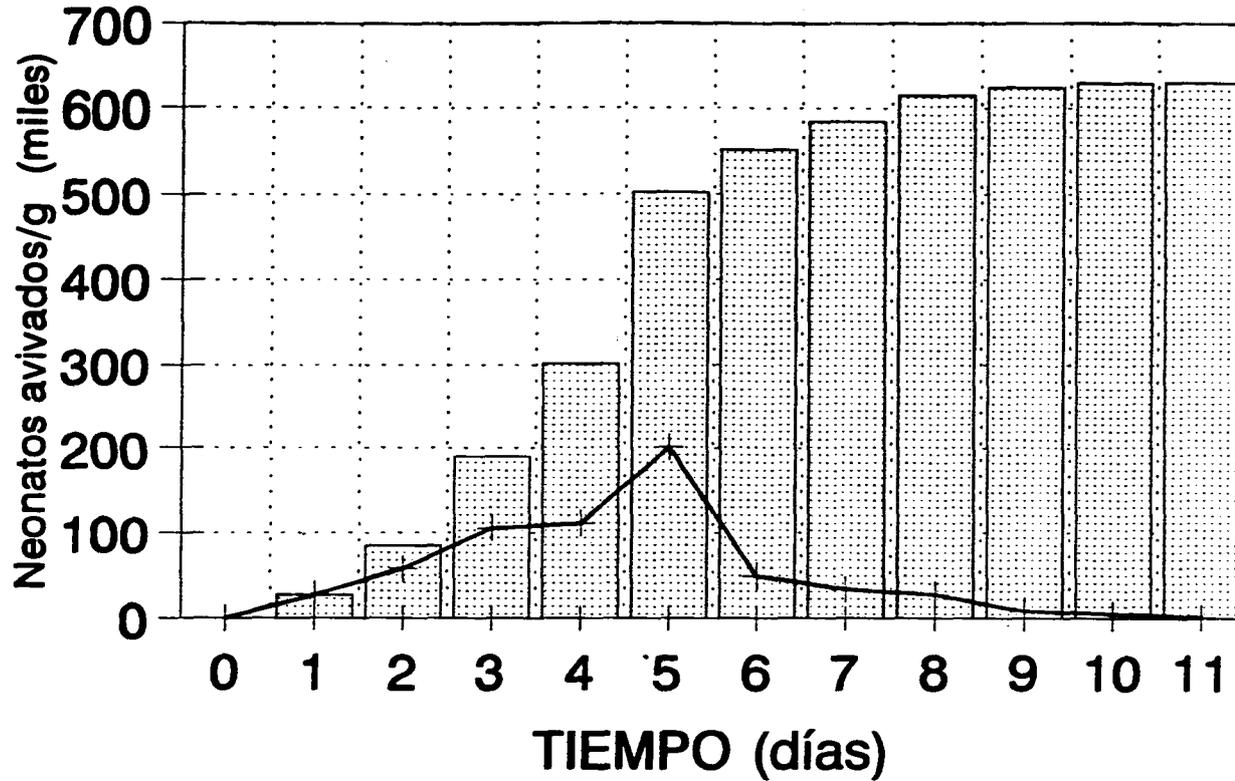


Fig. 14 Neonatos avivados de 1 g de efipios de *M. macrocopa* en doce días de incubación. Las barras denotan la natalidad acumulada (%). La línea es el número de neonatos registrados por día. Incubación a 25°C.

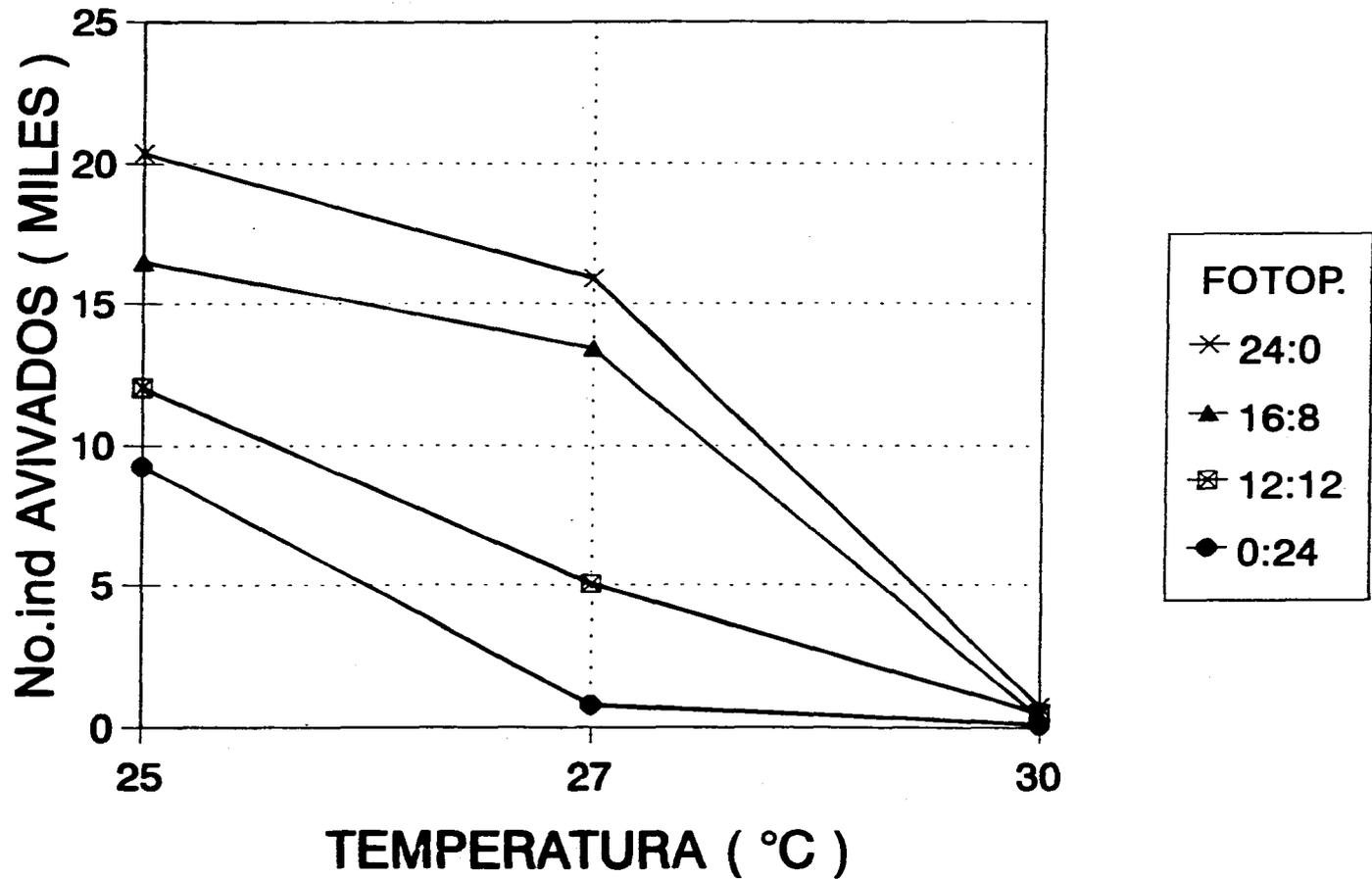


Fig. 15 Activación de efipios de *M. macrocopa* de 500 mg de efipios incubados en distintas condiciones de fotoperiodo y temperatura.

