

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA SOBRE LA OCURRENCIA DE *Daphnia pulex* EN LA PRESA JOSE ANTONIO ALZATE Y ALGUNOS ASPECTOS DE SU PESQUERIA

AMPARO VAZQUEZ*, EDUARDO SOLIS*,
NORMA MACEDO* E IRMA ROSAS**.

* Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cerrillos, Piedras Blancas, Méx.

** Departamento de Química Atmosférica y Estudios del Agua, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, Coyoacán 04510, México, D. F.

RESUMEN

The occurrence of *D. pulex* was detected in relation to and physical chemical parameters of water variability of the Presa José Antonio Alzate and the economic activity generated by the exploitation of this cladoceran was analyzed. A three month sampling program was carried out during five years at 12 stations; polls were taken among fishermen in order to obtain information from official and private institutions related to the exploitation of this resource. It was observed that dam is divided in two zones according to water quality. The western zone shows a higher frequency in the occurrence of this species and presents high population densities year after year. It was also observed that dissolved oxygen and total amounts of unattached solids have clear influence on the presence of this cladoceran.

Se observó que la presa, con respecto a la calidad del agua, está dividida en dos zonas, y que la zona oeste es donde se presenta mayor ocurrencia de esta especie, así como altas densidades poblacionales año tras año.

También se pudo apreciar que tanto el oxígeno disuelto como los sólidos suspendidos totales tienen una clara influencia en la presencia del crustáceo.

El mercado de *D. pulex* está controlado por el acaparamiento nacional que lo exporta, principalmente, a empresas transnacionales de la alimentación. El nulo apoyo de las instituciones oficiales y la fuerte explotación a que los pescadores están sujetos les impide aumentar su productividad y retener el excedente económico que generan en esta actividad.

ABSTRACT

The occurrence of *D. pulex* was detected in relation to eight physical chemical parameters of water variability of the José Antonio Alzate Dam and the economic activity generated by the exploitation of this cladoceran was analyzed. A three month sampling program was carried out during five years at 12 stations; polls were taken among fishermen in order to obtain information from official and private institutions related to the exploitation of this resource. It was observed that dam is divided in two zones according to water quality. The western zone shows a higher frequency in the occurrence of this species and presents high population densities year after year. It was also observed that dissolved oxygen and total amounts of unattached solids have clear influence on the presence of this cladoceran.

The market of *D. pulex* is dominated by national monopolizing that exports it principally to transnational food enterprises.

The lack of support from official institutions and the strong pressures which fishermen are subject to prevent the rising of productivity and the retention of the economic surplus generated from this activity.

INTRODUCCION

Diversos investigadores han realizado estudios sobre *D. pulex*, considerando tanto la influencia de la calidad del agua sobre su desarrollo, como las implicaciones que tiene su presencia en altas densidades sobre el ecosistema (Davis y Ozburn 1969, Neill 1978, Edmonson y Litt 1982, Walton *et al.* 1982).

El interés de estudiar esta especie no sólo surge del hecho de que constituye un nivel trófico fundamental en las comunidades acuáticas y de su extraordinaria capacidad de colonizar ambientes altamente fluctuantes que son limitantes para otras especies, sino además por su importancia como fuente de proteína, ya que su contenido en base seca es mayor del 40%.

Sin embargo, sólo una muy pequeña parte del volumen total capturado en México se dirige al consumo interno, principalmente como alimento vivo de peces de ornato. En Estados Unidos de América, Italia, Inglaterra, Canadá y Japón, *Daphnia spp.* se emplea en la alimentación de peces para el consumo humano y peces de ornato; siendo suministrada como alimento vivo o seco (Kobayashi 1985, comunicación personal). La gran mayoría de los investigadores del género, no hacen referencia alguna a que *Daphnia spp.* sea integrada a procesos productivos industriales.

Por otra parte, *D. pulex* y otras especies del género tienen una gran relevancia como organismos de prueba en investigación. La ecotoxicología es una de las áreas en las que son ampliamente utilizadas como indicadores de toxicidad, tanto de residuos como de sustancias potencialmente tóxicas. Destacan los estudios sobre los efectos citotóxicos que tienen los herbicidas en *D. pulex* (US EPA 1972, Schober y Lampert 1976, 1977, Schultz y Kennedy 1976), así como aquéllos producidos por aguas residuales industriales y urbanas de muy diversos tipos (Walsh *et al.* 1980, 1982). Otra área de investigación en la que *D. pulex* es elegida frecuentemente es la genética (Bacci *et al.* 1961, Zaffagnini y Sabelli 1972, Ruvinsky *et al.* 1978, Hebert y Drease 1980, Trentini 1980, Ruvinsky y Lobkov 1981, Hebert y Crease 1983, Ruvinsky *et al.* 1983).

En México, los cuerpos de agua en donde la producción de este crustáceo es de importancia son el Vaso de Texcoco, Yuriria, Valle de Santiago y la Presa José Antonio Alzate.

La Presa José Antonio Alzate, objeto del presente estudio, está situada a 22 km al noreste de la ciudad de Toluca; es el mayor de los 37 cuerpos de agua de este municipio y el quinto en el Estado de México (SPP 1980). Está integrada al sistema hidráulico del Alto Lerma y expuesta al ingreso de aguas residuales industrial-urbanas y a la intensa extracción de agua a que se sujeta a sus influentes. El resultado de este impacto sistemático ejercido sobre sus procesos de autorregulación es un efecto neto de sobreexplotación y su consecuente proceso de regresión ecológica. Desde el punto de vista productivo, el decremento de la piscicultura y su agotamiento a fines de la década de los sesentas, entre otros hechos, dio cabida al desarrollo dominante de *D. pulex* y a la actividad económica basada en su explotación.

El contexto histórico concreto en que surgió esta actividad productiva desembocó en su control por el capital de intermediación, de modo que la producción nacional circula y se distribuye a partir de monolíticos canales integrados por acaparadores y empresas exportadoras, siendo empresas transnacionales de la alimentación las principales consumidoras. Ante esto, desde 1981 se desarrolló en la comunidad ribereña de Tlachaloya, un proceso de organización de los productores, como fuerza potencial para un eventual cambio de las relaciones productivas existentes. Lo anterior proporcionó sentido al análisis de las condiciones de la Presa Alzate, tanto en el plano ambiental como en el socioeconómico. Por un lado, se realizó la evaluación de algunos indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua y su influencia sobre la presencia de *D. pulex*, como un primer elemento tendiente a articular la explotación-conservación de este recurso con su base ecológica y, por otro, se estudiaron las condiciones sociales, económicas, técnicas y organizativas de la pesquería, asimismo, se analizó el complejo sistema de explotación multilateral impuesto a los productores directos por el capital de intermediación.

MATERIAL Y METODO

INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA

Este trabajo se realizó en la Presa José Antonio Alzate, ubicada entre los municipios de Toluca y Tempaya, en el Estado de México. Una vez efectuado un reconocimiento general de la presa para definir los sitios de muestreo con base en su relieve e hidrodinámica, se desarrolló un programa basado en 12 estaciones de muestreo —11 de ellas en la presa y una tras la compuerta— con periodicidad trimestral a través de los últimos cinco años, de marzo de 1981 a noviembre de 1985.

Paralelamente, se llevaron al cabo muestreos de agua y poblacional. En cada muestreo de agua se evaluaron los siguientes parámetros en el nivel de superficie: temperatura, potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO). La temperatura se registró con termómetro estándar por medición directa, el pH por el método potenciométrico, para el OD se tomó una muestra y se fijó en campo y para SST, SDT, DBO y DQO se tomó otra muestra. Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta ser analizadas en el laboratorio.

El muestreo de los organismos se hizo a cada metro de profundidad con una botella Van Dorn, colectándose en botellas de dos litros. Este muestreo se efectuó a varios niveles debido a que esta especie realiza migraciones verticales, sin embargo, parte de la población de *D. pulex* siempre se localizó en la superficie.

El análisis de los factores físicos y químicos del agua se efectuó con base en los métodos establecidos por APHA (1976). El OD se estimó por el método de Winkler con la modificación de la azida; la DBO se calculó atendiendo a la determinación del OD; la DQO por el método de titulación con dicromato de potasio y los sólidos por el método gravimétrico*.

En cuanto a la ocurrencia de *D. pulex*, una vez ubicada taxonómicamente con

* Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Aguas de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO).

base en la clasificación de Brooks (1959), se revisó cada una de las muestras para verificar su presencia.

INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA

Para la obtención de información económica, social, técnica y organizativa de la pesquería de *D. pulex*, en primer lugar se llevó al cabo la identificación y caracterización general del grupo de productores acuícolas a través del levantamiento de un censo familiar en las comunidades ribereñas de Tlachaloya, Pathé y La Costa. Posteriormente, se realizó el estudio descriptivo de la actividad productiva a partir de los procesos que la integran: el productivo, el de intercambio y el de reproducción, así como el análisis de los mecanismos de transferencia del excedente económico. Todo ello, a partir de la información obtenida a través de la aplicación de un cuestionario y la realización de una entrevista dirigida al 35% del total de las familias que integraron el grupo productivo acuícola en la temporada 80-81, y a 16% en la temporada 81-82.

La información derivada de los cuestionarios y los registros de las entrevistas fue concentrada, sujeta a elaboración estadística y gráfica, dado el caso, y luego analizada. Simultáneamente se desarrolló el análisis del marco condicionante externo apoyado en información bibliográfica relativa.

RESULTADOS

POBLACIÓN INTERMITENTE DE *D. pulex*

El estudio de la población de *D. pulex* en la Presa Alzate a través de los últimos cinco años permitió determinar que es intermitente, ya que se desarrolla sólo en parte del ciclo anual, por lo cual su explotación también es periódica (Tabla I). La reproducción de esta población es por partenogénesis obligada, lo que determina su rápido surgimiento y la ausencia de machos en ella.

TABLA I. VOLUMENES Y PERIODOS DE CAPTURA DE *Daphnia pulex* EN LA PRESA ALZATE

TEMPORADA DE CAPTURA	VOLUMEN DE PESO SECO EN TONELADAS	PERIODO DE CAPTURA						
		NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
80-81	60.00	[Bar chart showing 10 bars of equal height from Nov to May]						
81-82	18.43	[Bar chart showing 3 bars of equal height in Feb, Mar, Apr]						
82-83	46.20	[Bar chart showing 10 bars of equal height from Nov to May]						
83-84	44.00	[Bar chart showing 10 bars of equal height from Nov to May]						

En la presa, otoño e invierno constituyen el lapso de desarrollo poblacional de *D. pulex*; en este período pueden encontrarse hembras adultas en diferentes estadios de desarrollo embrionario. Se observó que los grupos de huevos partenogenéticos tienen desarrollo directo, evolucionando sincrónicamente en la cámara incubatriz hasta dar origen a hembras juveniles (Fig. 1).

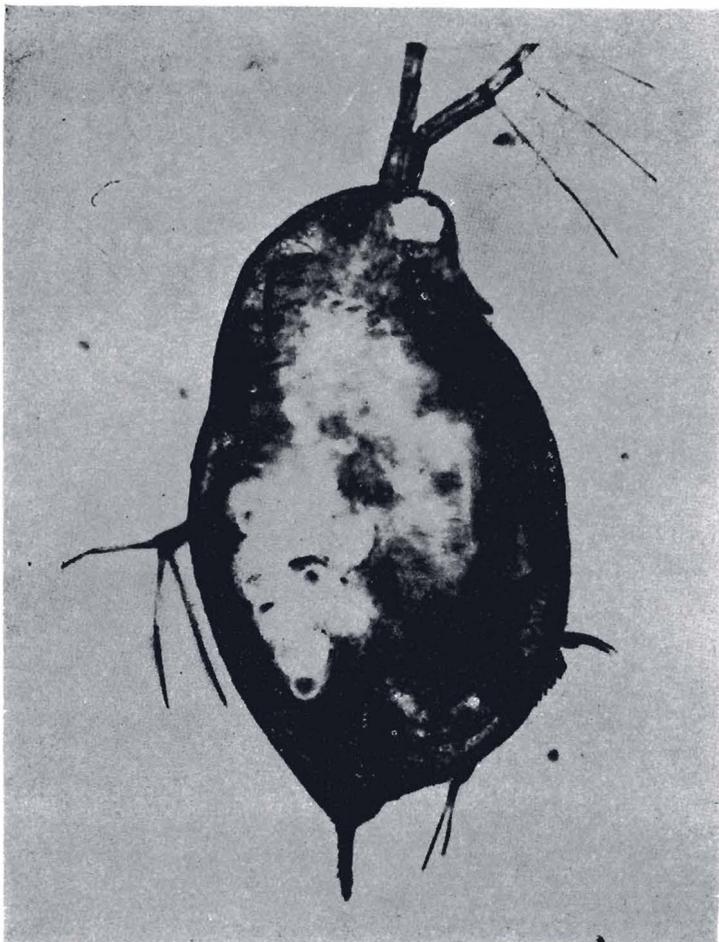


FIG. 1. *Daphnia pulex* con embriones partenogenéticos en la cámara incubatriz.

El tamaño de la camada es variable, dependiendo en gran medida de la talla de la hembra; el rango estimado del número de huevos o embriones por camada fue de 1 a 48. Poco después de su liberación al medio, la hembra progenitora sufre ecdisis. De este modo, luego de cada muda se genera un nuevo conjunto de huevos que constituyen otra camada. En la presa este proceso se da muchas veces en los individuos de una generación y a través de numerosas generaciones. Al descender el nivel del embalsado, al inicio de la primavera, principia la producción de huevos epifiales.

Sincrónicamente a la evolución de los huevos efipiales fue posible reconocer la profunda transformación que sufre el exoesqueleto de la hembra en la zona que cubre la cámara incubatriz con la finalidad de proteger éstos, lo que da lugar al efipio. Este es de forma semicircular y está asociado a la espina caudal de la hembra; cuando está maduro tiene un volumen equivalente a una tercera parte del cuerpo de la progenitora (Fig. 2).

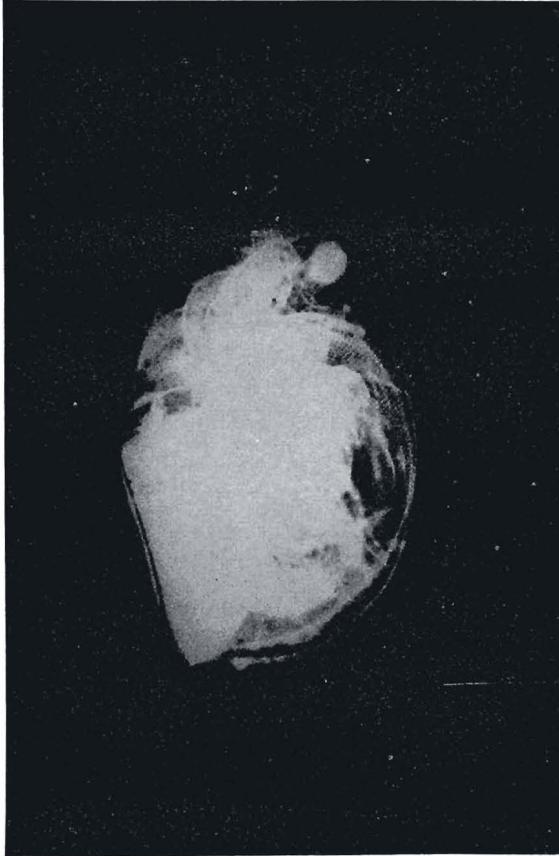


FIG. 2. *Daphnia pulex* con efipio maduro.

Los huevos efipiales son mayores que los partenogenéticos no diapausantes y se disponen en número de dos en el efipio. Al inicio de su desarrollo son evidentes pues contrasta su color oscuro con el resto del efipio claro, pero en las etapas sucesivas la pigmentación de todo éste los camufla.

En el ciclo anual, el período en que existe mayor cantidad de efipios es al final de cada una de las temporadas otoño-invierno de desarrollo poblacional; es entonces cuando pueden apreciarse efipios libres que coexisten con hembras en diversos estadios de producción efipial y hembras en producción embrionaria normal, aunque estas últimas en mucho menor proporción.

Fue posible apreciar que la liberación de los epipios al medio se da con el proceso de muda de la hembra, pudiendo quedar adheridos a los restos del exoesqueleto de ésta, o bien, independizarse por la ranura epipial, que es la zona lábil entre el epipio y el resto del caparazón de la hembra. En ocasiones la liberación del epipio concurre con la muerte de la hembra, cuyos restos quedan unidos a aquél. El momento en que el epipio se libera es también en el que los dos embriones que contiene suspenden su desarrollo, razón por la que a los huevos epipiales se les denomina huevos diapausantes.

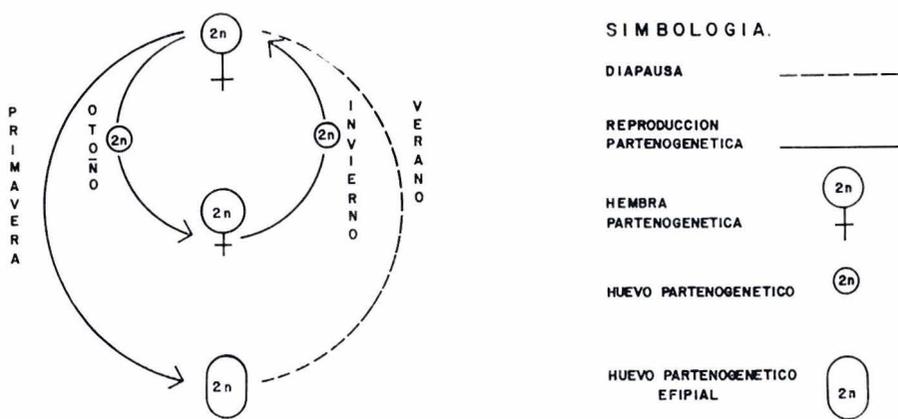


FIG. 3. Ciclo de vida de *Daphnia pulex*.

Por una y otra vía, los epipios adquieren su individualidad estructural e hidrodinámica, manifestándose en grandes grupos, perceptibles apenas como colectivos de puntos negros, sea flotando en la zona de la presa que se mantiene inundada o inmersos en el fango de la extensa zona emergente.

En verano, al quedar reducida el área inundada de la presa a sólo una cuarta parte, los epipios se ven sometidos a desecación, congelamiento, compresión mecánica, depredación de diversos tipos de ganado, aves de corral y aves migratorias, e incluso a la acción de pesticidas utilizados en una amplia zona de la presa que se convierte en agrosistema. Además, el epipio es por sí mismo una extraordinaria unidad de expansión-dispersión pasiva sujeta a hidrocoria, anemocoria, anemohidrocoria y zoocoria.

Al final del verano e inicio del otoño se reanuda el desarrollo de los embriones epipiales, surgiendo dos hembras juveniles de cada epipio. De esta manera, a partir de los epipios surge una población de *D. pulex* que a mediados del otoño es ya la población dominante en la presa. La esquematización de este proceso se muestra en la figura 3.

Influencia de la calidad del agua sobre la presencia de D. pulex

En cuanto a su calidad de agua, las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos evaluados muestran que la Presa Alzate está dividida en dos grandes zonas: la este o del eje recto, contigua a la ribera derecha, y la oeste, limitada por la ribera izquierda.

La presencia de *D. pulex* en este embalse está, por tanto, también zonificada. El oxígeno disuelto y los sólidos suspendidos totales son los parámetros que tienen una clara influencia sobre su ocurrencia.

Los intervalos totales en los cuales se detectó *D. pulex* para cada uno de los parámetros fisicoquímicos valorados se dan a continuación, así como los intervalos dentro de éstos en los que se observó mayor porcentaje de ocurrencia,

- . El intervalo total en pH fue de 6.50 a 8.80, encontrándose 82% de las mediciones de 7.40 a 8.30.
- . Para la temperatura de 15.8 a 24.1°C, cayendo 88% de las observaciones de 15.8 a 21.3°C.
- . Para DBO de 3 a 125 mg/L, registrándose 90% de los casos en un intervalo de 3 a 100 mg/L.
- . Para DQO de 7 a 175 mg/L y 84% de las observaciones de 26 a 125 mg/L.
- . Para ST de 221 a 660 mg/L, siendo de 221 a 495 mg/L en donde se detectó *D. pulex* 80% de las veces.
- . Para SDT de 200 a 600 mg/L, correspondiendo 66% al intervalo de 200 a 400 mg/L.
- . Para SST 9 a 80 mg/L, situándose 84% de la ocurrencia de 9 a 40 mg/L.
- . Para OD de 0.44 a 7.8 mg/L, con una frecuencia de 73% de 0.44 a 3.12 mg/L.

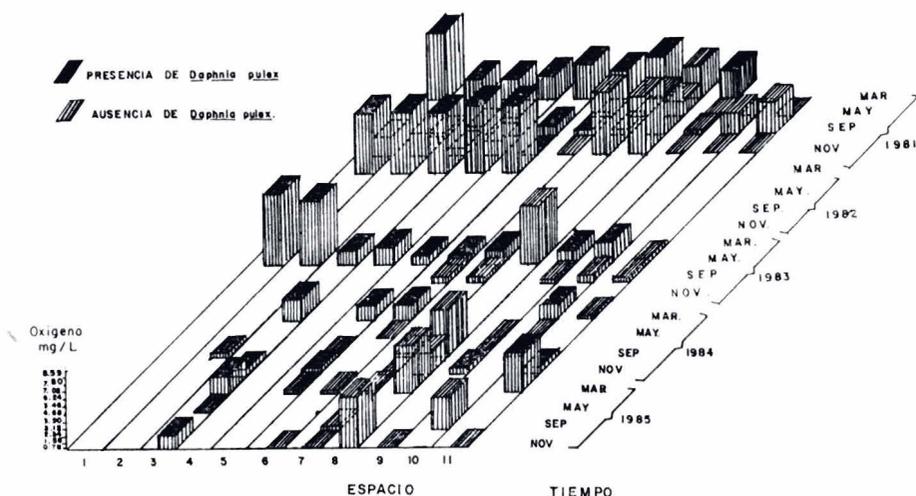


Fig. 4. Relación entre la concentración de oxígeno del agua y la presencia de *Daphnia pulex* en la Presa Alzate.

En la figura 4 puede notarse la variación de la concentración de OD en las 11 estaciones de muestreo a lo largo de los cinco años estudiados y su relación con la presencia de *D. pulex*. La concentración de oxígeno disuelto es mayor, en general, en la zona oeste (correspondiendo a las estaciones 1 a 5); en cuanto al tiempo,

es claro que la presa tiende cada vez más a condiciones de anoxia, siendo ésta más acentuada en la zona este (estaciones 6, 7, 9, 10 y 11). La presencia de *D. pulex* está implicada en esta tendencia ya que es mayor en la zona oeste de la presa.

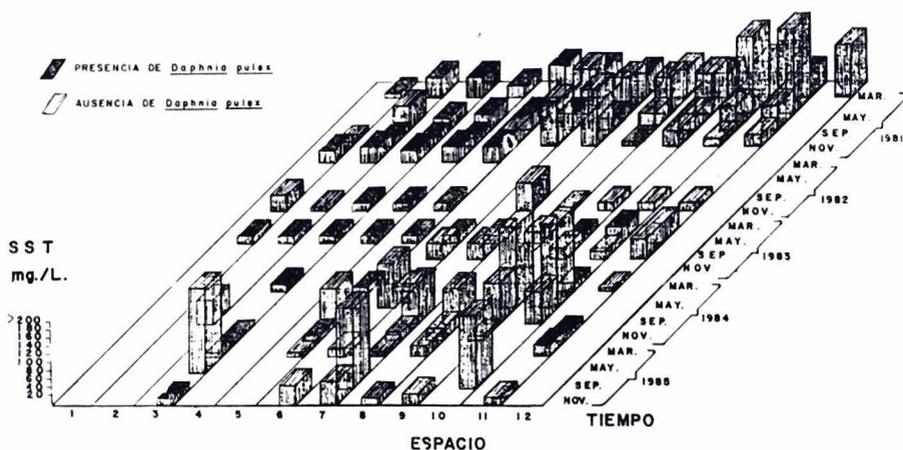


Fig. 5. Relación entre la concentración de sólidos suspendidos totales del agua y la presencia de *Daphnia pulex*.

El análisis de SST y su correlación con la presencia de *D. pulex* ratifican la existencia de las dos zonas citadas. Las modificaciones de este parámetro a nivel tiempo-espacio, que representa la figura 5, reflejan que en el eje recto se dan los valores más altos, llegando hasta 200 mg/L, en tanto que en la zona oeste son predominantemente menores a 80 mg/L, lo que permite que en esta última sea donde se logre un alto registro de la especie.

La presencia y ausencia de *D. pulex* en función de cada uno de los parámetros considerados, a través de los cinco años, se muestra en forma resumida en la figura 6.

Aspecto socioeconómico de la pesquería

El proceso de explotación de *D. pulex* que se desarrolla en la Presa Alzate desde 1972, al igual que otras actividades en el medio rural, se apoya fundamentalmente en la familia campesina, que constituye una unidad productiva con carácter multiproductor, ya que la pesquería concurre con la agricultura de minifundio, pequeño comercio y venta de fuerza de trabajo.

El grupo productor está formado por diferente número de familias en cada temporada, llegando a ser en algunas hasta de 90; éstas se encuentran agrupadas en dos cooperativas.

Los medios de producción básicos en la captura son: una lancha de madera, un motor fuera de borda y una red bicónica de boca rectangular construida con malla plástica. La posesión más generalizada de los medios de producción por familia es de un motor, una lancha y dos redes.

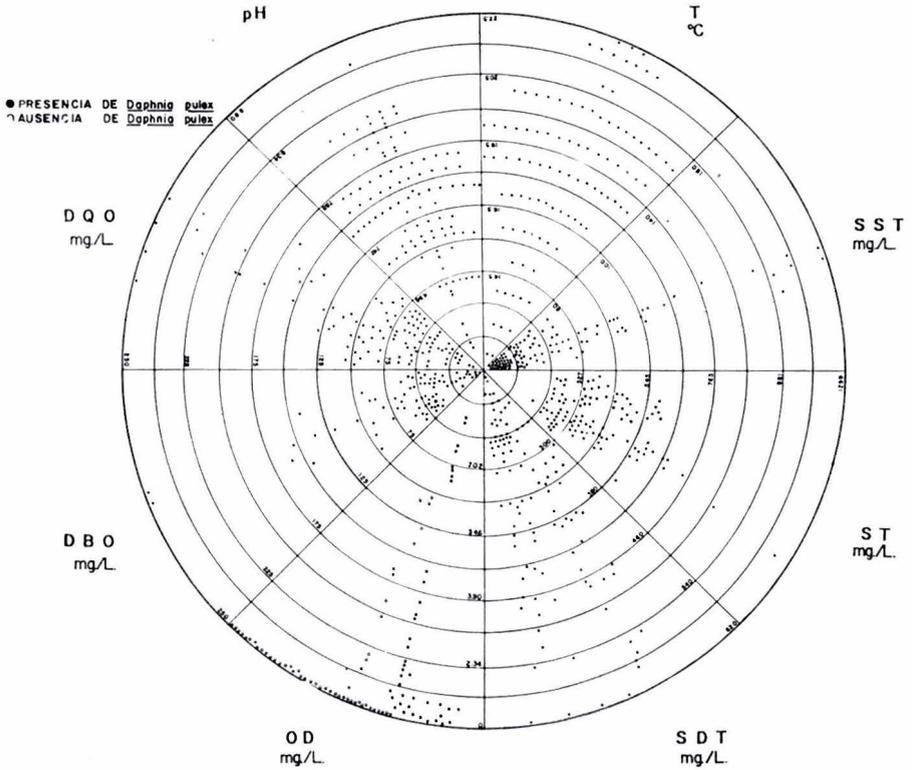


FIG. 6. Distribución de *Daphnia pulex* de acuerdo con la concentración de algunos parámetros fisicoquímicos del agua de la Presa Alzate de 1981 a 1985.

El proceso de trabajo incluye la captura, el secado y la limpieza. La captura es por arrastre superficial; el secado se realiza a la intemperie sobre terrenos previamente nivelados y compactados, éstos están ubicados en los márgenes de la presa y en los islotes que emergen de ella. El secado, es así, fuertemente limitado por factores ambientales. La última fase del proceso de trabajo consiste en dos arneados para lograr la máxima individualización del producto y dejarlo libre de polvo y basura. De un bulto de 50 kg de producto húmedo se obtienen 12 kg de producto seco y limpio.

El almacenamiento del producto se realiza en la propia vivienda del productor y cuando es prolongado tiene implicaciones tanto en la salud como en la economía de la familia, esto último debido al sobretrabajo y pérdida de volumen que se genera.

La regulación de la explotación de este recurso no sigue los criterios de otras actividades pesqueras, ya que el desarrollo de *D. pulex* está limitado por el nivel del embalsado, de modo que los individuos no capturados mueren debido a la presión con que son arrastrados río abajo.

La división técnica del trabajo se enmarca dentro del núcleo familiar y en pocos casos se involucran trabajadores asalariados. Partiendo de que la productividad del trabajo es el valor del producto neto generado por unidad de fuerza de trabajo,

se estimó que la productividad media fue de \$ 3.2/h en la temporada 80-81 y \$—332.0/h en la 81-82. En la temporada 80-81, 22% de las familias productoras no obtuvieron ganancia y sólo lograron una remuneración parcial del trabajo necesario; 37% obtuvo ganancia y remuneración total del trabajo necesario. 41% de las familias productoras en la temporada 80-81 y 100% en la 81-82 transfirieron valor a dos niveles; de su excedente familiar y de su fuerza de trabajo, pero además a nivel del capital que la familia invirtió en la formación del producto en valores destinados a insumos, y a depreciación y reposición de sus medios de producción. El proceso de transferencia-explotación a que se sujeta al productor se expresa en los cuatro mercados capitalistas a los que concurre en la:

- Compra de medios de producción e insumos sobrevalorados.
- Adquisición de crédito usurario para la compra de medios y su refaccionamiento.
- Venta de fuerza de trabajo a la industria y a los servicios, que es sistemáticamente subvalorada.
- Venta del producto al capital de intermediación a precios de mercado que, en general, no cubren sus costos de producción.

Este último mercado está dominado por una estructura de acaparamiento que ha establecido canales de comercialización bien definidos (Fig. 7).

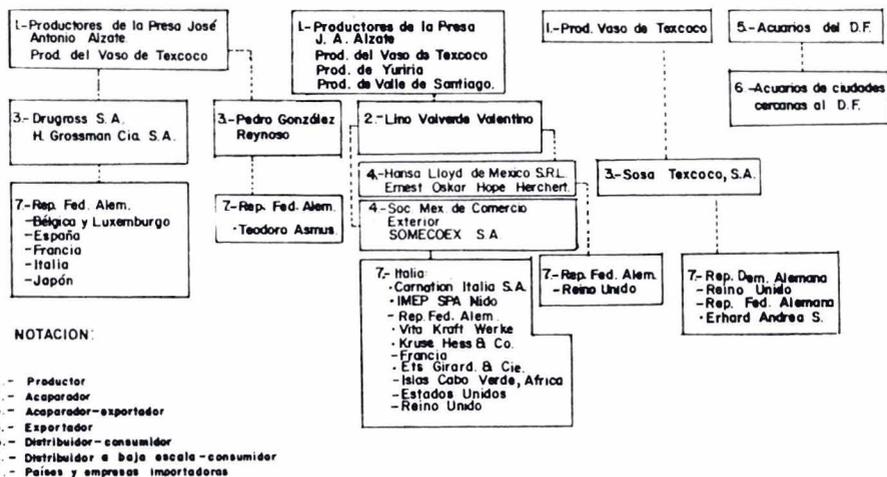


FIG. 7. Canales de comercialización de *Daphnia pulex* desde el productor hasta el mercado internacional de 1978 a 1981.

En la temporada 80-81, en la que el volumen, total capturado fue de 60 toneladas aproximadamente, se estimó que el excedente transferido a los acaparadores fue de \$ 7 032 120.00, cuando el valor del producto bruto fue de \$ 1 620 000.00 y la cuota de plusvalía de 1 828%.

En 1983 los productores locales se organizaron en dos sociedades cooperativas de pesca de *D. pulex*, una de las cuales está dirigida por productores que sostienen una posición a favor de los acaparadores. Sin embargo, el excedente económico

generado en la pesquería sigue, a la fecha, siendo retenido por el capital de intermediación del producto a pesar de la intensa promoción que una de las cooperativas ha hecho de éste a niveles nacional e internacional, buscando apoyo en la Dirección Federal de Pesca, Instituto Mexicano de Comercio Exterior y Productos Pesqueros Mexicanos, obteniendo siempre resultados negativos.

DISCUSION

POBLACIÓN INTERMITENTE DE *D. pulex*

Es posible encontrar referencias en las que se considera a *D. pulex* como especie partenogenética cíclica (Ojima 1958, Stross y Hill 1965, 1968, Bunner y Halcrow 1977) y, como género, este tipo de reproducción parece ser la dominante (Hebert 1978). En ella se entrelazan regularmente la reproducción partenogenética para producir huevos asexuales no diapausantes y la reproducción sexual para dar lugar a huevos epifiales diapausantes. Sin embargo, en la Presa Alzate, *D. pulex* se reproduce por partenogénesis obligada. Esto es coincidente con resultados de recientes trabajos de Hebert y Crease (1980, 1983) sobre poblaciones de esta especie en el suroeste del Lago Ontario en los que la ubican como partenogenética obligada.

La diferencia sustancial que guarda este proceso respecto a la partenogénesis cíclica es el que los huevos epifiales diapausantes se producen asexualmente al no existir machos en la población. A pesar de ello, algunas otras especies en las que se ha reconocido la partenogénesis obligada como *D. cephalata* y *D. middendorffiana* conservan potencialmente la capacidad de producir machos (Tash 1964, Hebert 1978). Es importante señalar que los huevos partenogenéticos y partenogénicos diapausantes son de origen amítico (Hebert *et al.* 1972, Zaffagnini y Sabelli 1972).

El poder de competencia de *D. pulex* radica en su elevada tasa de multiplicación asociada a un promedio de vida corto pudiendo, incluso, haber discontinuidad espacial o temporal entre sus poblaciones en sistemas acuáticos temporales (Hebert 1978, Demott 1983); así, las poblaciones de *D. pulex* caracterizadas por rápidas proliferaciones seguidas de grandes mortalidades recurren a la formación de epifios, por una parte, como elemento para garantizar su continuidad en el embalse y, por otra parte, como forma de incrementar la ocupación de nuevos hábitats.

En el momento en que el epifio maduro es liberado al medio, los embriones tienen ya un estado blastodérmico (Von Baldass 1941). La disposición estructural y la composición química del epifio, particularmente de su compleja cutícula, proveen a los embriones latentes de protección para resistir en gran medida las presiones a que está sujeto. Son varios los estudios realizados sobre la organización y desarrollo epifial (Ojima 1958, Davison 1969, Mellors 1975, Bunner y Halcrow 1977), así como sobre la estructura fina del epifio (Schultz 1977).

A pesar de que el epifio contiene solamente dos embriones, Mellors (1975) cita que en *D. galeata mendotae* puede haber tres. La elevada cantidad de éstos origina una acelerada expansión poblacional al romperse la diapausa. Se ha referido que poblaciones de *D. magna* pueden llegar a producir hasta tres millones de epifios por metro cúbico (Margalef 1974). De este modo, el epifio, en tanto forma de vida latente, integra armoniosamente la estrategia para responder a las presiones

de un medio fluctuante y a la extraordinaria capacidad de expansión dispersión de la especie.

Entre los factores que inducen la producción del efipio en *D. pulex* y otras especies del género se han identificado: temperatura, fotoperíodo, alimento disponible, densidad poblacional y calidad de agua. Los estudios a través de los que se llega a tales conclusiones (Stross y Hill 1965, 1968, Bunner y Halcrow 1977) han buscado reconocer las condiciones inductoras de producción efipial a las que están sujetas las poblaciones de climas templados. Pero, como se señaló, en la Presa Alzate el período de desarrollo de este crustáceo se da en otoño e invierno, y durante el verano la diapausa; mientras que en especies de climas templados el estado de interrupción del desarrollo se presenta en invierno, por lo que la población de la Presa Alzate, de latitud tropical, parece estar sujeta a otras condicionantes.

Debido a que el régimen térmico al igual que el fotoperíodo en el ciclo anual no tiene fluctuaciones considerables en estas latitudes, estos factores parecen no ser limitantes, pero sí determinan la cantidad de alimento potencialmente disponible que, a su vez, está interrelacionado con la densidad poblacional.

Tanto en las poblaciones de clima templado como en las del trópico es de esperarse que el invierno sea la época del año en la que existe menor cantidad de alimento al disminuir la temperatura y las horas luz.

En la Presa Alzate el factor inductor de la producción efipial parece ser el deterioro en su calidad de agua que, a su vez, esta subordinado al nivel del embalsado, ya que al inicio de la primavera el descenso de éste genera cambios físicos y químicos en el medio que parecen limitar el desarrollo poblacional, induciendo la producción de huevos capaces de resistir las nuevas condiciones: los huevos efipiales. Al final del verano e inicio del otoño concurre el incremento de la precipitación pluvial con el cierre de la compuerta, iniciándose el ascenso en el nivel del embalsado, lo que ofrece condiciones para el rompimiento de la diapausa de los embriones efipiales y el resurgimiento de juveniles.

Influencia de la calidad del agua sobre la presencia de D. pulex

El relieve y la hidrodinámica del embalse son factores que influyen decisivamente en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos que se valoran, causando la zonificación espacial de la presa en cuanto a la calidad del agua y a la ocurrencia de *D. pulex*.

La existencia de tres islotes en la parte media del embalse, orientados en su sentido longitudinal (de sureste a noroeste), son la causa principal de la discontinuidad entre las zonas este y oeste. La diferenciación de ellas se acentúa cuando decrece el nivel y sólo quedan unidas por un estrecho canal. En consecuencia, en la zona este o eje recto, el flujo que se origina desde el influente hasta la cortina tiene una movilidad mayor que en la zona oeste, en esta última permanece el agua durante más tiempo, alcanzando un grado de depuración mayor. Todo ello justifica el que ésta sea en la que se detecta mayor frecuencia de la especie, además de ser en la que se inicia el desarrollo poblacional cada otoño y la que permite mayores volúmenes de captura temporada tras temporada.

Respecto a las concentraciones de OD, cabe destacar que aunque dentro del intervalo total en que se detecta *D. pulex*, 73% de las observaciones caen en el intervalo de 0.44 a 3.12 mg/L, esto es debido a que en general, los niveles de este

gas en la presa se mantienen por abajo de 4 mg/L, por lo que sólo ocasionalmente se encuentra a estos organismos asociados a elevadas concentraciones de OD, lo cual no significa que estén limitados por éstas. Los altos valores de este parámetro en la estación ocho son congruentes a su ubicación, ya que se encuentra tras la compuerta, lo que determina que al paso del agua por ésta sufra oxigenación.

Por otro lado, es evidente la resistencia de esta especie a bajas concentraciones de OD, ya que en el citado embalse puede tolerar hasta 0.44 mg/L. Se han descrito concentraciones mínimas toleradas por esta especie de 0.57 mg/L (Margalef 1974), 0.47 mg/L (Landon y Stasiak 1983) y aún menos de 0.30 mg/L (Chandler 1954). La tolerancia a tan bajas concentraciones de este gas es una respuesta propia de *D. pulex* como adaptación a ambientes poco estables, ya que otras especies del género que viven en cuerpos de agua relativamente estables tienen requerimientos del doble (Margalef 1974). Aunado a su capacidad de producir epifios, como estrategia para su supervivencia en embalses temporales o altamente fluctuantes, se encuentra su extraordinaria cualidad de incrementar la síntesis de hemoglobina cuando las condiciones de oxigenación resultan limitantes, lo que da a los individuos una coloración roja (Chandler 1954, Landon y Stasiak 1983). Se ha reconocido que el aumento en la producción de hemoglobina coincide con la detección de valores de OD menores a 3 mg/L, lo que alarga el tiempo de vida, eleva las velocidades de alimentación y de nado, además de acelerar la producción de huevos y el desarrollo embrionario; en cambio, a concentraciones superiores a 3 mg/L, *D. pulex* muestra pérdida de hemoglobina y por tanto de coloración (Fox *et al.* 1951).

En cuanto al pH registrado en la presa, parece no ser un factor limitante de *D. pulex*, ya que se encontró en un amplio intervalo de valores; además, de 7.4 a 8.3, fue el intervalo en el que se detectaron 82% de las observaciones; éste es coincidente con el descrito en otros trabajos para lograr la reproducción partenogénica (Davis y Ozburn 1969).

Las elevadas concentraciones de ST, SST y SDT, principalmente detectadas en la zona este de la presa, son esencialmente alóctonos, siendo una fracción de ellos materia orgánica susceptible de degradación cuyo origen es principalmente doméstico, agrícola y de algunas industrias como las destilerías; otra fracción la constituye la materia orgánica que proviene de industrias que aportan descargas con materiales no biodegradables e incluso tóxicos.

La gran cantidad de materia orgánica de diversos tipos, utilizada por bacterias principalmente, justifica los altos valores de DBO detectados y la oxidación química del material no metabolizable, las elevadas DQO. Además, el material en suspensión (tanto orgánico como inorgánico) tiene un efecto mecánico de sobrecarga de las estructuras filtradoras generando un sobretrabajo a los organismos (Margalef 1974).

Aunado a este creciente consumo de OD, la disminución en la penetración de luz por la gran cantidad de partículas en suspensión incide negativamente en el desarrollo de fitoplancton, lo que además de representar una disminución en el alimento eventualmente disponible para los organismos conduce a un menor aporte de OD de origen fitoplanctónico. Todo esto justifica la tendencia a condiciones de anoxia en el embalse.

D. pulex está presente en otras presas del Valle de Toluca (Elías 1982), lo mismo que en bordos y canales cercanos a la Presa Alzate, de modo que su distribución en la zona es uno de los elementos que determinó el que fuera capaz de colonizarla al construirse ésta; empero, la irrupción masiva y dominancia que registra años con

año, desde principios de los setentas es esencialmente una consecuencia de las perturbaciones introducidas por el hombre en el ecosistema.

La expansión acelerada de *D. pulex* tiene por causa última la alteración de las condiciones físicas y químicas del medio, resultantes de la creciente extracción de agua tanto superficial como subterránea a que está sometido el valle y del ingreso de aguas residuales industrial-urbanas (SRH 1971, Aramburu y Calderón 1979), esto ha modificado las características de su comunidad, simplificando el ecosistema y reduciendo tangiblemente el número de especies; situación a la que esta especie respondió ejerciendo su intrínseca capacidad de expansión. Resalta el que este proceso se dio justamente en la década en que se impulsó fuertemente el desarrollo industrial-urbano en la región.

Aspecto socioeconómico de la pesquería

La familia productora campesina, en tanto unidad socioeconómica de producción y consumo, tiene como recursos únicos sus medios de producción y la fuerza de trabajo para operarlos, por lo que dichos elementos no representan capital ni por la naturaleza del proceso en que se consumen, ni por el objetivo de éstos (Bartra 1979).

La actividad acuícola es efectivamente una forma de producción campesina que está inmersa en el sistema capitalista de producción con el que se interacciona. El carácter multiproductor de la familia campesina y la lógica de su economía son el soporte de la explotación a que los somete el sistema dominante.

El proceso productivo, donde el productor está en posesión de sus condiciones de producción, constituye así la premisa de explotación; y el mercado, al que acuden productores y capitalistas, es donde propiamente se consume la explotación. Esto determina que el proceso productivo esté caracterizado por un bajo grado de desarrollo de las fuerzas productivas, traducido en un incipiente nivel de desarrollo tecnológico, una alta inversión de fuerza de trabajo, bajas productividades y gran dependencia de factores ambientales.

La explotación que se da en la pesquería rebasa la de otras actividades campesinas como la agricultura, en la que el precio de garantía se fija ligeramente arriba del costo de producción, en tanto que en aquella el precio fijado por los acaparadores no lo cubre. Así, la reproducción de la actividad acuícola es posible debido a que está subvencionada por la economía familiar en su conjunto, lo que da por resultado la descapitalización extrema de ésta, a la vez que recrea las condiciones que permiten al acaparamiento seguir explotando el trabajo campesino (Vázquez *et al.* 1986). En resumen, la integración de la explotación del trabajo campesino y la extracción de recursos naturales valoriza al capital nacional e internacional. Este proceso se ha descrito como internacionalización del capital (Barkin y Suárez 1982).

La respuesta evidente ante esta superexplotación es la organización del grupo productor para buscar la venta directa. Este proceso de organización manifiesta el antagonismo entre dos grupos sociales; por un lado, los campesinos que intentan organizarse para retener en mayor medida su excedente y producir en mejores condiciones y, por otro lado, el monopolio comercial apoyado en el caciquismo rural y en el Estado, como aparato que garantiza los intereses del grupo social dominante.

A partir de la temporada 83-84 intervino el gobierno del Estado de México, a través de la Secretaría de Desarrollo Económico, comprando parte del volumen

de esa temporada con el objeto de resolver el problema inmediato de los productores mediante la venta del producto en el mercado externo a través del Consorcio de Comercio Exterior del Estado de México. Sin embargo, en la actualidad, las dos cooperativas tienen un convenio de exclusividad en la venta con ASTECA, empresa de participación estatal, quien ha vendido el producto los últimos dos años a uno de los acaparadores.

El deterioro de los recursos hidrológicos en el país es una de las numerosas resultantes de la subordinación que ejerce el desarrollo industrial sobre las demás actividades productivas. La agudización de la contradicción entre el desarrollo acuícola y el desarrollo industrial se acentúa en los estados de mayor industrialización; la problemática ambiental y productiva de la Presa José Antonio Alzate, y en general del sistema hidráulico del Alto Lerma, está incluida en este proceso global.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible por el apoyo que recibió del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los autores agradecen la colaboración de Prócoro Velázquez, Andrés Hernández, Sergio Solís, personal del laboratorio de aguas de la SEDAGRO, y Alejandro Martínez por la fotografía.

REFERENCIAS

- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association y Water Pollution Control Federation (1976). Standard Methods for the examination of water and waste-water. 14 th Ed. APHA, AWWA y WPCF. EUA 11193 p.
- Aramburu M. y Calderón R. (1979). Evaluación de la calidad del agua de la Presa José Antonio Alzate para su uso en la agricultura. Tesis licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Bacci B., Cognetti B. y Vaccari M. (1961). Endomeiosis and sex determination in *Daphnia pulex*. *Experientia* 17, 505-506.
- Barkin D. y Suárez B. (1982). *El fin de la autosuficiencia alimentaria*. Centro de Ecodesarrollo, Ed. Nueva Imagen, México, 207 p.
- Bartra A. (1979). *La explotación del trabajo campesino por el capital*. Ed. Macehual. México, 121 p.
- Brooks J. (1959). *Cladocera*. En: Edmonson, W. T. Ward y Whipple *Freshwater Biology*. Wiley, Nueva York, Cap. 27, pp. 587-656.
- Bunner H. y Halcrow K. (1977). Experimental induction of the production of ephippia by *Straus*. *Crustaceana* 32, 77-86.
- Chandler A. (1959). Causes of variation in the haemoglobin content of *Daphnia* (*Crustacea: Cladocera*) in nature. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 124, 625-630.
- Davison J. (1969). Activation of the ephippial egg of *Daphnia pulex*. *J. Gen. Physiol.* 53, 562-575.
- Davis P. y Ozburn G. (1969). pH tolerance of *Daphnia pulex* (Leydig, emend Richard). *Can. J. Zool.* 47, 1173-1175.
- DeMott W. (1983). Seasonal succession in a natural *Daphnia* assemblage. *Ecological Monographs* 53, 321-340.
- Edmonson W. y Litt A. (1982). *Daphnia* in lake Washington. *Limnol. Oceanogr.* 27, 272-293.
- Elfás M. (1982). Contribución al conocimiento de los cladóceros del Estado de México, con algunas notas ecológicas. Tesis licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Fox H., Bilchrist B. y Phear E. (1951). Functions of haemoglobin in *Daphnia*. Proc. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci. 138, 514-528.
- Hebert P. (1978). The population biology of *Daphnia* (Crustacea, Daphnidae). Biol. Rev. 53, 387-426.
- y Crease T. (1980). Clonal coexistence in *Daphnia pulex* (Leydig): another planktonic paradox. Science. 207, 1363-1365.
- y ——— (1983). Clonal diversity in populations of *Daphnia pulex* reproducing by obligate parthenogenesis. Heredity 51, 363-369.
- , Ward R. y Gibson J. (1972). Natural selection for enzyme variants among parthenogenetic *Daphnia magna*. Genet. Res. 19, 173-176.
- Landon M. y Stasiak R. (1983). *Daphnia* hemoglobin concentration as a function of depth and oxygen availability in Arco Lake, Minnesota. Limnol. Oceanogr. 28, 731-737.
- Margalef R. (1974). *Ecología*. Omega. Barcelona, España, 951 p.
- (1983). *Limnología*. Omega. Barcelona, España, 1010 p.
- Mellors W. (1975). Selective predation ephippial *Daphnia* and the resistance of ephippial eggs to digestion. Ecology. 56, 974-980.
- Neill W. (1978). Experimental studies on factors limiting colonization by *Daphnia pulex* Leydig of coastal montane lakes in British Columbia. Can. J. Zool. 56, 2498-2507.
- Ojima Y. (1958). A cytological study on the development and maturation of the parthenogenetic and sexual eggs of *Daphnia pulex*. Univ. Ann. Studies 6, 123-171.
- Reid G. y Wood R. (1976). *Ecology of inland waters and estuaries*. 2th. Ed. D. Van Nostrand, Nueva York, 485 p.
- Ruvinsky A. y Lobkov Yu. (1981). Esterase genes in *Daphnia pulex*: linked inheritance and genotypic distribution in natural populations. Theor. Appl. Genet. 60, 113-117.
- , ——— y Belyaev D. (1983). Spontaneous and induced activation of genes affecting the phenotypic expression of glucose 6-phosphate dehydrogenase in *Daphnia pulex*. Mol. Gen. Genet. 189, 485-489.
- , Cellarius S. y Cellarius Yu. (1978). The possible role of genome activity changes in the sex determination of *Daphnia pulex*. Theor. Appl. Genet. 52, 269-271.
- Schober U. y Lampert W. (1976). Effects of sublethal concentrations of a herbicide on *Daphnia*. Die Naturwissenschaften 63, 241.
- y ——— (1977). Effects of sublethal concentrations of the herbicide atrazin on growth and reproduction of *Daphnia pulex*. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 17, 269-277.
- Schultz T. (1977). Fine structure of the ephippium of *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). Trans. Amer. Microsc. Soc. 96, 313-321.
- y Kennedy J. (1976). Cytotoxic effects of the herbicide 3-amino-1,4-triazole on *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). Biol. Bull. 151, 370-385.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. (1980). Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. *Síntesis geográfica del Estado de México*. 174 p.
- (1983). Subdirección de Estudio y Consulta del Territorio Estatal. Subcartas esc. 1:5000. Toluca. México.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (1971). Estudio piloto para el control de la contaminación del agua del Río Lerma. Vol. III. México.
- Stross R. y Hill J. (1965). Diapause induction in *Daphnia* requires two stimuli. Science. 150, 1462-1464.
- y ——— (1968). Photoperiod control of winter diapause in the fresh-water crustacean, *Daphnia*. Biol. Bull. 134, 176-198.
- Tash J. (1964). The zooplankton of fresh and brackish waters of the Cape Thompson area, Alaska. Ph. D. Thesis. Univ. Kansas.
- Trentini M. (1980). Chromosome numbers of nine species of *Daphnidae* (Crustacea, Cladocera). Genetica 54, 221-223.
- US Environmental Protection Agency (1972). *Water quality criteria*. Washington, D. C. EUA. 594 p.
- Vázquez A., Macedo N. y Solís E. (1986). La pesquería de *Daphnia pulex* actividad productiva campesina al servicio de la valorización del capital. Universidad Autónoma del Estado de México. Cuad. Inv. 14, 331.
- Von Baldass F. (1941). Entwicklunk von *Daphnia pulex*. Zool. Jahrb. Anat. Ont. 67, 1-60.
- Walsh G., Bahner L. y Horning W. (1980). Toxicity of textile mill effluents to freshwater and estuarine algae crustaceans and fishes. Environ Pollut. Ser. A 21, 169-179.

- , Duke K. y Foster R. (1982). Algae and crustaceans as indicators of bioactivity of industrial wastes. *Water Res.* 16, 879-883.
- Walton V., Compton S., Allan J. y Daniels R. (1982). The effect of acid stress on survivorship and reproduction of *Daphnia pulex* (Crustacea: Cladocera). *Can. J. Zool.* 60, 573-579.
- Zaffagnini F. y Sabelli B. (1972). Karyologic observations on the maturation of the summer and winter eggs of *Daphnia pulex* and *Daphnia middendorffiana*. *Chromosoma.* 36, 193-203.