



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

Facultad de Ciencias  
División de Estudios de Posgrado

BIOLOGIA Y CULTIVO DE Artemia Franciscana EN EL  
EX LAGO DE TEXCOCO. DE ECATEPEC, ESTADO DE MEXICO

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS ( BIOLOGIA )

PRESENTA

THALÍA CASTRO BARRERA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FEDERICO ALBERTO ABREU-GROBOIS



## **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 está 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.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	4
III ANTECEDENTES	4
IV DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
V METODOLOGIA	17
A.- Características Biológicas	17
B.- Características del Cultivo	21
VI RESULTADOS	29
A.- Características Biológicas	29
B.- Cultivo Masivo de <i>Artemia</i>	36
VII DISCUSION	48
A.- Características de la Población	48
B.- Cultivo	51
VIII CONCLUSIONES	55
IX LITERATURA CITADA	57

## Biología y cultivo de *Artemia franciscana* en el ex lago de Texcoco, de Ecatepec, Estado de México

### RESUMEN

La cepa de *Artemia* en el Ex-Lago de Texcoco, originaria de la Bahía de San Francisco, California USA, se comparó con otras cepas de la especie *franciscana* y con otras especies del género *Artemia* en cuanto a: biometría y calidad de eclosión de los quistes, talla de nauplios y calidad nutricional de los adultos. Los nauplios y quistes descapsulados de la cepa de Texcoco fueron de mayor tamaño que los de la cepa original de la Bahía de San Francisco. Los quistes de *Artemia* de Texcoco tuvieron una eficiencia de eclosión de 263,000 nauplios/g, con una tasa de eclosión del 90% a las 29 horas y a 35‰ de salinidad.

Los organismos adultos, alimentados con *Spirulina* tuvieron más del 50% de proteínas, con todos los aminoácidos esenciales para nutrir peces y crustáceos. También se registraron contenidos altos de algunos ácidos grasos, de importancia para la alimentación de organismos acuáticos: linoleico, linoléico y araquidónico. Por estas propiedades, la cepa de *Artemia* de Texcoco se puede utilizar para alimentar especies de agua dulce, marina, homeotermos y poiquilotermos. Para usarse como alimento de larvas de organismos marinos, se recomienda enriquecer los nauplios con sustancias ricas en los ácidos grasos 20:5w3 y 22:6w3 los cuales son escasos en la *Artemia* producida.

Las temperaturas registradas en la zona del cultivo fueron: media anual 17.5°C; máxima 23.1°C y mínima 7.6°C. La precipitación pluvial anual fue de 679 mm.

El cultivo se desarrolló en un área de 0.17 ha dividida en seis estanques de concreto con diferentes dimensiones. El agua que se utilizó era salobre, extraída del subsuelo del Ex-Lago a una salinidad de 5‰. Esta se incrementó hasta 40‰ con sal obtenida del mismo lugar, la cual contenía 98.97% de cloruro de sodio.

En el cultivo se controlaron, la salinidad, 40 a 42‰; el pH, 7.5 a 8.5 y la alimentación con *Spirulina* fresca, en una proporción de + 1Kg/m<sup>3</sup>, procurando mantener una transparencia de 15 cm, durante 12 meses. Bajo estas condiciones se hicieron estimaciones periódicas de la densidad de nauplios, juveniles y adultos encontrando que para nauplios la máxima densidad fue de 2.5 g/l en agosto, la mínima de 0.2g/l en septiembre. Para juveniles la máxima densidad fue de 2.9 g/l, en diciembre y la mínima de 0.2 g/l, en marzo. Para adultos la máxima densidad fue de 3.3 g/l en diciembre y la mínima en promedio fue de 0.8 g/l en julio. La mayor densidad de nauplios se observó cuando la precipitación fue más cuantiosa (140 mm en agosto).

La densidad de los organismos adultos, por el contrario, fue menor bajo las condiciones señaladas, mientras que, cuando las temperaturas medias fueron bajas y la precipitación prácticamente estaba ausente, la densidad de los organismos de este estadio, fue mayor que la de los nauplios.

Los resultados descritos sugieren que la *Artemia* cultivada en el Ex-Lago de Texcoco y alimentada con *Spirulina* es susceptible de utilizarse para alimentar cualquier tipo de peces y crustáceos con la única limitante de las dimensiones de la boca de los organismos, sobre todo en el estadio larvario.

Por otra parte, se puede advertir que la población de *Artemia* de Texcoco es muy estable bajo las condiciones del cultivo estudiado, ofreciendo la posibilidad de producir biomasa durante todo el año.

## Biology and culture of *Artemia franciscana* in the former Texcoco Lake of Ecatepec, State of Mexico.

### ABSTRACT

The *Artemia* strain in the former Texcoco lake, native of San Francisco Bay Calif. USA, was compared with others strains of the *franciscana* specie and with others species of *Artemia* genus in regard to: biometric and hatch quality of the cysts, nauplii size and nutritional value of the adults. The nauplii and decapsulated cysts from Texcoco strain had larger size than the native strain from San Francisco Bay. The *Artemia* cysts from Texcoco had a hatch efficiency of 263,000 nauplii/g with a hatch rate of 90% at 29 h in a 35‰ of salinity.

The adults organisms, feeded with *Spirulina* had more than 50% of proteins with all the essential amino-acids to nourish fishes and crustaceans. Also high contents of some important fatty acids were registered for the feeding of aquatic organisms: linoleic, linolenic and arachidonic. The *Artemia* strain of Texcoco due to these properties can be used to feed fresh water and marine species, homothermal and poikilothermal. In order to use them as food for larvae of marine organisms, is recommended to enrich the nauplii with rich substances in fatty acids (20:5w3 and 22:6w3). Which are rare in the Texcoco *Artemia* production.

The register temperatures in the culture area were: 17.5°C annual media; 23.1°C maximum and 7.6°C minimum. The annual pluvial precipitation was 679 mm.

The culture was developed in a 0.17 has. area divided in six concret tanks with different dimentionns. The brackish water that was used was extracted from the underground of the former lake with a 5‰ of salinity. This salinity was increased up to 40‰ with salt obtained from the same place which contained 98.97% of sodium chlorined.

In this culture the salinity, 40 to 42‰; pH 7.5 to 8.5 and the feeding with fresh *Spirulina* in a proportion of 1 kg/m<sup>3</sup> trying to maintain a transparency of 15 cm were controlled during the 12 months. Under these conditions periodical estimations were done of the nauplii, juvenile and adults densities finding that the maximum density for nauplii was 2.5 g/l in August, and the minimum 0.2 g/l in September. The maximum density for juvenile was 2.9 g/l in December and minimum 0.2 g/l in March. The maximum density for adults was 3.3 g/l in December and the minimum average was 0.8 g/l in July. The maximum density of nauplii was register when the precipitation was more copious ( 140 mm in August).

By the contrary the density of the adults organisms was lesser under the pointed conditions, meanwhile when the temperatures were lower and the precipitation was almost absent, this stage was higher in density than the nauplii.

The above results described suggest that the cultivated *Artemia* in the former Texcoco lake feeded with *Spirulina* is susceptible to be use to feed any type of fish and crustacean with the only limitation of the organism's mouth dimentionns specially in the larvae stage.

Beside, it can be notice that the Texcoco's *Artemia* population is very stable under the studied conditions of the culture, offering the possibility to produce biomass during the whole year.

## I INTRODUCCION

La acuicultura juega un papel importante en la producción mundial de alimentos, de tal manera que compete, desde el punto de vista económico, con la pesca comercial, con la agricultura y la ganadería (Coll-Morales, 1983).

Información proveniente de la FAO (FAO, 1990), señala que para el período 1984-1989, la acuicultura se incrementó en un 68.2%. En 1989 la producción en la acuicultura se conformó principalmente por: algas marinas, carpas, camarón, tilapias, salmones, bagres y langostinos. El cultivo de crustáceos tuvo un incremento de 68.4% en el período 1984-1989, el de los peces aumentó un 69.0% y en tercer lugar los moluscos, con un 52.6% (New, 1991). Dentro de los crustáceos, el camarón es el que sobresale; en 1990 la producción mundial ascendió a 663 mil toneladas. Este dato muestra un incremento del 17%, con base en la cosecha de 1989, que fue de 565 mil toneladas. En México también se tiene una importante base para esta actividad: en 1990, se registraron 8,000 hectáreas para producción del camarón, con 70 granjas; de las cuales el 60% fueron del tipo extensivo, 35% del tipo semiintensivo y 5% del tipo intensivo. Además se reportaron siete laboratorios productores de postlarvas (Rosenberry, 1990).

Sin embargo, para estimular la acuicultura con especies carnívoras, el país debe apoyar el desarrollo de fuentes nutricionales, para evitar "cuellos de botella" en el crecimiento de la industria. Es en este renglón, donde la *Artemia* puede participar activamente como alimento, debido a sus características biológicas, tamaño, contenido nutricional y principalmente movilidad, que la convierten en un organismo con utilidad estratégica en la acuicultura.

La *Artemia* se consume por diferentes grupos de organismos, desde los celenterados, poliquetos, platelmintos, cnidarios, quetognatos hasta crustáceos y peces (May, 1970; Kinne, 1977; Sorgeloos, 1980). Kinne (1977) menciona que al 85% de los organismos marinos en cultivo, principalmente en estadios larvarios, se les ha suministrado *Artemia* como alimento, ya sea como complemento o como dieta única y, generalmente, registran excelentes resultados en cuanto a crecimiento y sobrevivencia.

La importancia de *Artemia* en la acuicultura, parte del descubrimiento de Seale (1933) en E.U.A. y Rollesfen (1939) en Noruega, los cuales utilizaron larvas "nauplio" como alimento para diversos organismos marinos y observaron que era de alto valor nutritiva. Cuando la acuicultura adquirió importancia mundial (Amat, 1985) la *Ar-*

*Artemia* jugó un papel importante en la nutrición de las especies acuáticas, a nivel comercial. En los cultivos en donde más se ha usado *Artemia*, es en los de crustáceos, especialmente camarón y langostino. Sobre estos organismos existen numerosos trabajos, los cuales han arrojado información importante para valorar e incrementar el uso de *Artemia* (Cadena *et al.*, 1982; Levine y Sulkin, 1984; Camara y De Madeiros, 1987; Flores, 1987; Léger *et al.*, 1987a; Leibonitz *et al.*, 1987; Watanabe, 1987; Yashiro, 1987 entre otros).

El uso de *Artemia* se ha incrementado y los nauplios se consideran como el mejor y, a veces, el único alimento vivo para las larvas de las especies carnívoras, en cultivo (Kinne y Rosenthal, 1977 y Bardach *et al.*, 1986). También es posible usar *Artemia* adulta que se compara, favorablemente, con diversos alimentos artificiales y balanceados en el cultivo de larvas de peces y postlarvas de crustáceos. Después de un tratamiento que tritura la biomasa (Botsford *et al.*, 1974; Kelly *et al.*, 1977; Sorgeloos, 1983) también puede utilizarse como componente de mezclas complejas.

En la acuicultura, la etapa de desarrollo de *Artemia* en que más se consume, es la de larva recién eclosionada. Es rápida y fácil de obtener, mediante una técnica sencilla de hidratación, a través de la cual se logran los nauplios en unas cuantas horas. La calidad de estos nauplios varía entre lotes y cepas de *Artemia*. Recientemente se ha comenzado a utilizar la *Artemia* adulta y juvenil, en la alimentación de especies, para el desarrollo de etapas más avanzadas, ya que contienen mayor cantidad de proteínas con aminoácidos esenciales (Sorgeloos *et al.*, 1986). La *Artemia* adulta se consume viva, congelada y seca, aunque los mejores resultados son de la *Artemia* viva, debido a que no provoca deterioro del agua (Conklin *et al.*, 1978).

En Japón se utiliza en el cultivo del camarón *Penaeus japonicus*, en el de los peces *Pagrus major*, *Acanthopagrus schlegeli* y *Seriola quinqueradiata* y en del lenguado *Paralichthys olivaceus* (Watanabe, 1987). La República Popular de China, la emplea en cultivos de camarón (Tackaert y Sorgeloos, 1991), además de Tailandia y Filipinas (Tarnchalanukit y Wongrat, 1987 y Jumalon *et al.*, 1987).

Actualmente, la acuicultura mundial presenta el problema de una deficiente disponibilidad de larvas, principalmente en los cultivos de camarón y de los peces marinos. Esto ha provocado que se intensifique la larvicultura. Entre las dietas a base de organismos vivos, los nauplios de *Artemia* constituyen el alimento más utilizado, por lo que se consumen anualmente más de 700 toneladas de quistes (Sorgeloos *et al.*, 1991).

En la década de los 70, cuando se intensificó el uso de los quistes de *Artemia*, se presentaron varios problemas: inicialmente, dado que sólo se comercializaba la cepa cosechada de las salinas de la Bahía de San Francisco, California USA., la producción resultó insuficiente en relación con la demanda, con variación en la calidad de los quistes, debido a deficiencias en los procesos de colecta y tratamiento de limpieza y almacenaje. Aun cuando posteriormente se comenzó a explotar la población del Gran Lago Salado de Utah, USA y la del Lago Litle Manitou, en Saskatchewan, Canadá; la calidad resultaba baja al no haber suficiente conocimiento científico de *Artemia*. Así mismo, no se tomaban en cuenta las características biométricas de las distintas cepas, que son determinantes para el uso apropiado en las especies que se cultivan. También faltaban estándares para valorar la calidad nutritiva de *Artemia*. Por otra parte, había desconocimiento de la acción que ejercían en las poblaciones de *Artemia*, los contaminantes y biocidas presentes en el medio y que afectan la calidad de los quistes y de los nauplios emergentes (Sorgeloos, 1980). La carencia de información sobre *Artemia*, ocasionó que se utilizaran lotes con altos contenidos de metales pesados y de plaguicidas (Olney *et al.*, 1980) o cepas que no contenían los nutrientes necesarios (Léger *et al.*, 1987a).

En la década de los 80 se dieron a conocer los diversos perfiles de contenido de ácidos grasos y aminoácidos de las distintas cepas (Fujita *et al.*, 1980; Watanabe *et al.*, 1980 y Léger *et al.*, 1986). También se manejaron los criterios de eclosión, que permiten seleccionar las cepas con mejores porcentajes (Sorgeloos *et al.*, 1986).

Por otra parte, al explotar diversas poblaciones silvestres de *Artemia* en el mundo, así como llevar a cabo inoculaciones en nuevos hábitats se ha ayudado a reducir precios, al haber mayores producciones y los productores han procurado mejorar la calidad de los quistes, mediante técnicas adecuadas de colecta, limpieza, desinfección, almacenaje y transportación.

En México, el conocimiento que se tiene de la *Artemia*, como alimento en la acuicultura, es principalmente en la producción de postlarvas para el cultivo del camarón, utilizando los nauplios. La *Artemia* adulta se emplea en el ámbito de la acuariofilia, principalmente en el Distrito Federal, en donde se encuentra ampliamente desarrollada esta actividad.

Debido a la escasa información en el país sobre los múltiples usos y beneficios que ofrece, se requiere impulsar y apoyar nuevas investigaciones sobre *Artemia*. En consecuencia,



el presente trabajo, aporta conocimientos biológicos y de cultivo, de una población introducida al altiplano mexicano, proveniente de la Bahía de San Francisco, California USA (Castro *et al.*, 1987a). El cultivo de *Artemia* en el Ex-Lago de Texcoco, Municipio de Ecatepec, Edo. de México, aprovechó los recursos secundarios disponibles del sistema industrial de la empresa Sosa Texcoco, localizada en la zona, que proporcionó alga *Spirulina*, agua salobre y sales minerales.

## II OBJETIVOS

Comparar las características biológicas: biometría y calidad de eclosión de los quistes, talla de los nauplios y calidad nutricional de los adultos de la población de *Artemia franciscana* del Ex-Lago de Texcoco, con aquellas cepas de la misma especie de otras partes del mundo y con otras especies del mismo género de *Artemia*.

Determinar la variación en la densidad de biomasa de *Artemia*, de diciembre 1989 a noviembre 1990, bajo condiciones controladas de pH, salinidad y alimentación.

## III ANTECEDENTES

*Artemia* por tener una amplia distribución en el mundo y por su importancia en la acuicultura, en la investigación y en la docencia, ha sido estudiada en diferentes aspectos de su biología, comportamiento y cultivo.

Los avances que se tienen sobre el conocimiento de este organismo, han sido objeto de dos reuniones técnicas mundiales celebradas en Corpus Christi, Texas, USA en 1980 y en Amberes Bélgica, en 1985. De igual manera se han incluido tópicos específicos sobre *Artemia* en otros importantes congresos: el "Simposio sobre cultivo de crustáceos" realizado en Sevilla, España, en noviembre de 1989; "la Conferencia Mundial sobre Crustáceos" realizada en Brisbane, Australia, en julio de 1990; "el Simposio Inter-

nacional sobre Biotecnología en Estanques Salados” realizado en Tianjin, República Popular de China en septiembre de 1990 y “El Simposio Internacional sobre Larvicultura de Peces y Crustáceos” realizado en Gante, Bélgica, en agosto de 1991.

Para una mejor comprensión de los aspectos que se van a tratar en este trabajo, se presentan los antecedentes siguientes:

### **Distribución geográfica.**

Las revisiones de Persoone y Sorgeloos (1980) y Vanhaecke *et al.* (1987) demostraron una amplia distribución de hábitats de *Artemia* en el mundo. Estos se localizan en zonas donde el exceso de evaporación favorece el establecimiento de lagos hipersalinos que son los que pueden ser colonizados naturalmente por la *Artemia*. Sorprendentemente, además de los biotopos, mejor conocidos en áreas tropicales y subtropicales, también se encuentran esparcidos en zonas templadas, como son el Gran Lago Salado (Utah, EUA) y el Lago Chaplin (Saskatchewan, Canadá). La composición del medio hipersalino en donde se encuentra la *Artemia* varía significativamente y se puede clasificar en dos grandes clases: las aguas talasohalinas y las atalashalinas. Las primeras son caracterizadas por contener cloruros, como el anión principal y una composición relativa de sales, como la del agua del mar. En las segundas, el anión principal es, generalmente, carbonato o sulfato y tienden a ser alcalinas, en particular las aguas carbonatadas. La amplia distribución de los biotopos de *Artemia*, abarcando las diferentes composiciones de sales es un reflejo de su capacidad de adaptación.

### **Características de la calidad de *Artemia*.**

Vanhaeck y Sorgeloos (1980) analizaron diversas cepas de *Artemia* y dieron a conocer las características biométricas, diámetro y grosor del corion en los quistes; talla y peso de los nauplios, características que se toman en cuenta en la selección de las cepas para la acuicultura.

Sorgeloos *et al.* (1986), señalaron que factores como la técnica de colecta de los quistes, su procesado y su almacenamiento, influyen directamente en su calidad. Por otra parte, resaltaron la ventaja de utilizar nauplios de talla grande con mayor peso y contenido energético, lo cual es favorable para las especies depredadoras.

Sorgeloos *et al.* (1986) y Castro y De Lara (1991) describieron técnicas para conocer la calidad de los quistes de *Artemia*, en cuanto a porcentaje, eficiencia y tasa de eclosión.

Léger *et al.* (1987a), observaron que el nauplio recién nacido debe suministrarse inmediatamente a las especies cultivadas por su mayor valor nutricional, en vez de los nauplios después de varias horas de nacidos. También señalaron que el nauplio es la etapa de *Artemia* más consumida en los programas acuícolas.

En cuanto a las características nutricionales, se han generado trabajos sobre contenido de ácidos grasos y aminoácidos, en diversas cepas de *Artemia*. Schauer *et al.* (1980) determinaron los lípidos totales, la composición de ácidos grasos y el contenido energético de los quistes y nauplios de varias poblaciones. Watanabe *et al.* (1980) señalaron dos grandes grupos de quistes, de acuerdo a su perfil de ácidos grasos: aquellos que son apropiados para alimentar a los organismos de agua dulce, con adecuados niveles de ácidos grasos 18:3w3 y los que son apropiados para los organismos marinos, con cantidades aceptables de los ácidos grasos 20:5w3 y 22:6w3.

Estudios multidisciplinarios en Japón (Watanabe *et al.*, 1983) y en Bélgica (Léger *et al.*, 1985 y 1987a) demostraron que la concentración del ácido graso eicosapentaenoico (20:5w3) en los nauplios de *Artemia*, determina un alto valor nutricional para peces y crustáceos marinos. Sorgeloos y Léger (1992) señalaron una sobrevivencia mayor en el camarón *Penaeus monodon*, cuando se le suministra *Artemia*, con altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados (w3).

En cuanto al perfil de aminoácidos hay menos estudios, por considerar que éstos no varían tanto como los ácidos grasos. Seidel *et al.* (1980) en cinco poblaciones de *Artemia* encontraron diferencias en el contenido de algunos aminoácidos, incluso a nivel de una misma población, que probablemente se deba a variaciones entre los diferentes lotes de colectas y también a la edad de los organismos. Sorgeloos (1980) señaló que el contenido de proteínas aumenta de 42% que hay en el nauplio al 60% en la etapa adulta.

Léger *et al.* (1986) hicieron una revisión de la literatura sobre la composición bioquímica y química de la *Artemia* y mencionan varias causas que provocan las variaciones en la composición química en las cepas de este crustáceo. Dentro de ellas están: métodos de extracción y de análisis, diferentes etapas de desarrollo y diferentes poblaciones geográficas.

Watanabe (1987) señaló que la *Artemia* en la etapa naupliar tiene bajos contenidos de algunos aminoácidos, mientras que en la etapa adulta es rica en ellos. Además señaló que la composición de aminoácidos en la proteína de *Artemia* se determina genéticamente.

En relación a la utilización de alimentos específicos que ayuda a mejorar la calidad nutricional de la *Artemia* se han llevado a cabo varios trabajos; dentro de ellos sobresalen los de Claus *et al.* (1979) que suministraron *Spirulina* y *Scenedesmus* a los nauplios de 48 horas de vida, de la población del Gran Lago Salado y de San Francisco y observaron que el crecimiento fué más rápido con *Spirulina*. Sick (1976) también relacionó la tasa de crecimiento de las larvas de *Artemia* y el contenido protéico de algas como alimento, con resultados semejantes a los de Claus *et al.* (1979).

Otros autores han utilizado *Artemia* enriquecida con alimentos ricos en proteínas, y ácidos grasos específicos para alimentar a especies, como: el camarón *Penaeus monodon* (Millamena *et al.*, 1988); el *Penaeus japonicus* (Guary *et al.*, 1976; Kanazawa *et al.*, 1979a, 1979b) el *P. stylirostris* (Léger *et al.*, 1985) y el crustáceo *Mysidopsis bahia* (Léger *et al.*, 1987b).

#### **Transplantes de cepas de *Artemia*.**

Margalef (1980) menciona que los transplantes e introducciones de especies, a veces llegan a causar graves daños en los ecosistemas a donde se exportan. Bardach *et al.* (1986) señalan introducciones de carpas y tilapias en diversos países y las adaptaciones a su nuevo medio, que a veces han llegado a desplazar a especies naturales. Sin embargo, debe reconocerse que algunos de estos intercambios resultan exitosos porque enriquecen el hábitat y traen consigo oportunidades benéficas al hombre.

Persoone y Sorgeloos (1980) mencionaron que *Artemia* además de tener una amplia distribución natural también había sido introducida y en la mayoría de las veces con éxito, estableciendo nuevas poblaciones, que han sido explotadas comercialmente.

En respuesta al incremento de la demanda de quistes de *Artemia* en la década de los 70, se experimentó la introducción de quistes provenientes principalmente de San Francisco, California, E.U.A. El primer registro que se tiene de esta actividad proviene de la laguna hipersalina en Christmas Island, en el Pacífico Central (Helfrich, 1973). En abril de 1977 se realizó una de las más espectaculares introducciones en 10 hectáreas de salinas en el estado Do Río Grande do Norte, en Brasil, con quistes de Bahía de San Francisco

(Camara y De Castro, 1983). En junio del mismo año, se observó que la *Artemia* ya había colonizado esta zona y se había extendido a las 90 hectáreas restantes de las salinas, alcanzando para diciembre del mismo año, una cosecha de una tonelada de quistes. Para 1979 estas salinas se encontraban produciendo 40 toneladas al año (Amat, 1985b).

Otras introducciones que se tienen registradas en la literatura, son las de Tailandia (Vos y Tansutapanit, 1979); las de Barotac Nuevo, en Filipinas (De los Santos *et al.*, 1980; Vos, 1981); las de la India (Persoone y Sorgeloos, 1980); más recientemente las del sur de la India (Basil *et al.*, 1987) y Yugoslavia (Majic y Vukadin, 1987).

En países como Tailandia, Filipinas, Indonesia y la India, la acuicultura se encuentra ampliamente desarrollada, y el emplear *Artemia* cultivada cerca de sus granjas de producción, ha provocado que los costos de alimentación se hayan reducido considerablemente (Tarnchalanukit y Wongrat, 1987; Jumalon *et al.*, 1987; Bhargava *et al.*, 1987).

Quynh y Lam (1987), introdujeron quistes provenientes de Macau, Brasil; del Gran Lago Salado, Utah, USA y de China, en estanques experimentales y los resultados han permitido establecer una población estable en las salinas de Cam Ranh, Vietnam.

En México, el caso más conocido es la introducción de *Artemia* al Ex Lago de Texcoco, Municipio de Ecatepec, Estado de México, con quistes provenientes de San Francisco, California (Castro *et al.*, 1987a).

La mayoría de las introducciones de *Artemia* que se tienen registradas se han realizado para ayudar al desarrollo de la nutrición en la acuicultura. Sin embargo, Sorgeloos *et al.* (1986) mencionaron la importancia de hacer estudios previos a las inoculaciones para no provocar posibles pérdidas de diversidad genética en poblaciones naturales. Esto mismo lo señalaron Geddes y Williams (1987) para Australia, donde las poblaciones naturales de *Parartemia* corren peligro de ser desplazadas por *Artemia* de la Bahía de San Francisco, introducida artificialmente.

#### **Sistemas de cultivo de *Artemia*.**

Los sistemas de cultivo que se manejan en la producción de *Artemia* se pueden clasificar como intensivos, extensivos y semi-intensivos. Para los primeros, Bossuyt y Sorgeloos (1980), en el Centro de Referencias de *Artemia*, en la Universidad del estado en Gante, Bélgica, desarrollaron varias técnicas en "sistemas de corriente rápida por aireación".

Este sistema permite obtener una producción de 5 a 7 kg de biomasa húmeda por 5 m<sup>3</sup> en 2 semanas, a una temperatura de 25°C. Las ventajas que presenta este sistema es que al operarse en lugar cerrado, el cultivo puede evitar depredadores y se controlan todos los parámetros: aire, alimentación, extracción de materia fecal y temperatura. La desventaja es el elevado costo, tanto en su construcción como en su operación y mantenimiento.

Los cultivos extensivos, se manejan a bajas densidades y consecuentemente producen no más de 500 kg de biomasa húmeda/ha/mes (Tailandia), debido a las limitaciones de alimento y a los bajos contenidos de nutrientes en las aguas. Este tipo de sistema, se desarrolla principalmente en los vasos evaporadores de las salinas y está sujeto a depredadores como aves e insectos. Como ejemplos de cultivos de este tipo son los desarrollados en Bangkok, Tailandia; Barotac Nuevo y Jaro, en Filipinas y Mundra en la India. Para estos cultivos se introdujeron quistes de la Bahía de San Francisco y solamente se utilizó la productividad natural como alimento y a veces, se fertilizó para aumentar la productividad. En América (Sorgeloos *et al.*, 1980), señalan al conjunto de salinas de Macau, Brasil, con quistes provenientes de San Francisco y cuya población se alimentaba con la productividad natural.

El tercer tipo de cultivo, el semi-intensivo, es el que se caracteriza por incluir algún control sobre algunas variables importantes como: alimentación, salinidad y pH. Estos cultivos están en lugares abiertos, en donde no se controla la temperatura, tanto del ambiente como del agua, la precipitación y el viento. Cultivos de este tipo se experimentan en países como Filipinas (De los Santos *et al.*, 1980; Jumalon *et al.*, 1987); en Vietnam (Quynh y Lam, 1987) y en la India (Bhargava *et al.*, 1987).

En el Continente Americano, se han hecho cultivos experimentales semi-intensivos, en Brasil (Camara y De Madoiros, 1987), en Costa Rica (Naegel, 1987) y en México (Castro *et al.*, 1987a).

### *Artemia* en Texcoco

La población de *Artemia* de esta zona ha sido estudiada desde aspectos biológicos hasta de cultivo. Castro *et al.* (1984) alimentaron esta cepa con *Spirulina* y Salvado de arroz en un cultivo semi intensivo al exterior, obteniendo un mejor crecimiento con la *Spirulina*; Castro *et al.* (1987a) describieron las condiciones físico químicas del lugar y señalaron las características ambientales y del cultivo de la *Artemia*. En 1987 Gallardo y Castro determinaron el número cromosómico de esta cepa, el cual es igual al de su

progenitora. También hicieron intercruzas de las cepas de Texcoco y San Francisco obteniendo descendientes fértiles en las dos siguientes generaciones; Enciso (1989) estudió las características morfométricas de esta población y las relaciones con la progenitora de San Francisco. Las mediciones fueron: anchura de la cabeza, distancia entre los ojos, longitud de las anténulas y de la furca, número de sedas, anchura del abdómen y anchura del saco ovífero en las hembras. Castro *et al.* (1990) mostraron la calidad nutricional de la *Artemia* alimentada con *Spirulina*. En 1982 Castro *et al* analizaron las características reproductivas de esta cepa y encontraron que la vida media fue de 80 a 90 días; la edad de madurez sexual de 15 a 20 días y el número de puestas y de descendientes fue de 13 y 116, respectivamente.

### *Spirulina* como alimento de *Artemia*.

Autores como Cognie (1976); Person-Le Ruyet (1976); Johnson (1980) y Douillet (1987) cuyos trabajos se realizaron en condiciones de laboratorio, compararon *Spirulina* con otro tipo de alimento para *Artemia* y sus resultados demostraron que esta alga proporcionó los mejores crecimientos y sobrevivencias. Sorgeloos, en Castro y Gallardo (1985) menciona que en el inicio del cultivo intensivo en Bélgica, se alimentaba a la *Artemia* con *Spirulina* seca, en polvo y se obtuvo un mejor crecimiento, una mejor calidad nutricional y mayor sobrevivencia. Sin embargo, por tener un precio elevado y ocasionar descomposición, al alterar la calidad del agua cuando el excedente se quedaba en el fondo de los estanques, la sustituyeron por alimentos con mayor estabilidad.

Castro *et al.* (1987a) obtuvieron resultados aceptables alimentando *Artemia* con *Spirulina* fresca, en un cultivo semi-intensivo, en el Ex- Lago de Texcoco, Estado de México y obtuvieron la madurez sexual, a los 17 días e individuos con 3.2 mg de peso y 9.7 mm en promedio de talla a los 29 días de nacido.

## IV DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

### Ubicación geográfica

La zona del Ex-Lago de Texcoco se localiza en el centro del país, en las coordenadas 19° 32' de latitud norte y 99° 00' longitud oeste, en el municipio de Ecatepec, Estado de

México, al noreste de la Ciudad de México. Esta ubicado en una planicie de pendientes menores al 1%, con una altura media sobre el nivel del mar de 2,250 m ( Fig. 1 ).

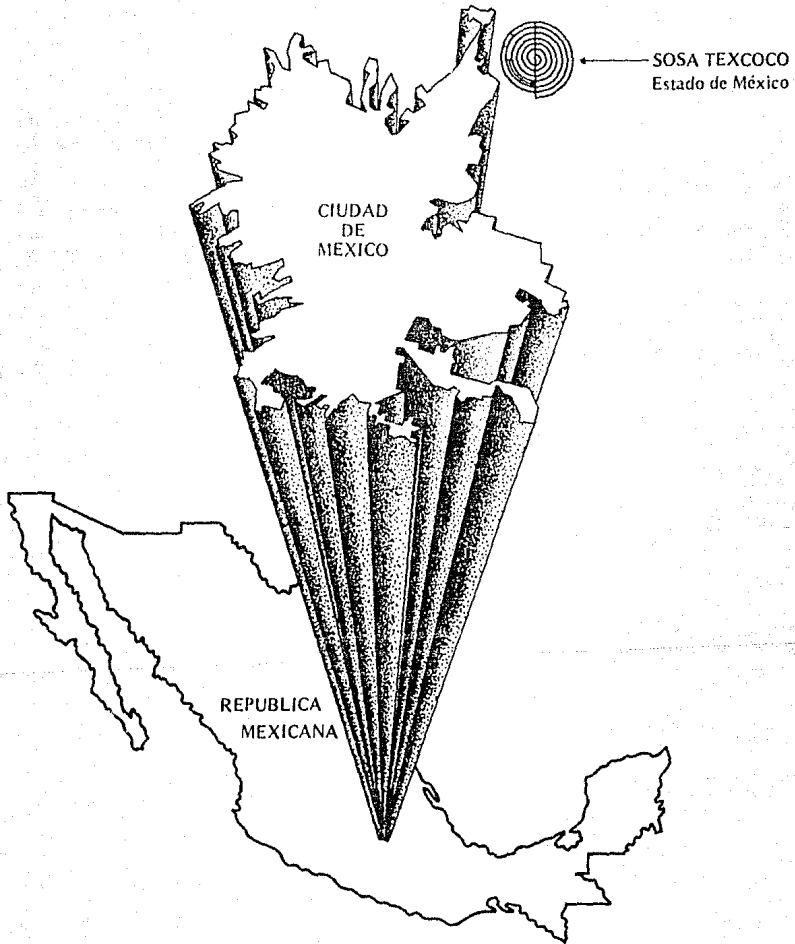


Fig. No. 1 Localización de la zona de estudio en el exlago de Texcoco, Ecatepec, Estado de México.



## Antecedentes históricos

El Lago de Texcoco jugó un papel importante en la vida de los antiguos moradores, antes de la conquista de México, por los españoles. Los aztecas, último grupo indígena que se asentó en el lugar, practicaban la caza de aves lacustres, comían y comercializaban el mosco llamado "axayácatl" (hemíptero acuático) así como su huevecillo "ahuahtle". También desarrollaban actividades de pesca y capturaban peces como: *Chirostoma*, *Atherinidos*, *Cyprinidos* y *Góbidos* (Briseño de la Hoz *et al.*, 1982). A partir de 1911, el lago fue experimentando desecaciones sucesivas y en él se inició el poblamiento humano gradual, lo cual se acentuó durante los años 40, con el inicio de la industrialización acelerada del país.

Actualmente la superficie que ocupa lo que se llama el Ex-Lago de Texcoco es de aproximadamente 8,200 hectáreas. Esta zona es federal y en ella se ha establecido una área protegida para las aves migratorias que llegan al Valle de México, desde el Canadá y Estados Unidos de América ( Huerta *et al.*, 1985 ).

## Características de los suelos.

Los materiales que forman los suelos de esta zona son principalmente de origen ígneo. Posterior a la desecación del lago, el viento ha erosionado las capas superficiales de los suelos, formando depósitos eólicos de arena, en forma de dunas o estratos laminares. Las arenas están compuestas por partículas de minerales arcillosos y sales como: cloruros, carbonatos y sulfatos de sodio y potasio. (Briseño de la Hoz *et al.*, 1982).

## Hidrología

Esta zona recibe aportación de varios afluentes. Del este, llegan los ríos San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, Santa Mónica y Coatepec. Estas corrientes son temporales y escasamente aportan agua al ex-lago porque son interceptadas por las poblaciones vecinas. Del sur convergen los ríos San Francisco, La Compañía, Amecameca y Churubusco. También recibe agua por las lluvias y por corrientes de aguas negras de la Ciudad de México y de la Ciudad Netzahualcoyotl.

Las aguas de esta zona del Ex-Lago de Texcoco son de naturaleza salobre y alcalina, debido a la acumulación de sales y evaporación interna, a los vientos que agitan la superficie y a la composición y concentración de sales minerales. Las soluciones salinas

que concentra, por evaporación, son el resultado de la filtración de la lluvia, a través de rocas volcánicas y acumuladas en depósitos subterráneos, que se encuentran de 20 a 50m bajo la superficie ( López, 1974 ).

Las aguas del Ex-Lago son alcalinas con pH de 9 a 11; provienen del nivel freático y ascienden por capilaridad. Posteriormente se evaporan, depositando en la superficie las sales que llevan en solución y que forman el "tequezquite": mezcla de carbonatos, cloruros y sulfatos ( López, 1974 ). En la zona del Ex-Lago de Texcoco se construyeron dos embalses, uno de 917 hectáreas llamado lago "Nabor Carrillo", en donde residen temporalmente las aves migratorias y locales. El otro de aproximadamente 300 hectáreas, llamado laguna "Xalapango". Durante la temporada de lluvias se inunda una superficie aproximada de 700 hectáreas, pero la mayor parte de esta superficie se seca totalmente y sólo unas 150 hectáreas se mantienen inundadas durante todo el año (Huerta *et al.*, 1985 ).

### **Clima**

El clima en la zona del estudio corresponde, según la clasificación de Koppen (modificado por García, 1988), a BS<sub>1</sub> KW(W)(i') seco estepario, con verano fresco y lluvioso. La temperatura máxima de entre los 30° a 32°C se alcanza de abril a junio y la mínima, alrededor de 2° y 5°C de enero-febrero. La temperatura media anual oscila entre 15° y 16°C ( López, 1974 ).

### **Precipitación**

El período de lluvias en la zona es de aproximadamente 6 meses, de mayo a octubre y un período seco, de noviembre a abril; el volumen de agua precipitada llega a alcanzar 603 mm. La precipitación se presenta de manera regular y de tipo torrencial. La estación meteorológica de la SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) del Centro del Ex Lago de Texcoco, señala para un período de 11 años (1967-1978), un promedio de precipitación media de 552 mm, máxima de 697 mm y mínima de 432 mm (Briseño de la Hoz *et al.*, 1982).

### **Evaporación**

La evaporación anual ha llegado hasta una máxima de 2,454 mm, con una media de 1,743 mm al año ( SARH, 1971 en: Briseño de la Hoz *et al.*, 1982 ). La SARH registra

que la cantidad de agua evaporada es tres veces mayor que la precipitación pluvial, lo que provoca una alta concentración de sales en la superficie del suelo, debido a las acarreadas por capilaridad desde el manto freático ( Briseño de la Hoz *et al.*, 1982 ).

### Vegetación

Entre las plantas acuáticas microscópicas de la zona, se encuentran, en su mayoría, algas cianofitas y clorofitas y los géneros dominantes son *Oscillatoria*, *Spirulina*, *Clamlydomonas*, *Nostoc*, *Ctenocladus*, *Nitzschia*, *Navicula* y *Amphora* sp. (López, 1974).

### Fauna

Huerta *et al* (1985) señalan que la fauna del Ex-Lago de Texcoco ha decrecido paulatinamente en los últimos años, debido principalmente a la expansión de las zonas urbanas de los alrededores, al deterioro del medio y a la persecución y caza de los organismos. De las 134 especies de aves, 68 son de hábitos acuáticos y en cuanto a los peces, mencionan que todavía se conserva la especie *Gyrardinichtys viviparus*, el “pescadito amarillo”.

Los insectos juegan un papel importante en la zona, no solamente para mantener un equilibrio ecológico, sino como proveedores de alimento, en particular para las aves acuáticas (Huerta *et al.*, 1985). De los insectos se encuentran los hemípteros acuáticos, cuyos huevecillos reciben el nombre de “ahuautle”, “axayácatl” ó “axaxayacatl” y se consumen predominantemente en la localidad: *Corisella texcocana*, *C. mercenaria*, *C. edulis*, *Notonecta unifasciata*, *Ahuahutlea mexicana*. También existe la “mosca de las salinas” *Ephydra hyans* cuyas larvas son comidas por los campesinos (Huerta *et al.*, 1985).

Los crustáceos que se presentan en los cuerpos de agua de la zona son los géneros: *Gammarus*, *Cambarellus* y *Daphnia*. Estos organismos se comercializan como alimento humano y para peces de ornato. (Briseño de la Hoz *et al.*, 1982 y Huerta *et al.*, 1985 ).

### Area de Trabajo

El lugar donde se llevó a cabo este trabajo, se encuentra ubicado en el complejo industrial Sosa Texcoco, S.A. de C.V., el cual obtuvo en 1944 una concesión del Gobierno Federal, para explotar las salmueras alcalinas del subsuelo del Ex-Lago, durante 50 años.

Desde que se inauguró esta compañía, en 1948, se ha dedicado a producir carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y en menor proporción sosa cáustica ( $\text{NaOH}$ ). La mayor cantidad de agua extraída, mediante pozos a profundidades de 30 m, es de tipo alcalino y la empresa la utiliza para el cultivo del alga *Spirulina* y para el proceso industrial de la obtención de los carbonatos sódicos. Sin embargo, existen otros pozos, cercanos a la planta industrial de 90 m de profundidad que extraen agua ligeramente salobre (5‰) (Sosa Texcoco, 1976 y Santillán *com pers.*, 1990).

En 1967, Sosa Texcoco, en colaboración con otras instituciones, inició un programa de investigación con el alga espirulina (*Spirulina maxima*), nativa de las aguas alcalinas del Valle de México, con el propósito de llegar a cultivarla y aprovecharla industrialmente. A principios de la década de los 70, Sosa Texcoco fue la más importante productora de espirulina en el mundo.

La superficie donde se trabajó el cultivo de *Artemia* fue de 0.17 ha con 6 estanques de concreto, diseñados por la empresa Sosa Texcoco para los ensayos de cultivo de espirulina y abandonados en 1974, por cambiarse a una planta piloto semi-industrial. Esta superficie se localiza entre las salinas y la actual planta productora de espirulina. Además del área de estanques se contaba con una caseta de madera de 50 m<sup>2</sup>, en donde había un pequeño laboratorio de 4 m<sup>2</sup>, con dos piletas de concreto de 0.5 m<sup>2</sup> cada una; una oficina de 6 m<sup>2</sup> y una área de almacenamiento de 40 m<sup>2</sup>. Se tenían todos los servicios: corriente eléctrica, agua no potable que surtía la planta y una compresora de 5 HP. (Fig. 2).

#### **Antecedentes de la población de *Artemia* de Texcoco.**

En 1975 personal de la empresa Sosa Texcoco introdujo quistes de *Artemia franciscana* provenientes de la Bahía de San Francisco, California, U.S.A., en los estanques utilizados, en un principio, para el cultivo de *Spirulina* (Claudio Santillán *com pers.*, 1982). Existe información de que se obtuvieron buenos resultados del cultivo de *Artemia* y que, sin embargo, este cultivo se abandonó debido a cambios en las políticas de la compañía; pero la población del crustáceo se adaptó y permaneció, a pesar de no recibir cuidado alguno.

En 1982 la Universidad Autónoma Metropolitana estableció un convenio con la Compañía Sosa Texcoco, para utilizar estas instalaciones y llevar a cabo trabajos de investigación y de docencia con la población de *Artemia* existente. La labor realizada

en este lugar se ha dado a conocer en varias publicaciones (Castro *et al.*, 1984; Castro *et al.*, 1987a; 1987b; Gallardo y Castro, 1987; Enciso, 1989; Castro *et al.*, 1990).

## V METODOLOGIA

### A CARACTERISTICAS BIOLOGICAS.

Los quistes de *Artemia* que se utilizaron en la mayoría de los experimentos fueron colectados en noviembre de 1983, de los estanques de cultivo en Texcoco y guardados en frascos de vidrio de 1,000 ml con salmuera a 300 g de NaCl/litro (proveniente de los vasos evaporadores de sal de la Compañía Sosa Texcoco). Para el experimento de calidad de eclosión, se emplearon además lotes colectados en junio de 1987, marzo de 1989 y noviembre de 1990.

El agua de mar sintética que se utilizó en el laboratorio para todos los experimentos, se preparó siguiendo la fórmula de Kramer y Wiedermann (Stein, 1973).

#### 1.- QUISTES :

##### 1.1.- Diámetro del quiste hidratado.

En cinco cajas de Petri de 10 cm de diámetro se colocaron en cada una 0.1 g de quistes y 10 ml de agua destilada, a temperatura de 27°C y luz constante, con una lámpara de 75 watts durante 60 minutos, tiempo suficiente para hidratar los quistes (Sorgeloos, 1973). Se tomó de cada caja 100 quistes y se midió su diámetro con la ayuda de un microscopio estereoscópico (American Optical), dotado de ocular y reglilla micrométrica. Las mediciones obtenidas se procesaron usando el programa BMDP, rutina 2D (1979), para contraste de medias y para la prueba de "T" se usó la fórmula de Zar (1974) :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

##### 1.2.- Diámetro del quiste descapsulado.

Se siguió la misma técnica de los quistes hidratados y, posteriormente, se usó el método de descapsulación para eliminar el corion con hipoclorito de sodio con 5 g de producto activo de cloro (Abreu-Grobois, 1983). Se colocaron 100 quistes hidratados en cada

una de cinco cajas y se agregó, 10 ml de esta solución. Se mantuvieron en agitación aproximadamente 10 minutos hasta obtener el color naranja característico de los embriones. Después se lavaron con una solución al 1% de tiosulfato de sodio como neutralizador y se enjuagaron con agua destilada. Los quistes ya descapsulados se midieron tomando 10 de cada caja y se les aplicó el mismo tratamiento estadístico que para los quistes hidratados.

### 1.3.- Grosor del corion.

Para determinar el grosor del corion del quiste, se sacó la diferencia entre el diámetro del quiste hidratado y el diámetro del quiste descapsulado. El dato se obtuvo de los 50 quistes que se muestrearon para los experimentos anteriores.

### 1.4.- Porcentaje de eclosión.

Para determinar la calidad de los quistes de Texcoco se utilizaron lotes colectados en diferentes años: noviembre 1983; junio 1987; marzo 1989 y noviembre 1990.

Tomando en cuenta las recomendaciones de Sorgeloos (1980) para calcular el porcentaje de eclosión, se trabajó con 2 salinidades: 5, 35 ‰, a 27°C, un pH de 8, con iluminación de 75 watts y aireación constante durante 48 horas.

Se llevaron a cabo 3 repeticiones en cada intervalo de salinidad, con 100 quistes en buen estado (sin impurezas ni rotos) y se depositaron en cajas de Petri de 10 cm de diámetro, y 10 ml de agua. Pasadas las 48 horas se contaron los nauplios que emergieron de cada 100 quistes.

### 1.5.- Eficiencia de Eclosión.

Este término significa el número de nauplios que emergen por cada gramo de quistes secos. Las condiciones que se siguieron para su incubación fueron las recomendadas por Sorgeloos *et al* (1986).

En frascos de vidrio transparente de 500 ml de capacidad se colocaron tres repeticiones de 0.2 g de quistes y 400 ml de agua a 35 ‰, con un pH de 8, a 27°C, aire e iluminación (75 watts) continua durante 48 horas. De cada triplicado se tomaron 50 muestras de 0.1 ml con una micropipeta de 100 ml y se observaron al microscopio estereoscópico,

contándose directamente los nauplios emergentes al final del período. Los resultados de cada frasco se extrapolaron a un gramo de quistes.

### 1.6.- Tasa de eclosión.

Según el criterio de Sorgeloos *et al.* (1986), que consiste en cuantificar los siguientes intervalos: el tiempo que tarda en emerger el primer nauplio  $T_0$ ; el tiempo que toma en salir el 10% del total de los nauplios  $T_{10}$ ; y el tiempo en que aparece el 90% del total de los nauplios  $T_{90}$ . Estos datos permiten conocer la sincronía de eclosión ( $T_s$ ).

$$T_s = T_{90} - T_{10}$$

Para obtener los valores se observaron los quistes cada hora, hasta obtener el 100% de la eclosión. Con los datos se calcularon los valores de  $T_{90}$ ,  $T_{10}$  y  $T_s$ . Este experimento se realizó por triplicado y se obtuvo un promedio.

## 2.- NAUPLIOS :

### 2.1.- Talla

Recién eclosionado el quiste se determinó la talla de nauplio siguiendo la metodología de Vanhaecke y Sorgeloos (1980). Los nauplios se cosecharon cuando se alcanzó el 90% de eclosión. Se tomaron 500 ejemplares en etapa I, se fijaron en una solución de lugol al 5% y se determinó su talla (de la cabeza al final del abdómen), con un microscopio estereoscópico de reglilla micrométrica.

A los datos obtenidos se les sacó la media, la desviación estándar y el intervalo de confianza. Se hizo una comparación de dos medias de varianzas desiguales, con el estadístico  $t'$  (Dowdy y Wearden, 1983).

$$t' = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$g1 = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$$



### 3.- ADULTOS :

#### 3.1.- Calidad nutricional

Para conocer la calidad nutricional de los adultos de la población de Texcoco, se hicieron los análisis bromatológicos de ácidos grasos y de aminoácidos. Las determinaciones se hicieron en el laboratorio de Centro de Diagnóstico y de Producción de Biológicos de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Para el estudio bromatológico, se secaron 40 g/peso húmedo de *Artemia* adulta, en una estufa a 35°C durante 12 horas, produciendo cuatro gramos de peso seco. Se hicieron análisis de cuatro muestras, con una réplica cada una. Las muestras fueron tomadas en febrero, mayo, septiembre y noviembre. El análisis bromatológico que se siguió fue con el método descrito por la A.O.A.C. (1975) para proteína cruda, extracto etéreo o grasa cruda, fibra cruda, cenizas y humedad.

Para determinar los ácidos grasos (ésteres metílicos FAME), se aplicó la técnica de cromatografía de gases (FAME) (Mc Nair y Bonelli, 1969). Se utilizó un cromatógrafo marca Varian Aerograph, serie 1400, con una columna de 1/8" de diámetro y 1.5 m de largo, de empaque OV-101 al 1.5% con inyección de 0.5 ml de muestra disuelta en cloroformo y una temperatura programada de 140°C a 270°C con un incremento de 6°/minuto.

El análisis de aminoácidos se realizó en un gramo de *Artemia* seca colectada en mayo y se siguió la técnica de cromatografía de líquidos de alta presión, en resina de intercambio catiónico, diluido con un gradiente de amortiguadores de pH de 3.1 a 5.6 y de 0.2M a 2M de citrato (Beckman, 1985). Se empleó el analizador automático marca Beckman System Gold 6300.

## B.- CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

### 1.- Características de los estanques

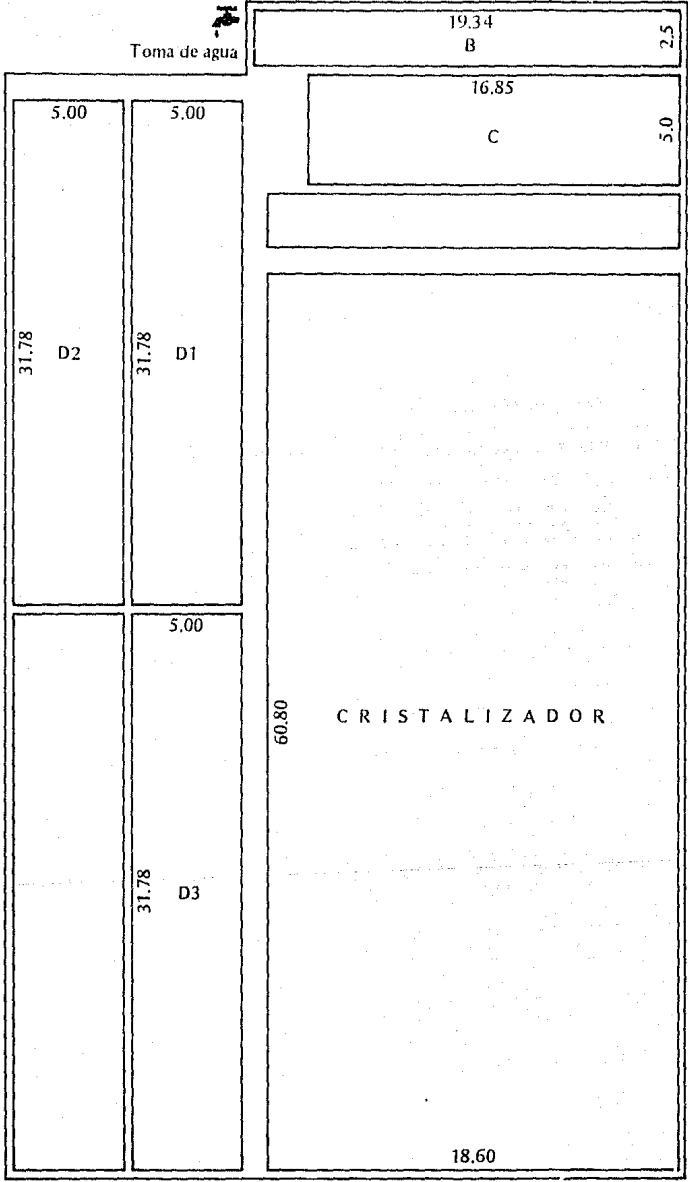
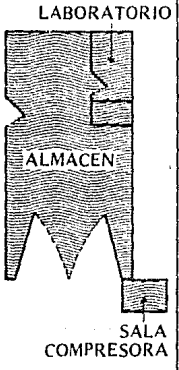
El cultivo de *Artemia franciscana*, se llevo a cabo en seis estanques de cemento con dimensiones diferentes cada uno. El estanque D<sub>3</sub> presentó filtraciones en julio, por lo que la población se colectó y pasó a un estanque cercano al lugar del cultivo. A continuación se presentan las dimensiones y algunas características del agua: aforo y volumen.

Tabla 1.- Dimensiones y volumen de los estanques utilizados en el cultivo

ESTANQUE	Largo (m)	Ancho (m)	Aforo de Agua (m)	Volumen de agua (litros)	Porcentaje del volumen total
B	19.34	2.50	0.25	12,087	2.34
C	16.85	5.00	0.25	21,075	4.08
D1	31.78	5.00	0.30	47,670	9.24
D2	31.78	5.00	0.30	47,670	9.24
D3	31.78	5.00	0.30	47,670	9.24
Cristalizador	60.80	18.60	0.30	339,264	65.82
Total				515.436	100.00

Durante el año se controló la salinidad dentro de un rango de 40 a 42‰ y el pH de 7.5 a 8.5. La salinidad se controló por medio de adiciones de sal disuelta a los estanques (40 g/l de agua dulce). Para estabilizar el pH se añadió bicarbonato de sodio en proporción de 2 g/l (Castro y Gallardo, 1985). Los estanques estaban distribuidos en un área de 0.17 ha (Fig. 2 y 3)

Toma de agua



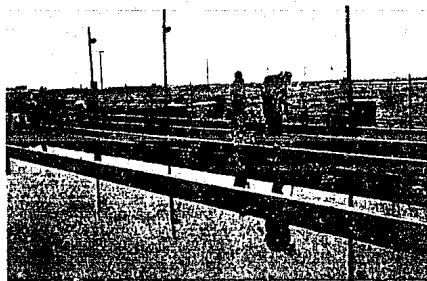
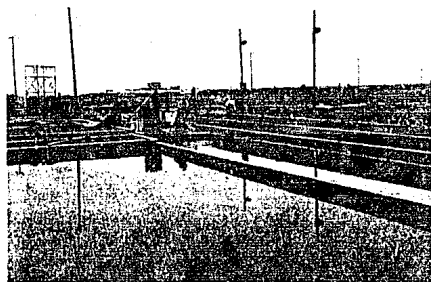
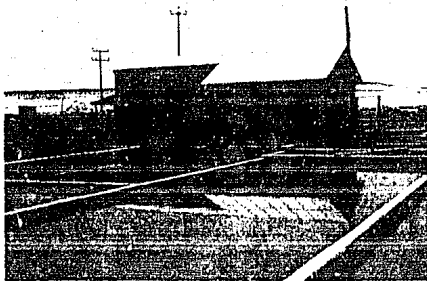
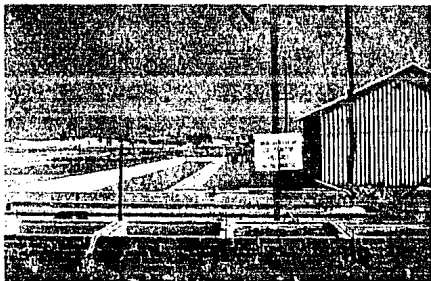


Fig. No. 3 Estanques de cultivo de *Artemia* en el exlago de Texcoco, Ecatepec, Estado de México, vistos desde diferentes ángulos y grados de acercamiento.

Para los experimentos realizados en este trabajo se colectó el total de la población ya existente de *Artemia* en los estanques con redes de forma cónica de 1 m de largo, con 30 cm de diámetro en la boca y de 0.10 mm de luz de malla, y se almacenó temporalmente en un estanque de servicio. Los estanques fueron entonces vaciados, limpiados y esterilizados con cloro (1 l de cloro marca Cloralex : 10 l de agua). Se mantuvieron secos durante una semana y posteriormente fueron lavados con el agua salobre que sería utilizada para el cultivo, previo a ser reimplantados con la población de *Artemia*.

## 2.- Características del agua

Las aguas subterráneas del ex-Lago de Texcoco son alcalinas (López, 1974), aunque las utilizadas en el cultivo de *Artemia* provinieron de un depósito de aguas dulces, con baja cantidad de cloruros (Lab. de Análisis Químicos de Sosa Texcoco S.A., Charles *com pers* 1992). Para el cultivo de *Artemia* se utilizó agua salobre extraída de los pozos de 5‰ de salinidad, la cual contenía como anión principal el cloro y a la que, por solo tener 5‰ fue necesario agregar la sal producida en Sosa Texcoco, como subproducto del proceso extractivo de carbonatos. Esto permitió una combinación adecuada para el desarrollo y permanencia de la población de *Artemia*. No hubo recambio total de agua en todo el año de cultivo.

El análisis del medio de cultivo se presenta a continuación :

Tabla 2.- Análisis del agua utilizada en el cultivo.

ELEMENTO	COMPOSICION (mg/l)
Cloro (Cl)	1,438
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	610
Carbonato (CO <sub>3</sub> )	48
Calcio (Ca)	322
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	26
Silicato (SiO <sub>2</sub> )	77
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	1,840
Conductividad	3,900 OMS/cm
pH	7.6

Laboratorio de Química de la Compañía Sosa Texcoco, 1983. Según métodos de prueba estándares de la ASTM (1980).

Las variables de salinidad y pH se mantuvieron dentro del intervalo de 40 a 42 de salinidad y de 7.5 a 8.5 respectivamente. Por experiencias en la zona, se conoce que cuando la salinidad baja de 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub> surge la población del insecto *Corixa*, depredador de *Artemia*, motivo por el cual se tuvo cuidado con el control de esta variable.

### 3.- Características de la sal

La sal que se utilizó para lograr 40<sup>0</sup>/<sub>00</sub> en los estanques, se produjo en los evaporadores de la Compañía Sosa Texcoco, aledaños a la zona de cultivo, con la siguiente composición.

Tabla 3.- Análisis de la sal.

ELEMENTO	COMPOSICION (%)
Cloruro de sodio (1) (NaCl)	98.97
Carbonato (2) (CO <sub>3</sub> )	0.2625
Bicarbonato (2) (HCO <sub>3</sub> )	0.0254
Potasio (3) (K)	1.3720
Sulfato (2) (SO <sub>4</sub> )	0.0266
Calcio (2) (Ca)	0.0101
Fósforo (3) (PO <sub>4</sub> )	0.0008
Silicato (2) (SiO <sub>2</sub> )	0.0543
Magnesio (2) (Mg)	0.0014
Aluminio (3) (Al)	0.0013
Hierro (3) (Fe)	0.0017
<b>Humedad</b>	
máxima	19.79
promedio	7.58
mínima	1.15

Laboratorio de química de la Compañía Sosa Texcoco, 1983.

(1) según el método de Merck Standars (1971)

(2) según los métodos de la ASTM (1980)

(3) según los métodos de la ACS (1974).

El tiempo que tardó en disolverse la sal en el agua de los estanques fue, en promedio, dos semanas.

#### 4.- Fertilización

Pasadas las dos semanas de haber disuelto la sal, se fertilizaron los estanques con "gallinaza" seca (excremento de gallina) en concentración de 0.25 g/l. La gallinaza se colocó en costales de malla con luz de 0.1 cm y se introdujeron en los estanques. Después de aproximadamente 14 días, la materia orgánica se degradó y el agua tomó una coloración amarillenta. Los costales se extrajeron y se reemplazaron una vez por mes.

#### 5.- Alimento

La *Spirulina* que se utilizó, se obtenía de la banda de recolección de la planta procesadora de la Compañía Sosa Texcoco. Se suministró en proporción de  $\pm 1$  Kg (peso húmedo) por  $m^3$  ó hasta alcanzar 15 cm de transparencia en los estanques; medición que se hacía cada tercer día, con un disco de Sechi de 30 cm de diámetro. Cuando la transparencia aumentaba 15 cm, se volvía a inocular la *Spirulina* para mantener el nivel de turbidez adecuado. Se procuró tener disponibilidad de alimento constantemente en los estanques. La primera vez que el alga *Spirulina* se inoculó en los estanques, se dejó una semana para que creciera.

#### 6.- Densidad de población inicial

Después de la semana de inoculada el alga, se agregó la *Artemia* que se había colectado de los estanques. La población introducida estuvo constituida por organismos en diferentes etapas de desarrollo. La densidad que se procuró tener al inicio fue de 3.5 g/l o  $3.5 \text{ Kg/m}^3$  en todos los estanques. Se regresó la población al estanque D<sub>3</sub> después de haber sido reparado y se reinició con una densidad de 3.5 g/l.

#### 7.- Parámetros físico químicos y biológicos.

Diariamente se registraron los parámetros físico-químicos del agua: la temperatura con termómetros de escala -10° a 110°C; la salinidad, con un refractómetro marca American Optical, con escala de 0-160‰. Se procuró efectuar estas mediciones a las 10:00 a.m., cada cuatro metros, en el perímetro de cada estanque, para de estos obtener una media. Al mismo tiempo se anotaban las condiciones ambientales como: temperatura ambiente (mínima y máxima), la temperatura del agua y la precipitación pluvial.

Cada tercer día, aproximadamente a las 11:00 a.m.; previa agitación del agua para conseguir la homogenización en la distribución de la *Artemia*, se llevó a cabo un muestreo sistemático, cada cuatro metros, alrededor de cada estanque. Las muestras de un litro cada una, se vaciaron en una cubeta, se homogenizaron y se tomó un litro para contar los organismos, registrándose así la etapa de desarrollo alcanzada. Con la ayuda de una pipeta Pasteur se seleccionaron las tres etapas registradas en este cultivo: nauplio, juvenil y adulto. Los criterios para determinar estas etapas fueron: para adultos machos, los apéndices prensiles y el ovisaco en la hembra adulta. Para la etapa de juvenil la presencia de algunos de los toracópodos, sin tener todavía la diferenciación sexual. Para facilitar el conteo de la etapa naupliar, se tomó en cuenta aquellos organismos que presentaron el primer par de antenas desarrollado y ausencia total de los toracópodos. Después de separados los organismos por etapas, se contaron y estos datos se extrapolaron al volumen total del estanque.

Para medir la densidad de la población, los organismos presentes en el litro de la muestra tomada de la cubeta, se pasaban por una red de cuchara de 10 cm de diámetro, con una luz de malla de 0.10 mm y se pesaron en una balanza granataria OHAUS, de un platillo y triple brazo, con capacidad de 2,650 g. Con los datos registrados, se calculó la biomasa en kilogramos, por metro cúbico.

A continuación se presenta el número de muestras que se tomaron cada tercer día en los estanques :

Tabla 4.- Número de muestras tomada por estanque

Estanque	No. de muestras
B	11
C	11
D1	18
D2	18
D3	18
Cristalizador	40



## **8.- Extracciones.**

Paralelamente a este estudio, se realizaron extracciones de *Artemia* adulta en los estanques. Las extracciones no fueron sistemáticas y las cantidades extraídas eran variables, éstas colectas se efectuaban después de que los muestreos periódicos indicaban que la población se encontraba en una densidad mayor de 3.5 g/l ó 3.5 kg/m<sup>3</sup>.

La extracción se hacía con una red tipo “cuchara”, con abertura de la boca de 30 cm de diámetro y luz de malla de tres milímetros, la colecta se hacía en el perímetro del estanque.

## **9.- Procesamiento de los datos.**

Los datos obtenidos de la población en los estanques, así como los parámetros ambientales, fueron graficados con el paquete Harvard Graphics versión 2.3.

Para determinar la variación de la temperatura del agua en los estanques, en función de la temperatura media del ambiente y la precipitación pluvial, se hizo una regresión lineal múltiple y se determinó el coeficiente de correlación de Pearson, de dichas variables, utilizando el paquete Lotus 123, versión 2.0.

## VI RESULTADOS

Para facilitar los análisis de los datos obtenidos con la cepa de Texcoco, los resultados se agruparon en dos apartados: A).- Características biológicas y B).- Características del cultivo. Se compararon estos resultados con los de la cepa original de San Francisco, California USA y ambos se relacionaron con los datos de otras poblaciones de *Artemia*, que han sido estudiadas en otras partes del mundo.

### A. - Características Biológicas

Las características biológicas siguen una secuencia en relación con las etapas de desarrollo de *Artemia*.

#### 1.- Quistes

Se compararon los quistes producidos en Texcoco con los de San Francisco, California, en donde se utilizó el mismo tamaño de muestra citado por Cowgill *et al.* (1987). Posteriormente, para determinar si habían diferencias significativas, se utilizó la prueba "t", para varianzas desiguales (heterocedásticas), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.- Diámetro promedio (x) en micras de quistes de *Artemia* de Texcoco y de San Francisco .

	TEXCOCO	SAN FRANCISCO <sup>1</sup>
x	234.8	237.4
s	1.58	14.6
s <sup>2</sup>	2.496	213.2
n	100.00	100.0

<sup>1</sup> Cowgill *et al.* (1987)

Al aplicar la prueba de t para los diámetros promedio de los quistes de las dos poblaciones, con varianzas desiguales, se obtuvo un valor de  $t = 0.1$ . Debido a que este valor es menor que el de  $t_{0.10, 99} = 1.2901$  queda demostrado que con un grado de confiabilidad de 90% no hay diferencia significativa en el tamaño.

En el Tabla 6 se compara el diámetro de los quistes hidratados, descapsulados y el grosor del corion de la población de Texcoco, con otras poblaciones registradas en el mundo pudiéndose clasificar ésta, dentro de las cepas con quistes pequeños, tanto hidratados como descapsulados. Los quistes de Texcoco son mucho más homogéneos

Tabla 6.- Promedios de datos biométricos de quistes de varias poblaciones de *Artemia* sp.

CEPA (especie)	Diámetro Quiste Hidratado (micras)	Desviación estándar (micras)	Diámetro Quiste Descapsulado (micras)	Desviación estándar (micras)	Grosor del Corion (micras)
Macau, Brasil ( <i>A. franciscana</i> )	227.4	11.9	213.2	11.3	7.10
Texcoco ( <i>A. franciscana</i> )	234.8	1.58	224.8	1.58	5.00
San Francisco ( <i>A. franciscana</i> )	237.4	14.6	212.1	11.3	8.30
Canadá-Lago Chaplin ( <i>A. franciscana</i> )	240.0	16.1	229.3	15.1	5.35
Venezuela.Pto Araya ( <i>A. franciscana</i> )	246.7	12.7	226.5	12.7	10.10
USA-GLS ( <i>A. franciscana</i> )	252.5	13.0	241.6	13.2	5.45
Argentina-Buenos Aires ( <i>A. persimilis</i> )	283.8	13.2	217.4	13.9	10.40
España-San Lucar ( <i>A. partenogenética</i> )	253.6	11.7	237.1	12.2	8.25
China ( <i>A. partenogenética</i> )	267.0	19.8	246.6	18.9	10.20
India-Tuticorin ( <i>A. partenogenética</i> )	283.8	10.2	262.0	11.0	10.90
Italia-Margarita di Savoia ( <i>A. partenogenética</i> )	284.9	14.6	266.4	14.8	9.30

Nota: Los datos fueron tomados de Vanhaecke y Sorgeloos (1980), con excepción de la cepa de San Francisco de Cowgill *et al.* (1987) y la de Texcoco, aportación de este trabajo.

en su diámetro, como se puede constatar por el valor de la desviación estándar, que es una décima parte de los valores en las otras cepas. El grosor del corion de los quistes de Texcoco fue el más pequeño de todas estas poblaciones.

Aunque el lote de quistes de Texcoco que se utilizó para los experimentos descritos en el presente trabajo fue el colectado en noviembre de 1983, la calidad de eclosión de la cepa fue también determinada para varios lotes adicionales.

Tabla 7. - Eclosión de los quistes de *Artemia franciscana* de Texcoco comparada con la de San Francisco y otras poblaciones.

Lote de quistes de <i>Artemia</i> y fecha de colecta (especie)	Porcentaje de Eclosión		Eficiencia de Eclosión a 35‰	Tasa de Eclosión a 35‰			
	5‰	35‰		T <sub>0</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>20</sub>	T <sub>s</sub>
Texcoco ( <i>A. franciscana</i> )							
Noviembre 83	38.3	44.8	263,000	20	21	29	8
Junio 87	36.0	36.7					
Marzo 89	82.7	87.5					
Noviembre 90	83.0	90.0					
San Francisco ( <i>A. franciscana</i> )	68.0	71.4	259,200	16.4	16.9	23.2	6.3
San Pablo Bay, USA ( <i>A. franciscana</i> )	87.6	84.3	259,200	13.9	15.1	20.1	5.0
Macau, Brasil ( <i>A. franciscana</i> )	86.4	82.0	304,000	15.7	19.3	23.7	4.4
Barotac Nuevo, Filipinas ( <i>A. franciscana</i> )	82.1	78.0	214,000	14.7	15.7	22.0	6.3
Gran Lago Salado, Utah ( <i>A. franciscana</i> )	45.3	43.9	106,000	14.1	14.7	21.7	7.0
Lago Chaplin, Canadá ( <i>A. franciscana</i> )	52.2	19.5	65,600	14.3	15.7	33.0	17.3
Buenos Aires, Argentina ( <i>A. persimilis</i> )	73.2	62.8	193,600	16.1	17.3	22.6	5.3
Tientsin, China ( <i>A. partenogenética</i> )	75.0	73.5	129,600	16.0	17.1	27.2	10.1
Margarita di Savoia, Italia ( <i>A. partenogenética</i> )	76.4	77.4	137,600	18.7	20.0	25.3	5.3
Lavalduc, Francia ( <i>A. partenogenética</i> )	77.2	75.8	182,400	19.5	20.5	30.5	10.0

Nota: Los datos son tomados de Sorgeloos *et al.* (1986), excepto Texcoco que es aportación de este trabajo.

En la Tabla 7 se compara el efecto de la salinidad (5‰ y 35‰) sobre la eclosión de los quistes de Texcoco y la de otras poblaciones. A diferencia de algunas de las otras

poblaciones, cuyos quistes eclosionan mejor a 5<sup>o</sup>/<sub>00</sub> (ej. Chaplin), la cepa de Texcoco eclosionó casi igual a 35<sup>o</sup>/<sub>00</sub> que a 5<sup>o</sup>/<sub>00</sub>. Adicionalmente, su eficiencia de eclosión (263,000) se encuentra entre las mejores registradas.

## 2.- Nauplios

En la tabla 8 se observa que la talla promedio de los nauplios de Texcoco es de las más grandes registradas de la especie franciscana, acercándose a la talla de los nauplios de Colombia. Con respecto a la de San Francisco la diferencia, 48 micras, es significativa y hay evidencias suficientes para decir que ambas cepas son diferentes, en cuanto al tamaño promedio del nauplio, a un nivel de significancia del 99% ( $t = 20.95$ ). La cepa más próxima a la de Texcoco, en cuanto al tamaño del nauplio, es la de Colombia, cuya diferencia, en tamaño promedio, no es significativa a un nivel de significancia del 99% ( $t = 0.3405$ ).

Tabla 8.- Talla de nauplios de *Artemia* de Texcoco y otras cepas.

Especie	Cepa	Media (micras)	Desviación Estándar
<i>A. franciscana</i>	Macau, Brasil	429	23.4
<i>A. franciscana</i>	Filipinas	429	28.2
<i>A. franciscana</i>	San Francisco, USA	431	23.7
<i>A. franciscana</i>	San Pablo Bay, USA	433	26.5
<i>A. franciscana</i>	Bahía Salinas, Puerto Rico	452	21.8
<i>A. franciscana</i>	Puerto Araya, Venezuela	474	31.8
<i>A. franciscana</i>	Texcoco, México	479 <sup>1</sup>	16.8
<i>A. franciscana</i>	Galerazamba, Colombia	480	31.1
<i>A. franciscana</i>	Gran Lago Salado, Utah, USA	489	29.2
<i>A. persimilis</i>	Buenos Aires, Argentina	431	28.7
<i>A. partenogenética</i>	Shark Bay, Australia	458	16.1
<i>A. partenogenética</i>	Tientsin, China	493	37.2
<i>A. partenogenética</i>	Margarita di Savoia, Italia	517	29.5

1.-Intervalo de confianza ( $\alpha = 0.1$ ) =  $479 \pm 1.2381$  y para  $\alpha = 0.05$  es de  $479 \pm 1.476$

Nota: Los datos de todas las cepas, excepto la de Texcoco se tomaron de Vanhaecke y Sorgeloos (1980) y reportan un tamaño de muestra de  $n = 120$ . Para texcoco fue de  $n = 500$ .

### 3.- Adultos

#### 3.1.- Valor nutricional

Se evaluó la calidad nutricional de la biomasa de adultos proveniente de las cosechas de los estanques, usando varios criterios expuestos a continuación.

##### 3.1.1.- Análisis bromatológico

Los valores nutricionales de *Artemia* de Texcoco, alimentada con *Spirulina* fresca, se compararon con los obtenidos de la población de San Francisco y con otras poblaciones. No se tiene información sobre ningún análisis de poblaciones de *Artemia*, alimentadas con esta alga cianofita fresca. La *Artemia* alimentada con *Spirulina* fresca o seca, contiene mayor porcentaje de proteínas que la alimentada con salvado de arroz y que la silvestre, que se alimenta de las poblaciones fitoplanctónicas del medio. De la misma manera cuando la *Artemia* se alimenta con salvado de arroz, el análisis muestra un alto contenido de carbohidratos (Tabla 9).

Tabla 9.- Análisis bromatológico de *Artemia* adulta de Texcoco comparada con otras cepas.

	<i>Artemia</i> de Texcoco alimentada con <i>Spirulina</i> fresca. Peso seco (%)	<i>Artemia</i> de San Francisco alimentada 7 días con <i>Spirulina</i> seca (1) (%)	<i>Artemia</i> de San Francisco alimentada con Salvado de arroz (2) (%)	<i>Artemia</i> de San Francisco silvestre (2) (%)
Proteínas	58.40	62.5	13.69	53.25
Carbohidratos	21.16	n.d.	60.70	27.64
Fibras	2.14	n.d.	n.d.	n.d.
Grasas	7.23	10.8	6.54	3.37
Cenizas	8.71	19.1	10.77	11.16
Humedad	2.50	n.d.	8.30	4.58
TOTALES	100.00	92.4	100.00	100.00

(1) Léger *et al.*, 1986

(2) Rosinvali y Simpson, 1987

n.d. = no determinado

### 3.1.2.- Aminoácidos

En la tabla 10 se muestran los requerimientos de aminoácidos esenciales para peces y crustáceos. También el contenido de los mismos aminoácidos en los adultos de la cepa de Texcoco y de otras dos poblaciones. Se observa que, con excepción de la cisteína, las tres cepas de *Artemia* cubren los requerimientos de aminoácidos para peces y crustáceos en general.

Tabla 10.-Requerimientos de aminoácidos en peces y crustáceos y contenido de éstos en tres cepas de *Artemia*. (g de aminoácidos/100 g de proteína en base seca).

Aminoácido	Requerimientos de aminoácidos		<i>Artemia</i> de Texcoco alimentada con <i>Spirulina</i>	<i>Artemia</i> de San Francisco silvestre (2)	<i>Artemia</i> de Utah (3)
	Peces (1)	Crustáceos (1)			
Arginina	2.37	2.98	4.61	6.5	4.4
Histidina	1.00	0.85	2.22	1.8	2.1
Isoleucina	1.54	1.31	3.91	5.3	4.6
Leucina	2.81	2.69	4.02	8.8	7.4
Lisina	3.25	2.83	4.28	7.6	7.8
Metionina	1.06	1.04	1.87	2.7	2.1
Cisteína	0.38	0.52	0.23	2.2	n.d.
Fenilalanina	1.60	1.48	2.92	4.7	4.0
Tirosina	1.27	1.50	2.63	4.5	2.7
Treonina	1.77	1.85	2.86	4.6	4.4
Triptófano	0.33	0.52	3.79	1.9	n.d.
Valina	1.83	1.62	1.69	5.4	5.0

(1) Tacon (1987), dieta al 55% de proteína

(2) Léger *et al.* (1986)

(3) Léger *et al.* (1986), 14 días con salvado de arroz

n.d. = no determinado

### 3.1.3.- Ácidos grasos

Los resultados de ácidos grasos de la cepa de *Artemia* de Texcoco se presentan en la tabla 11 y se comparan con los de la cepa de San Francisco y de dos cepas de lagos interiores (Gran Lago Salado, Utah y Lago Mono, California). También se muestran los valores de ácidos grasos registrados en el alga *Spirulina* y en *Chaetoceros*.

En los porcentajes de ácidos grasos, extraídos de *Artemia* adulta de Texcoco se encontraron diferencias, al compararlos con los resultados de las cepas de San Francisco y de Utah, cultivadas con diferente alimento y con la cepa silvestre del lago Mono. En los análisis de los ácidos grasos de *Artemia* y de *Spirulina* de Texcoco se registró el ácido araquidónico (20:4w6), ácido esencial, precursor de las prostaglandinas y que norma la acción de varias hormonas; así como el ácido linoleico (18:2w6) que es un precursor de este ácido.

Tabla 11.-Comparación de los siete ácidos grasos más importantes (% del total de lípidos) en cepas de *Artemia*.

CEPAS DE <i>Artemia</i>	ALIMENTO SUMINISTRADO	ÁCIDOS GRASOS						
		16:00	16:1w7	18:1w9	18:2w6	18:3w3	20:5w3	20:4w6
Texcoco, Edo. de México	<i>Spirulina</i> fresca	14.4	13.6	37.6	12.2	11.3	---	0.82
San Francisco, CA.(1)	<i>Chaetoceros</i>	15.5	19.4	30.6	2.8	3.9	12.7	--
Gran Lago Salado, UT(1)	<i>Chaetoceros</i>	11.7	22.5	17.2	5.0	0.9	18.6	--
Lago Mono, CA.(2)	Silvestre	17.0	14.5	38.8	3.9	7.4	5.9	--
<i>Spirulina</i> de Texcoco (3) en polvo		32.8	12.1	2.3	19.1	25.2	0.2	--
<i>Spirulina</i> de Texcoco (4)		35.6	10.2	1.7	6.00	--	--	19.4
<i>Chaetoceros</i> (2)		11.6	44.9	18.4	0.70	0.50	12.0	

(1) Sorgeloos *et al.*, 1986

(2) Léger *et al.*, 1986

(3) Fujita *et al.*, 1980

(4) Castro *et al.*, 1990



Por su importancia, resaltan los ácidos grasos esenciales (AGE) como el linoleico (18:2w6); linolénico (18:3w3); eicosapentaenoico (20:5w3) y araquidónico (20:4w6). En comparación con los resultados para *Artemia*, alimentada con *Chaetoceros*, la de Texcoco contiene un elevado porcentaje de los dos primeros, fiel reflejo de la composición de su alimento (*Spirulina*).

## B. Cultivo masivo de ARTEMIA .

El cultivo de *Artemia franciscana* en Texcoco, fue atractivo por presentar las siguientes características :

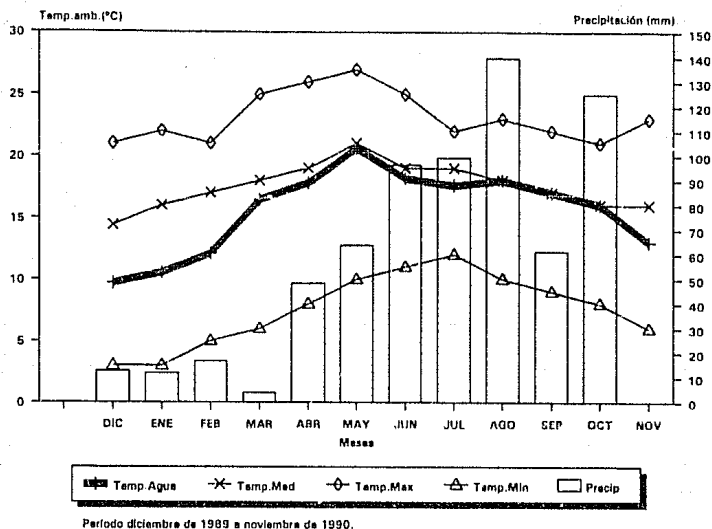
- 1.- Cepa introducida, proveniente de un habitat marino de clima templado.
- 2.- Adaptación a un lugar de 2,250 m sobre el nivel del mar.
- 3.- Cultivada en un área con alta contaminación del aire.
- 4.- Un habitat con producción de sal, propicio para el desarrollo de la *Artemia* .
- 5.- Producción de *Spirulina*, alimento potencial para la *Artemia*, en cantidades industriales.

Los datos que aquí se presentan son los resultados de un ciclo anual de cultivo semi-intensivo de *Artemia* y cubren el periodo del 1º de diciembre de 1989 al 30 de noviembre de 1990. Los parámetros controlados en los estanques fueron salinidad, pH y alimentación; quedando el cultivo susceptible a las condiciones climáticas de la zona.

### 1.- Características ambientales

En la figura 4, se presentan los datos de los factores ambientales de la zona del Ex-Lago de Texcoco, la cual se ve afectada por intervalos amplios de temperatura ambiente durante el día. Así, en diciembre la temperatura fluctuó 18°C, desde un valor mínimo de 3°C hasta un máximo de 21°C. En los meses en donde se acortó esta diferencia fue en junio y julio; en el primero, las temperaturas variaron de 11°C, como mínima, hasta 25°C como máxima, siendo la diferencia de 14°C. Para el segundo, el promedio de la mínima fue de 12°C y la máxima de 22°C, habiendo una diferencia de 10°C.

Fig. 4.- Características ambientales en la zona de cultivo.



En cuanto a la precipitación pluvial se observó que en agosto fue la mayor con 140 mm y octubre con 125 mm. Los meses con más días de lluvia, fueron junio, julio y agosto con 20, 19 y 21 días respectivamente. En octubre de 1990 se registró en un sólo día (12 de octubre) 61.2 mm, por lo cual ocupó el segundo lugar en precipitación, aunque solo tuvo 11 días con lluvia.

La precipitación pluvial y la temperatura media del ambiente presentaron una baja correlación ( $r = 0.34$ ).

La temperatura del agua en los estanques de cultivo varió ligeramente de un mes a otro, con una desviación estándar de 3.25 anual. De febrero a marzo se elevó 4°C, debido, posiblemente, a la poca precipitación pluvial y a la elevación de la temperatura en el ambiente. De abril a mayo también se observó un incremento de casi 3°C y, aunque en este mes la precipitación pluvial se elevó, la temperatura ambiente fue la más alta del año.

Por los resultados, se observa que la temperatura del agua en los estanques se vio afectada, tanto por la temperatura media del ambiente como por la precipitación pluvial. La temperatura de los estanques varió en paralelo con la del ambiente, como se deduce por el alto valor del coeficiente de correlación ( $r = 0.93$ ).

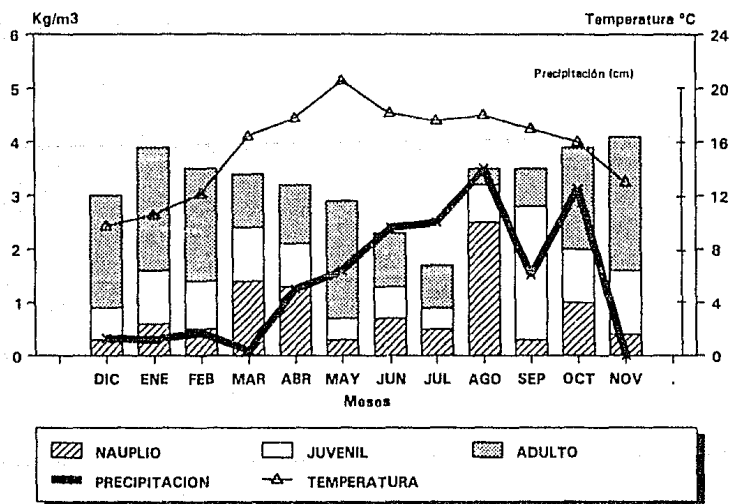
## 2.- Características de la población

El cultivo se inició con una población heterogénea de *Artemia*, compuesta por nauplios, juveniles y adultos.

En las siguientes figuras se muestran las densidades mensuales de biomasa total, en cada estanque, así como la de nauplios, juveniles y adultos y su relación con la temperatura del agua y la precipitación pluvial, que fueron las dos variables ambientales que más influyeron en la población.

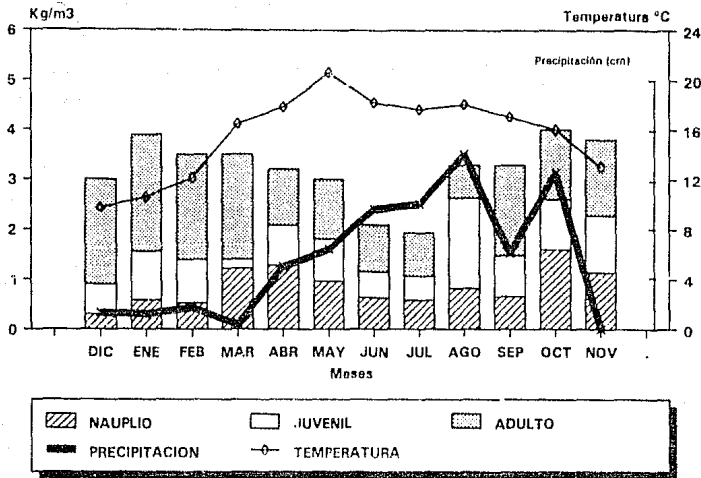
Fig. 5.- Variación temporal y por estanque de la densidad total, de adultos, juveniles y nauplios de *Artemia* y factores ambientales ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

### a) Estanque B

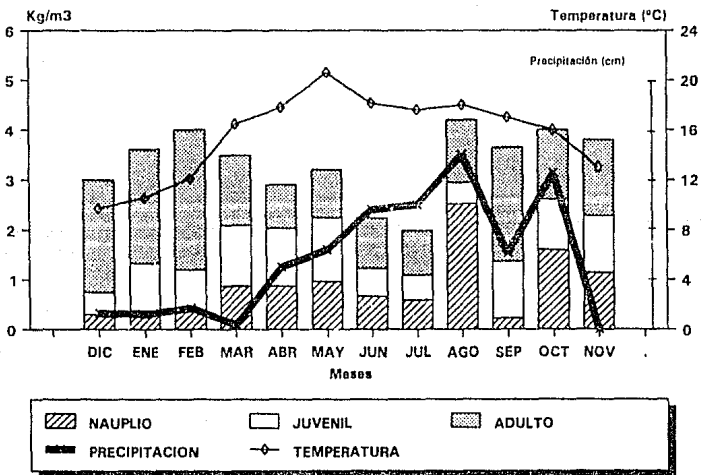


Continuación, variación temporal .....

b) Estanque C

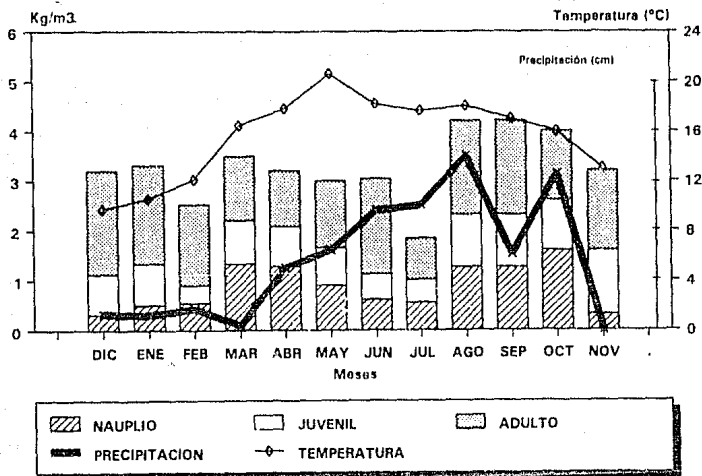


c) Estanque D<sub>1</sub>

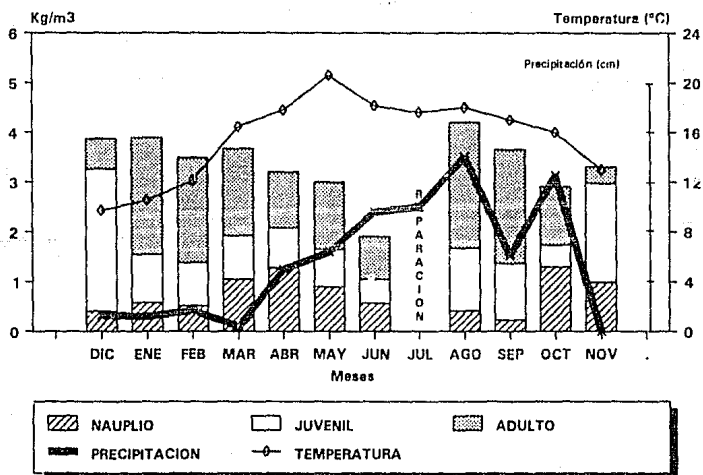


Continuación, variación temporal .....

## d) Estanque D2

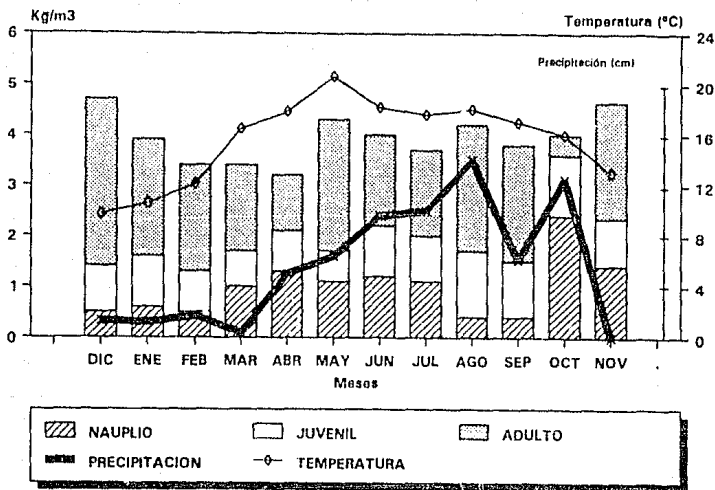


## e) Estanque D3



Continuación, variación temporal.....

f) Estanque Cristalizador



La densidad total en todos los estanques se mantuvo casi constante en el año, con excepción de junio y julio, los meses más lluviosos del año. Las densidades de las tres etapas registradas fluctuaron considerablemente durante el año.

La etapa naupliar tuvo su mayor densidad en agosto y en octubre, meses en los que se registró la precipitación más intensa.

La etapa juvenil se mostró casi en todo el año con un promedio que oscilaba entre la densidad de los adultos y de los nauplios. En agosto y septiembre aumentó su densidad (fig. 5 a y b).

La etapa adulta dominó en densidad en el período de diciembre a febrero, en mayo y en noviembre y se redujo en junio y julio, época de inicio propiamente dicho de lluvias.

Como se demuestra en esta serie de figuras, la variación en la densidad de adultos sigue una relación inversa con los cambios de temperatura y precipitación pluvial; así, cuando aumenta la temperatura disminuye la densidad de adultos, en el período de diciembre a abril; mientras que, cuando la temperatura disminuye aumenta la densidad. En cuanto

a la precipitación pluvial, se observa que en el período de junio a agosto al aumentar la precipitación, disminuye la densidad de adultos y viceversa.

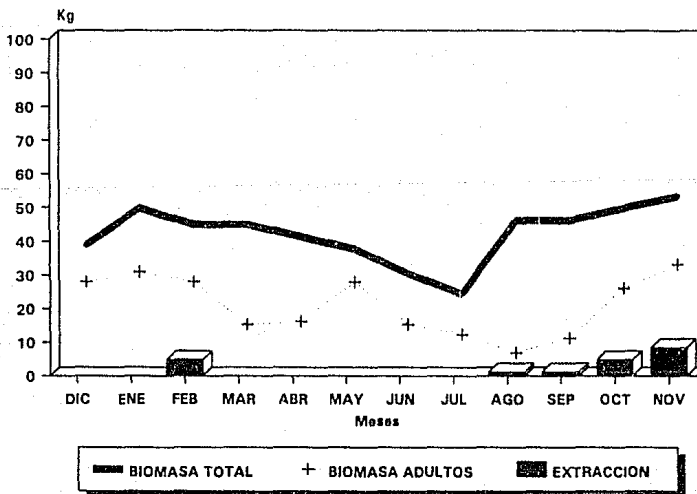
Con respecto a los nauplios, la relación entre la densidad de éstos y los factores climáticos mencionados, a diferencia de los adultos, es directa. En el período de diciembre a abril al incrementarse la temperatura, se aumenta la densidad de nauplios. En agosto y octubre cuando se presenta la máxima precipitación también los nauplios alcanzan la mayor densidad.

### 3.- Biomasa total y de adultos de *Artemia* y volúmenes de extracción.

En la Figura 6 (a-f) se muestran las fluctuaciones de la biomasa total y la biomasa de adultos, por estanque, a través de los 12 meses del cultivo. Así mismo, se ilustran las cantidades de biomasa extraídas esporádicamente.

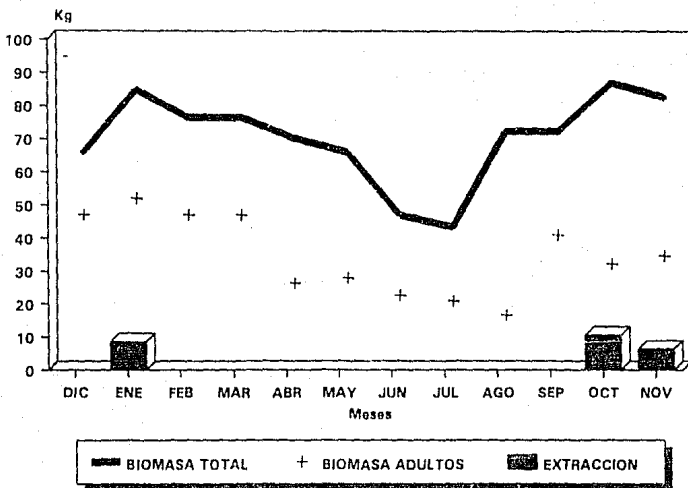
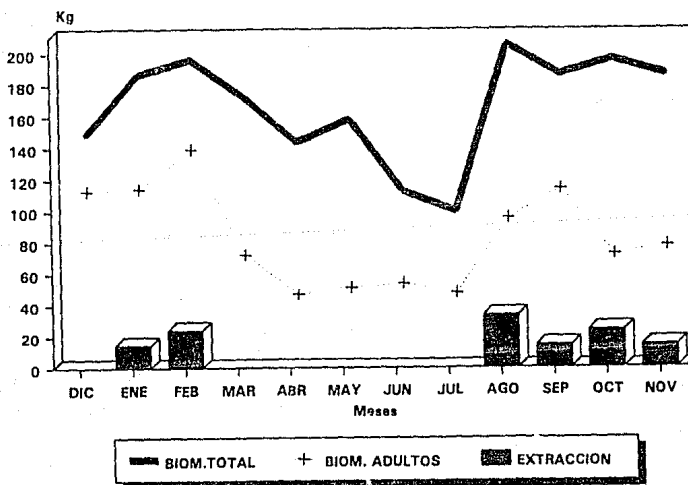
Fig. 6.- Biomasa y extracciones de *Artemia* por estanque en kg, peso húmedo.

#### a) Estanque B



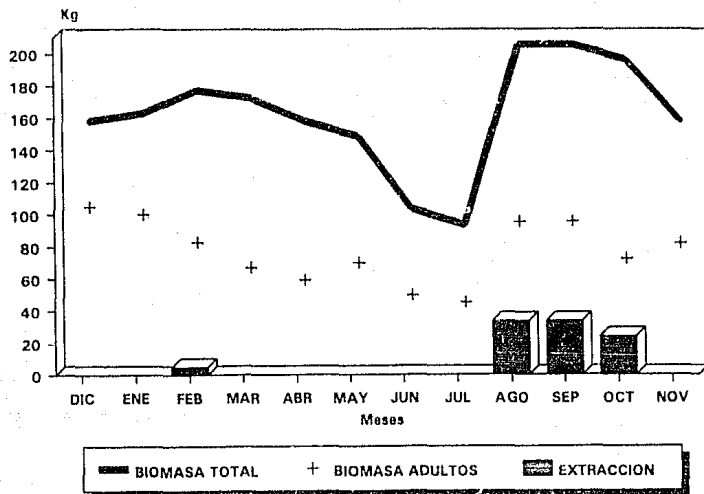
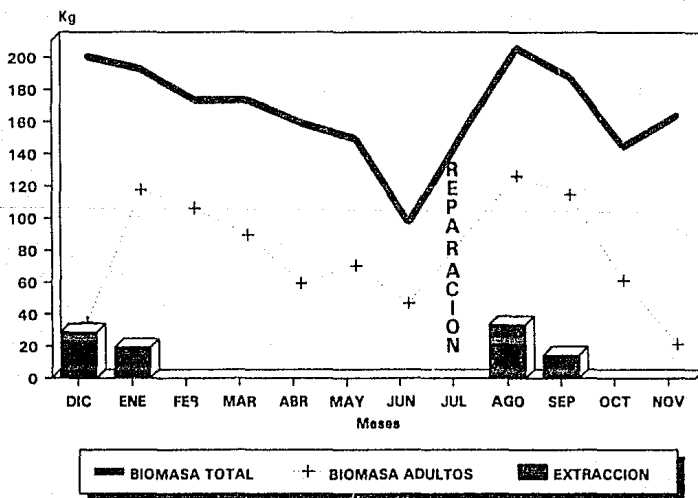
## Continuación, biomasa y extracciones.....

## b) Estanque C

c) Estanque D<sub>1</sub>

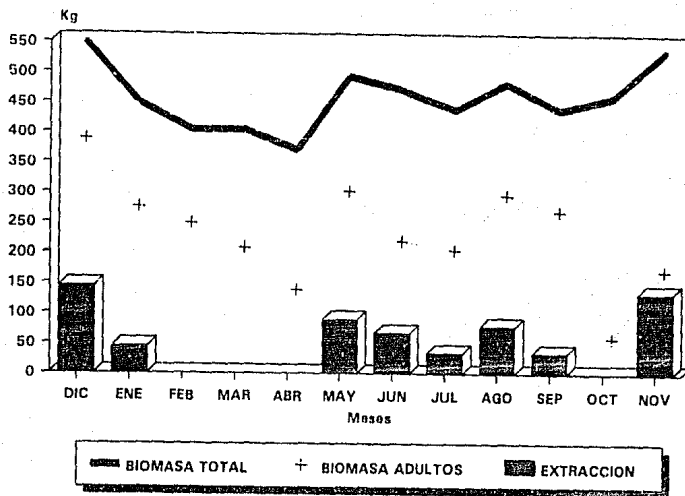


## Continuación, biomasa y extracciones....

d) Estanque D<sub>2</sub>e) Estanque D<sub>3</sub>

Continuación, biomasa y extracciones....

f) Cristalizador



#### 4.- Densidad, biomasa total y de adultos y biomasa extraída por mes.

En la Tabla 13 se concentran los datos de densidades y de biomasa, por mes, de los seis estanques; con excepción de julio, en el cual se registraron solamente cinco estanques en operación. En las cuatro columnas de la tabla se observa que la menor densidad y biomasa se registró en junio y julio; los adultos además, presentaron una baja en octubre. En la columna, señalada como biomasa de adultos, se considera como la biomasa potencial cosechable, disponible a través de un ciclo anual.

Tabla 13.- Estimación mensual de densidades y biomasa total y de adultos de *Artemia* y extracciones.

Meses (1989/1990)	Densidad (promedio de los 6 estanques) (g/l)	Superficie total 0.17 hectáreas		Extracciones (kg peso húmedo)
		Biomasa total (kg peso húmedo)	Biomasa de adultos (kg peso húmedo)	
Diciembre	3.5	1,124.40	679.30	173.25
Enero	3.7	1,089.00	653.40	91.26
Febrero	3.6	1,035.90	614.80	28.59
Marzo	3.5	1,007.30	464.20	---
Abril	3.2	906.60	310.60	---
Mayo	3.3	1,016.40	512.70	89.03
Junio	2.4	825.00	371.30	66.79
Julio*	1.9	668.00	300.40	33.43
Agosto	4.0	1,181.70	599.90	179.85
Septiembre	3.7	1,100.30	609.20	96.68
Octubre	3.8	1,097.20	286.70	63.02
Noviembre	3.8	1,146.00	384.00	162.67
Promedio		1,016.50 /mes	482.20 /mes	

\* En este mes la superficie muestreada fue de 0.15 ha.

En la Tabla 14 se muestra la biomasa de adultos y la biomasa total, anual, de cada estanque y sus porcentajes. Se observa que el cristalizador fue el estanque que aportó más del 40% de la biomasa total de la zona de cultivo, mientras que el estanque más pequeño (B) sólo aportó el 3.9%.

Tabla 14.-Densidad promedio de biomasa de adultos y biomasa total anual por estanque.

ESTANQUE	Biomasa de Adultos		Biomasa Total	
	kg Peso húmedo	%	( kg ) Peso húmedo	%
B	219.9	3.8	476.2	3.9
C	382.8	6.6	812.2	6.7
D1	932.0	16.1	1,927.2	15.8
D2	857.0	14.8	1,872.8	15.3
D3	787.6	13.6	1,786.8	14.6
Cristalizador	2,607.0	45.0	5,322.7	43.6
		100.00%		100.00%

En la siguiente Tabla 15 se comparan los porcentajes del volúmen total del agua y los de la biomasa total, en cada estanque. Se observa que el estanque B fue el más productivo y el cristalizador, aunque con mayor volúmen (65.8%) representó únicamente el 43.6% de la biomasa total.

Tabla 15.- Porcentajes de volúmen de agua y de biomasa total de *Artemia* en cada estanque.

Estanque	Porcentaje del volúmen total del agua	Porcentaje de biomasa total
B	2.3	3.9
C	4.1	6.7
D1	9.2	15.8
D2	9.2	15.3
D3	9.2	14.6
Cristalizador	65.8	43.6
Total	100.00	100.0

## VII DISCUSION

### A.- Características de la población

#### Quistes

El tamaño de los quistes hidratados de Texcoco, (Tabla 6), cae dentro del rango de variación del diámetro de la especie *Artemia franciscana*. La cepa de *Artemia* de Texcoco y la de Macau, Brasil, ambas transplantadas de San Francisco, son las que presentan el menor diámetro de quistes hidratados, en comparación con las otras cuatro poblaciones de la misma especie. Las especies *A. persimilis* y *A. partenogénéticas* son las que tienen el mayor diámetro de todas las poblaciones comparadas.

En la tabla 5 es importante señalar que, aunque el diámetro de los quistes de la cepa original y la de Texcoco es muy similar, la desviación estándar y la varianza son pequeñas en la cepa de Texcoco; lo cual probablemente se debe a que el manejo del cultivo en Texcoco se hizo en forma más homogénea, por las dimensiones del área de cultivo, a diferencia del manejo que se hace en áreas mayores como la Bahía de San Francisco. Desde el punto de vista comercial, el manejo más homogéneo en una área de cultivo, ofrece mayores posibilidades de control de calidad de los quistes.

Las diferencias en el diámetro del quiste hidratado, se reflejan en el diámetro de los quistes descapsulados, el cual sigue una relación similar. Se observa también que el grosor del corion es el que determina el diámetro del quiste íntegro; de ahí que este último no sea un buen indicador del tamaño real del embrión. Cabe destacar que el grosor del corion de los quistes de Texcoco es de los menores de la especie *franciscana*, debido, tal vez a que la zona de Texcoco recibe menos radiación solar que en áreas tropicales las cuales están a menores altitudes. Como se sabe, el grosor del corion se relaciona a una respuesta de protección del embrión (Sorgeloos *et al.*, 1986). Para propósitos de alimentación para larvas de organismos en cultivos acuáticos, es conveniente guiarse por el diámetro del embrión ( quiste descapsulado ) y no por el diámetro del quiste íntegro. Parece lógico suponer que la alimentación de *Artemia* influye en la composición química del corion, debido a que ésta depende de los componentes precursores de la hematina, quitina y lipoproteínas. Aún así, el grosor del corion de los quistes de Texcoco, podría estar más asociado con la intensidad de la radiación solar del ambiente, más que con la alimentación.

Si se parte del hecho de que el proceso de eclosión requiere de la ruptura del corion, en contra de la presión osmótica del medio de cultivo, es de esperarse que los nauplios eclosionen más fácilmente en un medio con baja salinidad aún cuando tengan bajas reservas energéticas como la cepa de Lago Chaplin; mientras que los nauplios bien nutridos, como es el caso de la cepa de Texcoco, pueden eclosionar tanto en salinidades de 5‰ como en la de 35‰.

Con respecto a la eficiencia de eclosión, con excepción de la cepa de Macau, Brasil (304,000 org/g), la cepa de Texcoco es la que presenta el valor más alto (263,000 org/g); lo cual refleja la calidad de la muestra de quistes, tanto en su limpieza como en la viabilidad de los mismos.

En cuanto a la tasa de eclosión de las cepas de Texcoco, de Lavalduc y la de el Lago Chaplin, necesitan mayor tiempo para alcanzar el 90% de eclosión. Al conocer la tasa de eclosión, se puede planificar la cosecha de los nauplios en los tiempos precisos de su máxima eclosión ( $T_{90}$ ), lo que permite aprovechar la totalidad del recurso en su etapa óptima. Por otra parte debe señalarse que el tiempo transcurrido entre la hidratación y la eclosión del 90% de los quistes es aceptable, en tanto que no excede a las 29 horas, como para que pudiera ocurrir una pérdida energética importante.

## Nauplios

De acuerdo a la talla de los nauplios de *Artemia* de Texcoco (479 micras) estos se pueden recomendar para nutrir los estadios del camarón, de mysis II en adelante (Mock *et al.*, 1980). Para peces marinos esta cepa puede ser empleada en etapas larvarias avanzadas, cuando pueden ingerir organismos superiores a 500 micras, debido a que al tercer día de nacidos, la abertura de la boca es comunmente de 0.1 mm aproximadamente (Sorgeloos *et al.*, 1991).

La talla de los nauplios de Texcoco es mayor que la de los nauplios de la cepa de San Francisco, California, (Tabla 8), debido probablemente a diferencias ambientales y de la alimentación; puesto que ésta se controló en cantidad y calidad, bajo cultivo semi-intensivo. Vos *et al.* (1984), mencionan que las diferencias en los parámetros biométricos de nauplios pueden deberse a características ambientales bióticas y abióticas de la población.

En la tabla 8 se observa que las cepas partenogénicas se ubican entre las de mayor talla. Esto concuerda con la observación general de que las tallas de plantas y de los animales poliploides son mayores que los diploides (Allard, 1978 y Margalef, 1980). Por lo tanto de estas cepas no se recomiendan las que producen nauplios de 500 micras o más de longitud.

## Adultos

En relación al valor nutricional de la *Artemia* adulta, los carbohidratos y ácidos grasos, sobre todo los primeros, son necesarios para los estadios iniciales de los organismos acuáticos (Von Hentig, 1971; Johnson, 1980 y Castro *et al.*, 1984). Las proteínas son importantes en el crecimiento de organismos acuáticos. En la tabla 9 se observa que la cepa de *Artemia* de Texcoco y la de San Francisco, alimentadas con *Spirulina*, contienen un alto porcentaje de proteínas que va de 58 a 62%, a diferencia de la cepa de la misma especie, alimentada con salvado de arroz con sólo 13% de proteínas. Este resultado resalta la importancia del uso de *Spirulina* como alimento, al demostrarse su efectividad para promover altos niveles de proteínas en *Artemia*.

En cuanto al contenido de aminoácidos, (Tabla 10), se observa que los adultos de Texcoco, alimentados con *Spirulina* contienen aminoácidos esenciales en cantidades mayores a las requeridas por peces y crustáceos, con excepción de la cisteína, la cual, por lo que se sabe, no es esencial (National Research Council, 1977). Esta misma observación es aplicable a la cepa de Bahía de San Francisco y a la del Gran Lago Salado de Utah, con excepción de algunos datos ausentes y del contenido del triptófano que es superior en la cepa de Texcoco. Además del triptófano, lisina, leucina, isoleucina y arginina se encontraron en concentraciones más altas que el resto de los aminoácidos, de donde se puede derivar el uso potencial de la biomasa de *Artemia* de Texcoco para la preparación de alimentos balanceados, que nutran organismos con necesidades específicas de estos aminoácidos.

Las variaciones de las concentraciones de aminoácidos cuantitativamente se atribuyen a cambios, especialmente en la alimentación. Cualitativamente el perfil de aminoácidos es característica genética de las cepas (Seidel *et al.*, 1980; Léger *et al.*, 1986 y Rosinvali y Simpson, 1987).

Respecto a los ácidos grasos de *Artemia*, en la tabla 11 se muestra que la cepa de Texcoco presenta tres de los ácidos grasos esenciales más importantes: el ácido linoleico (18:2w6),

el ácido linolénico (18:3w3) y el ácido araquidónico (20:4w6) (Maynard *et al.*, 1989). Los dos primeros son precursores de los ácidos poliinsaturados, lo cual revela la importancia que tiene la *Artemia* de Texcoco como alimento para crustáceos de agua dulce, marina, templada y fría; así como, para organismos homeotermos y poiquilotermos (Castell *et al.*, 1972; Takeuchi *et al.*, 1980; Watanabe, 1982; Castell, 1982 y Watanabe, 1987). Si se comparan los datos de Texcoco con los de la cepa original (San Francisco), del Gran Lago Salado y del Lago Mono, se observa que la primera tiene porcentajes mayores de los ácidos grasos, precursores de los poliinsaturados como el 20:4w6. Aún así, la cepa de Texcoco es deficiente en ácido eicosapentaenoico (20:5w3), esencial para el desarrollo de larvas de organismos marinos, porque no tienen la capacidad de sintetizar este ácido ni el 22:6w3 (docohexaenoico). El hecho de que la cepa de Texcoco no contenga este ácido, no parece tener importancia en la nutrición de organismos adultos porque, según Castell (1982) y Maynard *et al.* (1989) los precursores importantes de los poliinsaturados son el ácido linoleico y linolénico.

Los resultados del análisis de la composición de ácidos grasos en *Artemia*, (Tabla 11), son inherentes al tipo de alimento utilizado, como lo señalan Fujita *et al.* (1980), Simpson *et al.* (1982), Léger *et al.* (1986), Sorgeloos *et al.* (1986) y Castro *et al.* (1990).

En cuanto al valor nutricional de los nauplios de *Artemia* de Texcoco, probablemente tengan las mismas deficiencias en ácidos grasos (20:5w3 y 22:6w3), que tienen los adultos, por lo que se recomienda enriquecerlos para alimentar larvas de especies marinas.

## B. Cultivo

Las características particulares de la zona interior de México, donde se llevó a cabo el cultivo, no permitieron la comparación de los resultados con otros trabajos. La mayoría de los cultivos registrados en la literatura se han desarrollado en zonas costeras o en lugares productores de sal, en donde, si se hace, solamente fertilizan las áreas de producción, ya sea con abonos orgánicos o inorgánicos (Camara y De Madeiros, 1987; De los Santos *et al.*, 1980; Jumalon *et al.*, 1987; Primavera *et al.*, 1980; Quynh y Lam, 1987; Royan, 1980; Salgado, 1987; Tarnchalanukit y Wongrat, 1987). No se tiene conocimiento de un cultivo de *Artemia* en donde se alimentara con *Spirulina* fresca a



nivel masivo; únicamente se han publicado trabajos experimentales en los cuales se utilizó *Spirulina* seca (Douillet, 1987; Johnson, 1980; Royan, 1980).

Es conveniente aclarar que este trabajo no se orientó a la producción, de ahí que no se hace énfasis en conceptos tales como cosecha o rendimiento.

Por otra parte resultó difícil comparar las densidades de *Artemia* registradas en este trabajo con las obtenidas en otras investigaciones sobre cultivos o sobre ecología de las poblaciones de este organismo, debido a factores como : el uso de diferentes unidades de volúmen, estimaciones sobre diferentes estadios de desarrollo e intensidad del aprovechamiento o cosecha de los cultivos, el cual varía entre los distintos trabajos (Bossuyt y Sorgeloos, 1980; De los Santos *et al.*, 1980; Dwivedi *et al.*, 1980; Lenz, 1980; Persoone y Sorgeloos, 1980; Ramamoorthi y Thangaraj, 1980; Bhargava *et al.*, 1987; Camara y De Madeiros, 1987; Conte y Conte, 1987; Jumalon *et al.*, 1987; Quynh y Lamb, 1987; Tarnchalanukit y Wongrat, 1987 y Wear y Haslett, 1987 ).

En el presente trabajo se optó por utilizar kilos de biomasa húmeda por metro cúbico porque resultó más práctico que el conteo de los organismos por unidad de volúmen. Es claro que los datos obtenidos por este procedimiento permitieron tener una idea aproximada del potencial productivo de la población de *Artemia* en Texcoco. Sería deseable completar la información, que se menciona en antecedentes, sobre la población de Texcoco para conocer su dinámica. Se ha demostrado que es posible llegar a obtener modelos que representan la dinámica poblacional de los organismos planctónicos, como es el caso de *Daphnia* (Murdoch y McCauley, 1985; Kooijman, 1986; McCauley y Murdoch, 1987; Kooijman y Metz, 1989; McCauley *et al.*, 1990; Gurney *et al.*, 1990 y Hallam *et al.*, 1990), aunque es difícil la aplicación de la información obtenida en el laboratorio para el establecimiento de cultivos al exterior, en donde las condiciones ambientales influyen de manera diferente a lo que puede suceder bajo condiciones totalmente controladas. Para fines productivos, es más útil la información que se muestra en este trabajo, con la posibilidad a futuro de hacer observaciones más detalladas y precisas, que permitan conocer el comportamiento de dicha población para programar un sistema de producción en un lugar similar.

El análisis de los datos de la relación entre la población de *Artemia* en Texcoco y los factores ambientales: temperatura del agua y precipitación pluvial (fig. 5 y 6 a-f), muestra que la tendencia general es que la densidad de *Artemia* adulta sigue una relación inversa a la precipitación pluvial y a la temperatura del agua; mientras que la densidad de

nauplios sigue una relación directa, con respecto a estos dos factores. Con la excepción de que alrededor de los 20°C en el agua, parece ocurrir un efecto adverso sobre el incremento de la densidad de los nauplios, la cual se recupera al iniciarse la temporada de lluvias. Ésto se explica por el efecto de la lluvia sobre el abatimiento de la temperatura. No obstante que se llevaba un control de la salinidad, pH y alimentación, no se puede descartar que la disminución de la densidad de los adultos, se deba a la mortandad de éstos por la disminución de la salinidad que corresponde a una disminución osmótica en el interior del organismo.

El efecto de la precipitación sobre la densidad de los nauplios es probable que se deba a la reducción súbita de la salinidad, provocando que las hembras liberen nauplios. Esta deducción se corroboró con el hecho que ocurrió en octubre, cuando llovió intensamente en un día y ocasionó un incremento notable en la densidad de nauplios.

En la figura 6 (a-f), se puede ver que las extracciones de biomasa adulta no tuvieron efecto sobre el comportamiento de la población de la *Artemia* adulta como era de esperarse, puesto que la extracción se efectuaba cuando la densidad promedio rebasaba los 3.5 g/l, procurando que las cantidades extraídas fueran cercanas al excedente de este límite. Esta práctica se realizó con base en observaciones previas de que ocurría mortalidad en la población cuando la densidad excedía esta cifra.

En la tabla 13, se observa que la densidad promedio (g/l) de la superficie total (0.17 ha.) de cultivo en Texcoco, se mantiene estable durante 10 meses del año, teniendo en promedio anual 3.4 g/l ó 3.4 Kg/m<sup>3</sup> y observándose una disminución en junio y julio que coincide con el inicio de la época de lluvias. Esto último se puede explicar por los cambios de la salinidad en el agua y la vulnerabilidad de los organismos adultos durante estos fenómenos. Aún así, los resultados obtenidos indican el potencial productivo del área de cultivo a través de todo el año; observación que se aplica a los resultados que se muestran en las columnas tres y cuatro, las cuales se derivaron de los cálculos de densidad.

Es digno de mencionar que la densidad promedio registrada (3.4 Kg/m<sup>3</sup>/mes) en el cultivo semiintensivo de *Artemia*, en Texcoco, es muy cercana a las densidades obtenidas en cultivos intensivos, en los que se utilizó como alimento salvado de arroz y *Spirulina* en polvo y se obtuvo una densidad de 4 Kg/m<sup>3</sup>/mes. Nótese que la biomasa obtenida en estos tipos de cultivo cuesta más por los insumos que se requieren (Bossuyt y Sorgeloos, 1980). En la cuarta columna de la tabla 13, se muestran las cantidades

promedio estimadas de biomasa de adultos (482.2 kg/mes ó 16 kg/día/0.17 ha.), esto equivale a 319 g/m<sup>3</sup>/día. Los belgas en un sistema intensivo (corriente rápida por aireación) producen 133.3 g/m<sup>3</sup>/día (Sorgeloos *et al.*, 1986) y en Israel, en un sistema también intensivo obtienen 1,700 g/m<sup>3</sup>/día ( Zmora y Avital, 1993). Esta comparación muestra que el cultivo semiintensivo llevado a cabo en Texcoco es altamente productivo.

Con el propósito de distinguir entre las aportaciones de cada estanque a la biomasa promedio total del área de cultivo, en la tabla 14 se muestran las cifras de biomasa de adultos, biomasa total y los porcentajes que representan dichas aportaciones. Es importante señalar que los estanques con mayor superficie como el Cristalizador y los D, aparentemente aportaron mayores porcentajes a la biomasa total y a la biomasa de adultos. Al hacer el cálculo del porcentaje de biomasa total y el porcentaje del agua, se encontró que los estanques mencionados y el estanque "C" no contenían la biomasa esperada de acuerdo a su volumen de agua. Esta observación sugiere que los estanques más angostos, como es el caso del estanque "B", alcanzan en proporción una densidad mayor que la de los estanques más anchos.

La densidad más baja registrada en los estanques más anchos, podría explicarse por el desperdicio del alimento que cae hacia el centro del estanque y que no es aprovechado por los organismos que se localizan preferentemente en la periferia. Por otra parte, al haber mayor anchura, la *Artemia* se desplaza a mayores distancias y gasta mayor energía, que se podría traducir en menor acumulación de biomasa, en términos de cantidad y peso de organismos. Esto se pudo ver en la densidad de los estanques B y C, cuya longitud fue aproximadamente la misma, pero el ancho fue el doble en el estanque C, sin embargo, las densidades fueron cercanas.

Como se podrá apreciar, a través de todo el trabajo, se cubrieron los objetivos propuestos, se rescató la información acerca de la población de *Artemia* en Texcoco la que, finalmente, resulta ser la más estudiada de las poblaciones localizadas en México. Por otra parte, los datos obtenidos respecto al efecto de los factores ambientales sobre el comportamiento global de la población de *Artemia*, constituyen avances importantes en el manejo de la población de ésta en Texcoco para propósitos de cultivo. Sin la intención de sobre estimar el mérito del trabajo, se debe señalar que éste es el primero de su género en México.

## VIII CONCLUSIONES

- En promedio, el diámetro de los quistes descapsulados (225 micras) y la longitud de los nauplios de *Artemia* (479 micras) de Texcoco fueron más grandes que los de la cepa progenitora de San Francisco, California. Además la cepa de Texcoco tiende a ser una de las más grandes de la especie *franciscana*.
- Los quistes de la cepa de Texcoco tienen una eficiencia de eclosión de 263,000 nauplios por gramo a 35<sup>0</sup>/<sub>00</sub> de salinidad. Este dato revela la buena calidad de los quistes, por su limpieza y viabilidad.
- El 90% de los quistes de Texcoco eclosiona a las 29 horas, con una tasa de sincronía de 8 horas, tiempo aceptable porque el desgaste energético no es tan grande como para que se agote el vitelo de los nauplios que empujan al principio.
- Los nauplios de *Artemia* de Texcoco, por su talla, sirven para alimentar larvas de camarón en la etapa de mysis II en adelante y para peces en etapas larvarias avanzadas, con abertura de boca superior a 500 micras.
- La *Artemia* de la población estudiada, alimentada con *Spirulina* contiene, como mínimo, un 58% de proteínas del peso seco.
- El perfil de aminoácidos de *Artemia*, alimentada con *Spirulina*, cubre las necesidades de los aminoácidos esenciales de los peces y crustáceos en general.
- El perfil de ácidos grasos de *Artemia*, alimentada con *Spirulina*, satisface los requisitos nutricionales de las especies de agua dulce, marina, templada y fría, homeotermos y poiquilotermos, debido a que contiene cantidades aceptables de ácidos grasos esenciales como:

linoleico, linolénico y araquidónico; aunque para larvas de organismos marinos, se deben agregar los ácidos 20:5w3 y 22:6w3.

- Bajo las condiciones de cultivo, descritas para aguas del Ex-Lago de Texcoco, se puede cultivar biomasa de *Artemia* durante todo el año, aprovechando la *Spirulina* disponible en el lugar.
- La cosecha mensual promedio de biomasa de *Artemia* adulta en el Ex-Lago de Texcoco se estimó en 482 kg/0.17 ha/mes.
- Como hay mayor presencia de nauplios en los meses con mayor precipitación pluvial (agosto y octubre), se puede programar el aprovechamiento preferencial de este estadio durante este período.
- Considerando que la población de *Artemia* adulta domina en el período de diciembre a marzo y mayo, principalmente, puede disponerse de este estadio de desarrollo para alimentar organismos acuáticos en estados juveniles y adultos.
- Las densidades de *Artemia* obtenidas tienden a guardar una relación inversa con el ancho del estanque.

### VIII.- LITERATURA CITADA

- Abreu-Grobois, F.A. (1983) Population genetics of *Artemia* (Tesis Doctoral). University College of Swansea. Reino Unido.
- Allard, R.W. (1978) Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Amat, F.D. (1985) Utilización de *Artemia* en acuicultura. En: Informes técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras. Vol. 128-129. Septiembre-Octubre 1985. Barcelona, España.
- A.C.S. (1974) American Chemical Society Specifications, 5a Ed., Washington, D.C.
- A.S.T.M. (1980) Annual book of american society for testing and materials. Standards Part 31 Water. Library of Congress. Philadelphia. U.S.A.
- Bardach, J.E., Ryther, J.H., Mc Larney, W.O. (1986) Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. A.G.T. Editor, S.A. México.
- Basil, J.A., Premkumar, D.R.D., Lipton, A.D. y Marian, M.P. (1987) *Artemia* in the salt pans of Vedaranyam, Southern India. 141-143. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Beckman (1985) The system 6,300 series high performance amino-acids analyzer. Instruction manual. Spinco Division of Beckman, Division Instrument. Palo Alto, California.

- Bhargava, S.C., Jakher, G.R., Saxena, M.M. y Sinha, R.K. (1987) Ecology of *Artemia* in Didwana salt lake (India) 127-135. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W., y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- BMDP (1979) Biomedical computer programs. P-Series. Dixon, W.J. y Brown, M.B. (Eds.) University of California Press. Berkeley, California.
- Bossuyt, E. y Sorgeloos, P. (1980) Technological aspects of the batch culturing of *Artemia* in high densities. 133-152. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O.A. y Jaspers, E. (Eds.) *The brine shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Botsford, L.W., Rauch, H.E. y Schleser, R.A. (1974) Applications of optimization theory to the economics of aquaculture. 387 - 401. En: Proc. 5th Ann. Meeting WMS. Avault, J.W.jr. (Ed.), Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, US.
- Briseño-De la Hoz, U.M., Obregón, P.A. y Minjarez, L.C. (1982) Origen, Caracterización y situación actual del ex-lago de Texcoco. Comisión del lago de Texcoco Campamento Central del ex-lago de Texcoco. Febrero 1987. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- Cadena, M.R., Huelvan, C., Le Borgne, Y. y Métailler, R. (1982) Use of rehidratable extruded Pellets. and attractive substances for the weaning of sole (*Solea vulgaris*). En: J. World Maricult. Soc. 13: 246-253
- Camara, M.R. y De Castro, E.V. (1983) *Artemia salina* L. (Anostraca) : uma opção para a aquicultura do nordeste do Brasil. 145-147. Rev. Bras. Zool. 1(3).
- Camara, M.R. y De Madeiros, R.R. (1987) *Artemia* Culture in Brazil: An overview. 195-200. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Amberes, Bélgica.

- Castell, J.D., Sinnhuber, R.O., Lee, D.J. y WALES, J.H. (1972) Essential fatty acid in the diet of rainbow trout ( *Salmo gairdneri* ): growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. En: J. Nutr. 102: 77-86.
- Castell, J.D. (1982) Fatty acid metabolism in crustacean. 124-145. En: Pruder, G.D.; Langdon, C.J. y Conklin, D.E. (Eds.) Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Special Publication No.2. Louisiana State University. Baton Rouge, Louisiana.
- Castro, G.M., Castro, J.M. y Sánchez, L.R. (1984) Localización y Caracterización de *Artemia* sp. en la República Mexicana. Estudio de las Condiciones Ecológicas en las que se encuentra *Artemia* y Ensayo de algunas dietas que permitan el cultivo del crustáceo bajo condiciones semicontroladas. Universidad Autónoma Metropolitana. (Servicio Social). México, D.F.
- Castro, T.B. y Gallardo, C.R. (1985) *Artemia* sp. en la enseñanza, investigación y docencia. Cuaderno No.2 CBS. UAM-Xochimilco. División Ciencias Biológicas y de la Salud. Marzo de 1985.
- Castro, T.B., Castro, G.M. y De Lara, R.A. (1987a) Experimental Production of an Introduced *Artemia* Strain in Alkaline Waters in the State of México. 319-326. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Castro, T.B., Sánchez, L.R. y De Lara, R. A. (1987 b) Natural sources of brine shrimp (*Artemia*) in México. 153-160. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Castro, T.B., Castro, J.M. y Elizondo, N. (1990) Fatty acids and aminoacids patterns in *Artemia* sp. adults fed with fresh *Spirulina* sp. En: Resúmenes del World Aquaculture.90. Halifax, Canadá.



- Castro, T.B., Velázquez, L.S. y Castro, J.M. (1992). Características reproductivas de dos poblaciones de *Artemia* en México. (En Prensa). México.
- Castro, J.M. y De Lara, R.A. (1991) (Comp.) Manual de Técnicas para el manejo de quistes de *Artemia* sp. U.A.M.-X Div. C.B.S. (Eds.). México.
- Claus, C., Benjits, F. y Vandeputte, G. (1979) The biochemical composition of the larvae of two strains of *Artemia salina* (L.) reared on two different algal foods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 36: 171-183.
- Cognie, D. (1976) Production d' *Artemia salina* (L.) en grand volumes recyclés. Abstarct: 35-36. Proc. 10th European Marine Biology Symposium. Vol.1. Persoone, G. y Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Coll-Morales, J. (1983) Acuicultura Marina Animal. Madrid, Mundi-Prensa.
- Conklin, D.E., Goldblat, M.J. y Bordner, C.E. (1978) Artificial diets for the lobster *Homarus americanus*: a revaluation. 243-250. En: Procc. 9th Ann. Meeting World Mariculture. Soc.
- Conte, F. y Conte, T.A. (1987) Ecology of Oregon's Great Salt Lake: Lake Abert. 161. En : Sorgelloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Cowgill, U.M., Emmel, H.W., Boggs, G.U., Murphy, P.G., Gerish, F.M., Takahashi, I.T. y Bengston, D.A. (1987) Variations in chemical composition of *Artemia* cysts from three geographical locations. 173-188. En: Sorgelloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Morphology, Genetic, Strain characterization Toxicology. Universa Press. Wetteren, Bélgica.

- De Los Santos, C. Jr., Sorgeloos, P., Lavina, E. y Bernardino, A. (1980) Successful inoculation of *Artemia* and production of cyst in man-made salterns in the Philippines. 159-164. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa press. Wetteren, Bélgica .
- Douillet, Ph. (1987) Effect of bacteria on the nutrition of the brine shrimp *Artemia* fed on dried diets. 295-308. En : Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Dowdy, S. y Wearden, S. (1983) Statistics for Research. John Wiley & Sons. N. Y.
- Dwivedi, S.N., Ansari, S.K.R. y Ahmed, M.Q. (1980) Mass culture of brine shrimp under controlled conditions in cement pools at Bombay (India). 175-184. En: Persoone, G.; Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa press. Wetteren, Bélgica .
- Enciso, P.P. (1989) Comparación de algunas características morfológicas de dos poblaciones de *Artemia* sp. de San Francisco, California, U.S.A. y Ecatepec, Edo de México. (Servicio Social). UAM-X. CBS. México.
- F.A.O. (1990) FAO fisheries circular (815Rev.2) Roma.
- Flores, T.A. (1987) Preliminary results of *Artemia* production in La Paz, México, for the use in local shrimp farming. 283-288. En: Sorgeloos, P., Bengston, D. Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

- Fujita, S., Watanabe, T. y Kitajima, C. (1980) Nutritional quality of *Artemia* from different localities as a living feed for marine fish from the viewpoint of essential fatty acids. 277-290. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa press. Wetteren, Bélgica .
- Gallardo, C.R. y Castro, J.M. (1987) Reproduction and genetics of mexican *Artemia*. 249-258. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.). *Artemia* Research and its applications. Vol. 1. Morphology. Genetics. Strain Characterization. Toxicology. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Amberes, Bélgica .
- García, E. (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Enriqueta García (Ed.). Quinta edición. México, D.F.
- Geddes, M.C. y Williams, W.D. (1987) Coments on *Artemia* introductions and the need for conservation. 19-27. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol.3. Universa Press. Wetteren, Bélgica.
- Guary, J., Kayama, M., Murakami, Y. y Ceccaldi, H. (1976) The effect of fat-free and compounded diets supplemented with varios oils on moult, growth and fatty acids composition of prawn, *Penaeus japonicus* (Bate). Aquaculture, 7: 245-254.
- Gurney, W.S.C., Mc Cauley, E., Nisbet, R.M. y Murdoch, W.W. (1990) The physiological ecology of *Daphnia* . A dynamic model of growth and reproduction. En: Ecology 71: 716-732.
- Hallam, T.G., Lassiter, R.R. y Li, J. y Suarez, L.A. (1990) Modeling individuals employing an integrated response: applications to *Daphnia*. En: Ecology 71 : 938-954.
- Helfrich, P. (1973) The feasibility of brine shrimp production on Christmas Island. En: Sea Grant Technical Report. UNIHI-SEAGRANT-TR-73-02

- Huerta, L.A., Chávez, M.T. y Chávez, J.M.C.(1985) Plan de Manejo y Desarrollo de la Conservación y Uso Público de la Comunidad de Aves Acuáticas del Ex-Lago de Texcoco. 884-889. En: Memorias Primer Simposio Internacional de Fauna Silvestre. Vol.II. México, D.F., Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la Wildlife Society Inc.
- Johnson, D.A. (1980) Evaluation of various diets for optimal growth and survival of selected life stages of *Artemia*. 185-192. En: Persoone, G.; Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren, Bélgica.
- Jumalon, N.A., Estenor, D.G. y Ogburn, D.M. (1987) Commercial production of *Artemia* in the Philippines. 231-238. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Amberes, Bélgica.
- Kanasawa, A., Teshima, S. y Ono, K. (1979a) Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp. Biochem. Physiol.* 63B: 295-298.
- Kanasawa, A., Teshima, S., Tokima, S. y Ceccaldi, H. (1979b) Effects of dietary linoleic and linolenic acids on growth prawn. *Oceanol. Acta.*, 2: 41-47.
- Kelly, R.O., Haseltine, A.W. y Ebert, E.E. (1977) Mariculture potential of the spotprawn *Pandaeus platyceros* Brandt. En: *Aquaculture* 10: 1-16.
- Kinne, O. (1977) Cultivation of animals. 5.1. Research cultivation : 779 - 1270. En : *Marine Ecology. A Comprehensive, Integrated Treatise on life in Oceans and Coastal Waters. Volume III. Cultivation. Part.2.* Wiley. Interscience, Nueva York.
- Kinne, O. y Rosenthal, H. (1977) Cultivation of Animals. 5.2. Commercial Cultivation (Aquaculture): 1321-1398. En: *Marine Ecology. Vol. 3 Part 3.* Kinne, O. (Ed.). John Wiley and Sons, Nueva York.

- Kooijman, S.A.L.M. (1986) Population dynamics on the basis of budgets in Lecture notes in biomathematics. Ed. Metz and Dietzmann Springer.
- Kooijman, S.A.L.M. y Metz, J.A.J. (1984) On the dynamics of chemically stressed populations: the deduction of population consequences from effects on individuals. En: Ecotoxicology and Environmental Safety 8: 254 - 274.
- Léger, Ph., Bieber, G.F. y Sorgeloos, P. (1985) International study on *Artemia* XXXIII. Promising results in larval rearing of *Penaeus stylirostris* using a prepared diet as algal substitute and for *Artemia* enrichment. En: World Mariculture Soc. 16: 354-367.
- Léger, Ph., Bengtson, D.A., Simpson, K.L. y Sorgeloos, P. (1986) The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. En: Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 24: 521-623. Margaret Barnes Ed. Aberdeen University Press.
- Léger, Ph., Bengtson, D.A., Sorgeloos, P., Simpson, K.L. y Beck, A.D. (1987a) The nutritional value of *Artemia*: a review. 357-392. En: Sorgeloos, P., Bengtson, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica.
- Léger, Ph.; Johns, M.D. y Sorgeloos, P. (1987b) Description of a standard bioassay test with the marine crustacean *Mysidopsis bahia* (M) for the evaluation of the nutritional effectiveness of *Artemia* nauplii and metanauplii. 395-410. En: Sorgeloos, P., Bengtson, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Leibonitz, H.E., Bengtson, D.A., Maugle, P.D. y Simpson, K.L. (1987) Effects of dietary *Artemia* lipid fraction on growth and survival of larval in land silversides *Menidia beryllina*. 469-478. En: Sorgeloos, P.; Bengtson, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica.

- Lenz, P.H. (1980) Ecology of an alkali-adapted variety of *Artemia* from Mono lake, California, USA. 79-96. En: Persoone, G.; Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.). The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa press. Wetteren, Bélgica.
- Levine, D.M. y Sulkin, S.D. (1984) Nutritional significance of long-chain polyunsaturated fatty acid to the zoeal development of the brachyuran crab *Euopanopeus depressus* (Smith). En: J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 87(3): 211-223.
- López, A.T. (1974) Contribución al conocimiento del ex-lago de Texcoco. México, D.F. (Tesis de Biología). Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Mc Nair, H.M. y Bonalli, E.J. (1969) Basic Gas Chromatography. Varian Instrument Division. California.
- Majic, A. y Vukadin, I. (1987). Preliminary report on the brine shrimp (*Artemia*) from Yugoslav saltworks. 145-150. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica.
- Margalef, R. (1980) Ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- May, R.C. (1970) Feeding larval marine fishes in the laboratory: a review. En: Calif. Mar. Res. Comm. CALCOFI Rept. 14: 76-83.
- Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H.F. y Warner, R. G. (1989) Nutrición Animal. 7ª Edición (4ª edición en español). Mc Graw-Hill de México S.A. de C.V. México.
- Mc Cauley, E. y Murdoch, W.W. (1987) Cyclic and stable populations: plankton as paradigm. En: Amer. Natur. 129: 97-121.
- Mc Cauley, E., Murdoch, W.W., Nisbet, R.M. y Gurney, W.S.C. (1990) The physiological ecology of *Daphnia*: development of a model of growth and reproduction. En: Ecology 71: 703 - 715.

MERCK (1971) Standards. Merck and Co. Inc. USA.

Millamena, O., Bombeo, R., Jumalon, N. y Simpson, K.L. (1988) Effects of varios diets on the nutritional value of *Artemia* sp. as food for the prawn *Penaeus monodon* . Mar. Biol. , 98: 217-221.

Mock, C.R., Fontaine, C.T. y Revera, D.B. (1980) Improvements in rearing larval penaeid shrimp by the Galveston laboratory method. 331-342. En: Sorgeloos, P., Bengston,D., Declair,W. y Jaspers,E.(Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica .

Murdoch, W.W. y Mc Cauley,E. (1985) Three distinct types of dynamic behavior shown by a single planktonic system. En: Nature 316 : 628-630.

New, M.B. (1991) Turn of the millennium aquaculture. Special Report. World Aquaculture 22 (3): 28-49.

Naegel, L.C.A. (1987) Production of *Artemia* in Costa Rica: a pilot proyect. 279 - 282. En: Sorgeloos, P., Bengston,D., Declair,W. y Jaspers,E.(Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica .

National Research Council. (1977) Nutrient Requeriments of Warmwater Fishes. National Academy of Sciences. Washington, D.C.

New, M.B. (1991) Turn of the millennium aquaculture. Special Report. World Aquaculture 22(3): 28-49.

- Olney, C.E., Schauer, P.S., McLean, S., Lu, Y. y Simpson, K.L. (1980) International study on *Artemia* VIII. Comparison of the chlorinated hydrocarbons and heavy metals in five different strains of newly hatched *Artemia* and a laboratory-reared marine fish. 343-352. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Person-le Ruyet, J. (1976) Techniques d'élevages en masse d'un rotifère (*Brachionus plicatilis* Müller) et d'un crustacé branchiopode (*Artemia salina*-L.): 331-344. En: Persoone, G. y Jaspers, E. (Eds.) Proc. 10th European symposium on Marine Biology. Vol.1. Research in Mariculture at laboratory and pilot scale. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Persoone, G. y Sorgeloos, P. (1980) General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. 3-24. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Primavera, J.H., Estenor, P. y Acosta, P. (1980) Preliminary trials of combined *Artemia* rearing and salt production in earthen salt ponds in the Philippines. 207-214. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Quynh, V.D. y Lam, N.N. (1987) Inoculation of *Artemia* in experimental ponds in central Vietnam: an ecological approach and a comparison of three geographical strains. 253-270. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declerck, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Press, Wetteren, Bélgica.
- Ramamoorthi, K. y Thangaraj, G.S. (1980) Ecology of *Artemia* in the salt pans of Tuticorin, south India. 101-114. En: Persoone, G.; Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa press, Wetteren, Bélgica.



- Rollefsen, G. (1939) Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communication. Rapp. p.v. Reun. Coms. oerm. Int. Explos. Mer. 109: 133.
- Rosenberry, B. (1990) World Shrimp Farming 1990. Aquaculture Digest, USA.
- Rosinvali, P.C., Simpson, K.L. (1987) The Brine shrimp *Artemia* as a protein for humans. 503-514. En: Sorgelloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Royan, J.R. (1980) Laboratory and field studies on an Indian strain of the brine shrimp *Artemia*. 223-230. En: Persoone, G., Sorgelooos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia* . Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Salgado, L.A. (1987) Preliminary trials of extensive culture of *Artemia* in Peru. 289-290. En: Sorgelloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Schauer, P.S. , Johns, D.M., Olney, C.E. y Simpson, K.L. (1980) International study on *Artemia* IX. Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of *Artemia*. 365-372. En: Persoone, G., Sorgelooos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia* . Vol.3 . Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Seale, A. (1933) Brine shrimp (*Artemia*) as satisfactory live food for fishes. En: Trans. Am. Fish. Soc. 63:129-130.
- Seidel, C.R., Kryznowek, J. y Simpson, K.L. (1980) International study on *Artemia* XI. Aminoacid composition and electrophoretic protein patterns of *Artemia* from five geographical locations. 375-382. En: Persoone, G., Sorgelooos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The Brine Shrimp Artemia* . Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

- Sick, L. (1976) Nutritional effect of five species of marine algae on the growth, development and survival of the brine shrimp, *Artemia salina*. Mar. Biol., 35:69-78.
- Simpson, K.L., Klein-MacPhee, G. y Beck, A. D. (1982) Zooplankton as a food source. 180 - 201. En: Pruder, G.D.; Langdon, C.J. y Conklin, D.E. (Eds.) Proceedings of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition. Special Publication No.2. Louisiana State University. Baton Rouge, Louisiana.
- Sorgeloos, P. (1973) First report on the triggering effect of light on the hatching mechanism of *Artemia salina* dry cysts. En: Mar. Biol. 22: 75-76.
- Sorgeloos, P. (1980) The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. 25-46. En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Sorgeloos, P. (1983) Brine shrimp *Artemia* in coastal saltwaters, inexpensive source of food for vertically integrated aquaculture. En: Aquaculture Magazine 9: 25-27.
- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, Ph., Tackaert, W. y Versichele, D. (1986) Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. State University of Ghent (Eds.), Bélgica.
- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, Ph. y Tackaert, W. (1991) State of the art in larviculture of fish and shellfish. 3-5. En: Lavens, P., Sorgeloos, P., Jaspers, E. y Ollevier, F. (Eds.) Larvi 91' Fish and crustacean larviculture symposium. European Aquaculture Society. Special Publication 15. Gante, Bélgica.
- Sorgeloos, P. y Léger, P. (1992) Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. En: Journal of the World Aquaculture Society 23(4): 251-264.
- Sosa Texcoco (1976) Sosa Texcoco, S.A. México, D.F.

- Stein, J.R. (1973) (Ed.) Handbook of psychological methods. Culture methods and growth measurements. Cambridge, University Press.
- Tacon, A.G.J. (1987) The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training Manual. I.- The essential nutrients. FAO. Brasilia, Brasil.
- Tackaert, W. y Sorgeloos, P. (1991) Salt, *Artemia* and shrimp. Integrated production in the Peoples' Republic of China: the Tang Gu saltworks. En: World Aquaculture 22(2): 11-17.
- Takaeuchi, T., Arai, S., Watanabe, T. y Shimma, Y. (1980) Requirements of eel, *Anguilla japonica*, for essential fatty acids. En: Bull. Jap. Soc. Fish. 46: 345-353.
- Tarnchalanukit, W. y Wongrat, L. (1987) *Artemia* culture in Thailand. 201-214. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Vanhaecke, P. y Sorgeloos, P. (1980) International study on *Artemia* IV.- The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. 393-408 En: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Vanhaecke, P., Tackaert, W. y Sorgeloos, P. (1987) The biogeography of *Artemia*: an updated review. 129 - 155. En: En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Declair, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 1. Morphology, Genetic, Strain characterization Toxicology. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Von Hentig, R. (1971) Ein flüß von Salzgehalt und temperatur auf entwicklung. Wachstum Fortpflanzung und Energiebilanz von *Artemia salina*. En: Mar. Biol. 9: 145-182.

- Vos, J. y Tansutapanit, A. (1979) Detailed on *Artemia* cyst inoculation in Bangpakong, Chachoengsao Province. FAO/UNDP Field Document. THA/75/008
- Vos, J. (1981) Report on *Artemia* production in salt ponds in the Philippines. FAO/UNDP Consult. Rep. PHI/75/005/8.
- Vos, J., Léger, P., Vanhaecke, P. y Sorgeloos, P. (1984) Quality evaluation of brine shrimp *Artemia* cysts produced in asian saltponds. *Hydrobiologia* 108: 17-23.
- Watanabe, T., Oowa, F., Kitajima, C. y Fujita, S. (1980) Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of w3 highly unsaturated fatty acids. En: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 46: 35-41.
- Watanabe, T. (1982) Lipid nutrition in fish. En: *Comp. Biochem. Physiol.* 73B: 3-15.
- Watanabe, T., Kitajima, C. y Fujita, S. (1983) Nutritional values of live food organisms used in japan for the mass propagation of fish : a review. En: *Aquaculture* 34: 115-143.
- Watanabe, T. (1987) The use of *Artemia* in fish and crustacean farming in Japan. 373-394. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol. 3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.
- Wear, R.G. y Haslett, S.J. (1987) Studies on the biology and ecology of *Artemia* from lake Grassmere New Zealand. 101-126. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren, Bélgica.
- Yashiro, R. (1987) The effect of *Artemia* fed with different diets on the growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) postlarvae. 447-458. En: Sorgeloos, P., Bengston, D., Decler, W. y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia* Research and its Applications. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

Zar, J.H. (1974) Bioestatistical analysis. prentice-hall Inc. Englewood cliffs. N.J. USA.

Zmora, O. y Avital, E. (1983) The use of fish culture effluent as a food source for intensive and extensive rearing of *Artemia*. (Resumen presentado en el Simposio de la Asociación Mundial de Acuicultura, 1993 en Torremolinos, España).