



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EFFECTO DEL TIPO DE ALIMENTO EN EL  
CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y REPRODUCCION  
DE *Artemia franciscana* (CRUSTACEA) CEPA  
SAN CRISANTO, YUCATAN.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G A**

P R E S E N T A :

**PATRICIA CARRILLO ALEJANDRO**



DIRECTOR DE TESIS: DRA. GABRIELA GAXIOLA CORTES

MEXICO, D. F.



282334

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

**MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO**  
**Jefa de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

**EFFECTO DEL TIPO DE ALIMENTO EN EL CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y REPRODUCCION DE Artemia franciscana (CRUSTACEA) CEPA SAN CRISANTO, YUCATAN, MEXICO.**

realizado por **PATRICIA CARRILLO ALEJANDRO**

con número de cuenta **7950997-0** , pasante de la carrera de **BIOLOGIA**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario **DOCTORA MARTHA GABRIELA GAXIOLA CORTES**

Propietario **DOCTORA RUTH CECILIA VANEGAS PEREZ**

Propietario **BIOLOGA CECILIA ROBLES MENDOZA**

Suplente **DOCTOR CARLOS ROSAS VAZQUEZ**

Suplente **M. en C. ROLANDO GELABERT FERNANDEZ**

**Consejo Departamental de BIOLOGIA**

*Edna Maria Suarez Diaz*  
**DRA. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ**

**Con todo mi amor a la memoria de  
mis padres Elio Augusto y Enriqueta  
y hermano Berna, por su ejemplo de  
honestidad y generosidad**

**A mis queridos hermanos por su  
gran cariño y apoyo.**

**A mis adorados sobrinos, por  
la alegría de su existencia.**

**A mis queridos tios Mela y Vidal, por ser  
unos segundos padres para mi.**

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Marcela Olguín Palacios por su valioso apoyo sin el cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Al Dr. Carlos Rosas Vázquez, investigador del Laboratorio de Ecofisiología Animal de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su importante asesoría para la elaboración del proyecto.

Al Instituto Nacional de la Pesca, en particular al Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén, Yucatán por brindar sus instalaciones y materiales para la realización de los bioensayos. A la Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en especial al Biol. Alfredo Sánchez Palafox, al Ing. Andrés A. Seeffo Ramos, a la Océán. María Elena Hernández y al compañero Felipe Soto por sus consejos y apoyo. Al M. en C. Fernando Soto Aguirre, de la Dirección General de Investigación en Acuicultura, por su asesoría para la presentación del trabajo.

Al Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, en especial al Dr. Raúl Godoy, por la asesoría brindada para diseño de las dietas probadas y al M. en C. Raúl Reyes, por la capacitación otorgada para la realización de los análisis bromatológicos de los ingredientes, dietas y artemias cultivadas.

Al Bufete de Asesoría Jurídica, en especial al Lic. Arturo Alcalde Justiniani y a la compañera Dolores Estrada, por todo el apoyo brindado.

A mi prima la Ing. Nidia Santos Hernández, por su generoso apoyo.

# INDICE

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	OBJETIVOS.....	4
3.	ANTECEDENTES.....	5
3.1	SISTEMATICA Y ANATOMIA.....	5
3.2	GENERALIDADES DEL CICLO DE VIDA.....	6
3.3	PARTICULARIDADES DEL APARATO DIGESTIVO.....	6
3.4	ALIMENTACION NATURAL.....	8
3.5	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA <i>Artemia</i> .....	9
3.6	TRABAJOS REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE NUTRICION.....	10
3.7	REPRODUCCION A SALINIDAD ELEVADA.....	12
4.	MATERIALES Y METODOS.....	15
4.1.	OBTENCION DE ORGANISMOS.....	15
4.2.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
4.3.	DISEÑO DE DIETAS BALANCEADAS PARA ARTEMIAS.....	15
4.3.1.	SELECCION DE INGREDIENTES.....	17
4.3.2.	ANALISIS PROXIMAL DE INGREDIENTES, BALANCEO Y ANALISIS PROXIMAL DE DIETAS.....	17
4.4.	BIOENSAYO.....	18
4.5.	MUESTREOS HIDROBIOLOGICOS.....	19
4.5.1.	REGISTRO DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS.....	19
4.5.2.	REGISTRO DE CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y MADUREZ SEXUAL.....	19

4.6.	ESTIMACION DEL INDICE DE RENDIMIENTO .....	20
4.7.	ANALISIS PROXIMAL DE ARTEMIAS CULTIVADAS.....	21
4.8	ANALISIS ESTADISTICO.....	21
4.8.1.	PARAMETROS FISICOQUIMICOS.....	21
4.8.2.	CRECIMIENTO.....	21
4.8.3	SOBREVIVENCIA.....	21
4.8.4.	INDICE DE RENDIMIENTO.....	22
4.8.5	MADUREZ SEXUAL.....	22
5.	RESULTADOS.....	23
5.1.	PARAMETROS FISICOQUIMICOS.....	23
5.2.	CRECIMIENTO.....	24
5.3.	SOBREVIVENCIA.....	28
5.4.	INDICE DE RENDIMIENTO.....	29
5.5.	MADUREZ SEXUAL.....	29
5.6.	ANALISIS PROXIMAL DE <i>Artemia</i> .....	30
6.	DISCUSION.....	32
7.	CONCLUSIONES.....	36
8.	LITERATURA CITADA.....	38

## INDICE DE FIGURAS

---

1. Hembra adulta de <i>Artemia</i> vista ventralmente y cabeza de macho adulto.....	5
2. Ciclo de vida de <i>Artemia</i> .....	7
3. Esquema de la evolución del proceso reproductivo de <i>Artemia</i> .....	13
4. Evolución del proceso de ovogénesis en <i>Artemia</i> .....	14
5. Madurez sexual de <i>A. franciscana</i> , cepa San Crisanto, Yucatán, alimentada con diferentes dietas.....	30

---



## INDICE DE TABLAS

1.	Composición de las dietas.....	16
2.	Análisis proximal de ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas experimentales para <i>A. franciscana</i> .....	18
3.	Promedios de Temperatura, Salinidad y pH de las unidades experimentales de <i>A. franciscana</i> .....	23
4.	Longitud ( $\mu$ ) de <i>A. franciscana</i> , cepa San Crisanto, Yucatán alimentada con diferentes dietas.....	24
5.	Regresión de la longitud de <i>Artemia</i> vs tiempo, para cada dieta.....	25
6.	Análisis de Covarianza de las pendientes de las rectas de regresión de las dietas.....	26
7.	Comparación múltiple (Prueba de Newman-Keuls) de las pendientes de las rectas de regresión de las dietas.....	27
8.	Tasa de crecimiento ( $\mu$ /día) de <i>A. franciscana</i> , por intervalos de tiempo.....	27
9.	Sobrevivencia (%) de <i>A. franciscana</i> , cepa San Crisanto, Yucatán, alimentada con diferentes dietas.....	28
10.	Índice de rendimiento de <i>A. franciscana</i> , alimentada con diferentes dietas.....	29
11.	Contenido de proteína y grasa de <i>A. franciscana</i> , alimentada con diferentes dietas.....	31

## 1.- INTRODUCCION

La planeación para incrementar la producción de alimentos debe ser basada en el aprovechamiento integral de los recursos naturales; para ello es básico el conocimiento de los mismos y la influencia de los factores ambientales en su desarrollo.

Una actividad que ofrece buenas expectativas para integrar sectores de producción primaria es la acuicultura. Mediante el cultivo de organismos acuáticos es posible aumentar la producción pesquera, utilizando para ello tierras no aptas para la agricultura y la ganadería; así también se pueden aprovechar subproductos y desechos agropecuarios para la alimentación directa o indirecta de los organismos cultivados.

En México existen 1.3 millones de hectáreas de aguas embalsadas continentales, 1.5 millones de hectáreas de lagunas litorales y se han identificado áreas potencialmente aprovechables para el cultivo del camarón y un número aún no cuantificado de hectáreas susceptibles de ser aprovechadas con instalaciones acuícolas en tierra. Las especies tradicionalmente cultivadas son: trucha, bagre, ostión americano, rana, carpa, tilapia y langostino. Posteriormente se incorporaron a la actividad especies como el camarón, almeja catarina, mano de león, peces de ornato, peces marinos, abulón, madreperla, mejillón, catán y algunas otras; de ellas la tilapia, el ostión y la carpa representan un gran impacto social, ya que juntas significan el 79 por ciento de la producción total y se destinan prácticamente al consumo interno; por su parte el camarón, ha tenido un crecimiento de 48.9 por ciento promedio anual para el periodo 1988-1994, SEMARNAP (1996). El cultivo de camarón ha logrado incorporar un gran número de empresas, tanto de carácter privado como del sector social, en donde se han involucrado grupos ejidales y diferentes sociedades cooperativas, con una consecuente generación de empleos y divisas.

Sin embargo un factor que ha frenado el desarrollo de la acuicultura en México es la falta de tecnologías para el cultivo de especies nativas y la marcada dependencia de insumos del exterior para la realización de las actividades de cultivo. Por lo tanto se requiere coordinar esfuerzos para impulsar el desarrollo de productos nacionales de calidad que sustituyan a los de importación, tal es el caso de la *Artemia*, que a pesar de contar con gran potencial de producción en México, prácticamente la totalidad que es empleada para la cría de larvas de langostinos y camarones es importada del extranjero a un costo por lo menos un 40 por ciento más alto que el obtenible en el mercado interno norteamericano (Abreu-Grobois, 1987)

La importancia de *Artemia* para el desarrollo de la acuicultura es indiscutible, ya que en la mayoría de los casos para el desarrollo de sistemas de cultivo intensivo de organismos marinos -peces y crustáceos- en sus primeros estadios, se requiere de alimento vivo de alta

calidad, pues muchas larvas rechazan el alimento que se les suele proporcionar, debido que no reúne las características necesarias de acuerdo con los requerimientos nutricionales propios de la especie. En su medio natural las larvas de peces y crustáceos se alimentan de numerosas especies del zooplancton, sin embargo la utilización en estas en sistemas de cultivo presenta serios problemas ya que su disponibilidad es aleatoria y se pueden encontrar formas competidoras, depredadoras o parásitas de las larvas a las que se les destinará como alimento y además de no poderse almacenar o mantenerse vivas durante periodos prolongados. Por lo anterior, se han desarrollado métodos para la obtención de grandes cantidades de presas vivas de forma continua, fácil y económica, tales como formas larvianas o adultas de rotíferos, anélidos, moluscos bivalvos y gasterópodos, crustáceos cirripedos, copépodos y anostráceos, entre otros; sin embargo, las especies del género *Artemia* son las que mejor resultado han dado. Más del 85 por ciento de las especies marinas han sido cultivadas gracias a los nauplios de *Artemia*, utilizados a menudo como dieta única, para alimentar langostinos, camarones, cangrejos, langostas, lenguados, carpas, botetes, esturiones, salmones, etc. (Kinne, 1977). Anualmente se comercializan en todo el mundo más de 700 toneladas de quistes de *Artemia* (Sorgeloos et al., 1991).

Es interesante el hecho de que ninguna especie marina ha tenido ocasión de depredar a *Artemia* en condiciones naturales (no existen Anostráceos en el mar), hasta que han sido cultivados experimentalmente; sin embargo su importancia como presa viva para las especies cultivadas es extraordinaria. La gran aceptación de *Artemia* refleja una multitud de ventajas: el nauplio, que es la forma en que se usa generalmente, por virtud de su tamaño (aproximadamente 0.5 mm) y su movimiento natatorio, resulta atractivo y adecuado como alimento para estadios larvianos críticos de especies carnívoras bajo cultivo; su composición bioquímica y su delgado caparazón la hacen fácilmente digerible y asimilable; además la ventaja que significa poder almacenar los quistes de *Artemia* y obtener de ellos pequeños organismos vivos - tras una hidratación e incubación en agua de baja salinidad durante unas 24 a 48 horas - que serán ingeridos por larvas y adultos de peces y crustáceos.

Leger, et al. (1987), realizaron una revisión del valor nutricional de *Artemia* y concluyeron que a pesar de la variabilidad en el tamaño, su contenido calórico, la composición nutricional y la presencia de contaminantes, entre cepas de diferente origen geográfico, *Artemia* ha probado ser el alimento vivo más ampliamente usado y exitoso en la acuicultura.

Las artemias presentan una distribución cosmopolita, se localizan en aguas hipersalinas de los cinco continentes. Persoone y Sorgeloos (1980) señalan 240 localidades entre las que no se incluyen las de México. En la República Mexicana, Castro y Gallardo (1982), reportan la presencia de poblaciones silvestres de *Artemia* en 17 localidades de siete Estados y Olguin (1986), registró siete localidades más en el Estado de Yucatán, representando un importante potencial para el desarrollo de la acuicultura en la entidad, dado que son susceptibles de cultivarse en condiciones controladas.

El género *Artemia* perteneciente a la familia Artemidae, se encuentra entre los más estudiados mundialmente, existiendo más de 2700 publicaciones científicas sobre

---

fisiología, desarrollo y comportamiento en laboratorio enfocados a su posible utilización en acuicultura (Sorgeloos et al., 1980). Sin embargo, se conoce poco sobre las cepas existentes en México por lo que no se han aprovechado adecuadamente, por ello se considera necesario realizar estudios que contribuyan al conocimiento de los factores ambientales que influyen en su ciclo de vida.

Dada la característica de *Artemia* de ser un organismo filtrador no selectivo y la experiencia en nutrición obtenida en otros países, se probaron dietas con diferentes fuentes y niveles de proteína, elaboradas con productos tradicionales (harina de pescado, pasta de soya, harina de trigo, pulido de arroz) para conocer su efecto en el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de la cepa de *Artemia franciscana* que ocurre en la zona salinera de San Crisanto, Yucatán. Con la información generada se pretende aportar elementos que contribuyan para la definición de una tecnología de cultivo, particularmente para la zona salinera del Estado de Yucatán.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL:

Establecer las condiciones nutricionales adecuadas para el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de *Artemia franciscana* cepa San Crisanto, Yucatán, México

### 2.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar el efecto de diferentes niveles y fuentes de proteína, sobre el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de *Artemia*.
- Determinar el efecto de diferentes dietas sobre el valor nutricional de *Artemia*
- Determinar el efecto de diferentes dietas sobre la duración del ciclo de vida de *Artemia*

### HIPOTESIS DE TRABAJO:

La *Artemia* es capaz de asimilar las dietas artificiales compuestas por fuentes proteicas de origen animal y vegetal y esto se verá reflejado en su crecimiento y desarrollo de la madurez.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. SISTEMÁTICA Y ANATOMÍA

El género *Artemia* pertenece al Phylum Arthropoda, Clase Crustácea, Subclase Branchipoda, Orden Anostraca y Familia Artemiidae; presenta una gran variedad de razas, ampliamente repartidas por todo el mundo, desarrollándose en biotopos hipersalinos en zonas tropicales, subtropicales y templadas, tanto en salinas costeras, como en lagos salados de aguas atalasoalinas, notablemente alejados del mar (Sorgeloos et al., 1986)

La *Artemia* se caracteriza por la ausencia de caparazón rígido y por estar dotados de apéndices torácicos en forma de hoja. Este organismo presenta un cuerpo delgado y alargado, claramente segmentado, cuya longitud y aspecto pueden ser muy variables, según el tipo de raza: bisexual o partenogenética, diploides o poliploides y según las características fisicoquímicas del medio en que viven, principalmente la salinidad. El tamaño habitual suele estar comprendido entre los 10 y 12 mm de longitud total, aunque en poblaciones de cepas partenogenéticas de ploidía elevada, puede alcanzar más de 20 mm. Su coloración suele ser rojiza Fig. 1. (Amat, 1985).



**FIG. 1.- Hembra adulta de *Artemia* vista ventralmente y cabeza de macho adulto. ON, ojo nauplio; A<sub>1</sub>, antenulas; A<sub>2</sub>, antenas; OC, ojo compuesto; L, labro; MN, mandíbulas; M, Y M<sub>2</sub>, maxilas; T<sub>1</sub>-T<sub>11</sub>, segmentos torácicos; BO, bolsa ovígera o útero; A<sub>1</sub>-A<sub>8</sub>, segmentos abdominales; 1-11, filopodos; FC, furca caudal. Tomado de Amat (1985).**

### 3.2. GENERALIDADES DEL CICLO DE VIDA

De acuerdo con los criterios morfológicos de Heat (1924) y Hentschel (1968), en *Artemia* se caracteriza XVIII fases de desarrollo. El ciclo de vida inicia con el estadio de nauplio, que da origen a formas denominadas metanauplios, que progresivamente llevarán a los estadios juvenil y adulto (Castro y Gallardo, 1982). Fig.2

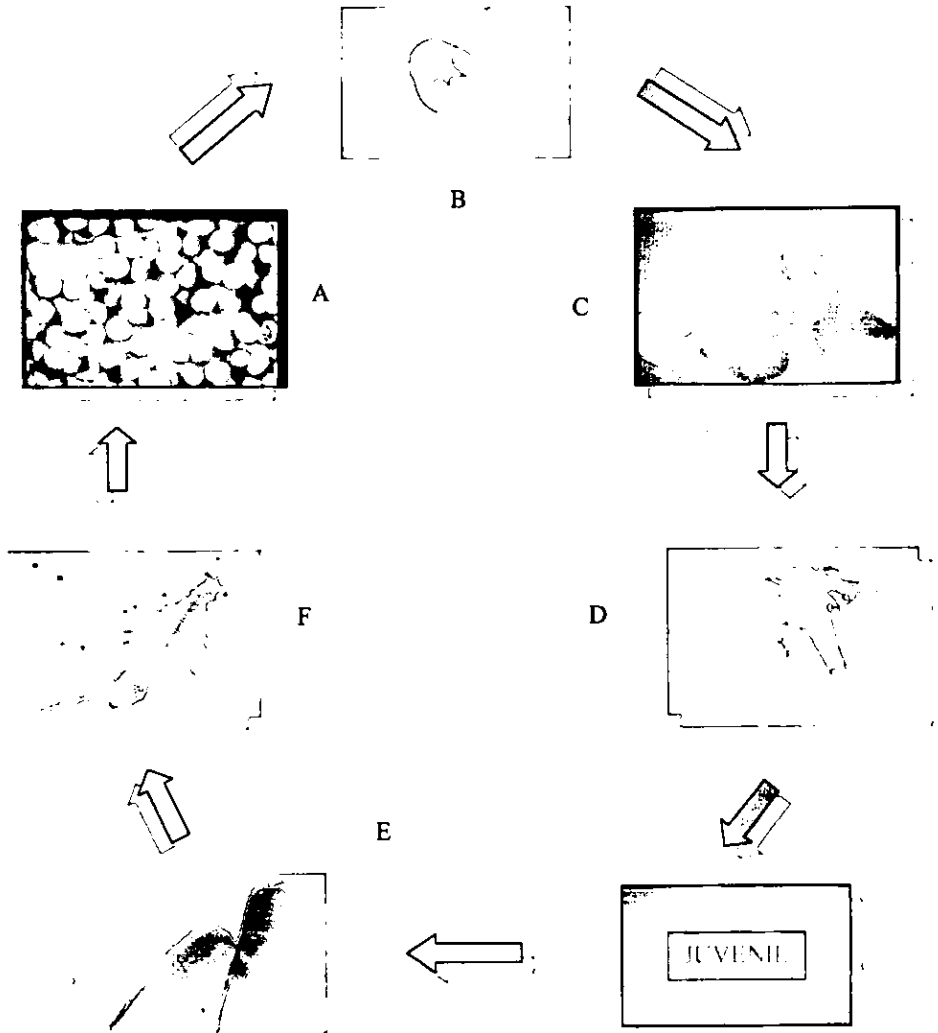
El tamaño, la frecuencia de muda y la rapidez del desarrollo de *Artemia*, varían de acuerdo con las distintas razas geográficas: bisexuales/partenogenéticas, diploides/poliploides; así como por la influencia de los diferentes factores fisicoquímicos del medio, tales como: la salinidad, temperatura y alimentación (Amat, 1985). En términos generales el ciclo biológico de este crustáceo tiene una duración de 14 a 17 días, aunque se han visto artemias cuyo ciclo biológico es de nueve días (Castro y Gallardo, 1982).

### 3.3. PARTICULARIDADES DEL APARATO DIGESTIVO

El aparato digestivo de la *Artemia* consta de un atrio bucal, un esófago, un par de pequeños divertículos globulares, que abarcan los segmentos cefálicos 2° y 3° y se asemejan a un estómago que se continúa con un tracto o tubo intestinal, y que termina en un ano (Castro y Gallardo, 1982).

La *Artemia* es un crustáceo filtrador, que obtiene su alimento mediante una constante actividad filtradora a través de los telopoditos de sus toracópodos. El batido rítmico de estos apéndices es coordinado ya que cada par inicia su movimiento cuando el par anterior ha verificado 1/6 del suyo. El espacio entre pares adyacentes de los toracópodos se amplía y estrecha alternativamente, esta actividad crea dos corrientes de agua en dirección opuesta, una de ellas superficial hacia el extremo posterior del cuerpo, inducida por los filópodos 1° al 5° y el 11°, la otra inducida en la base de los filópodos 6° al 10° que corre a lo largo del canal ventral de la región torácica (Amat, 1985).

Las partículas retenidas en los telopoditos son arrastradas por la segunda corriente en dirección al atrio bucal y encauzadas por el labro que las conglomerada con una secreción viscosa por el segregada; después de pasar a través de las maxilas y las mandíbulas ingresan en el esófago. Su aparato masticador es poco efectivo, pues las pequeñas partículas que ingiere apenas sufren la acción de las mandíbulas (Amat, 1985).



**FIG. 2.-** Ciclo de vida de *Artemia*. A, quistes; B, estado de preemergencia; C, nauplio; D, metanauplio; E, adultos en reproducción; F, hembra fecundada. Fotografías tomadas de "Life history Artemia" (Sorgeloos, 1996)



El alimento ingerido pasa por el esófago hacia un par de pequeños divertículos globulares que abarcan el 2º y 3º segmentos cefálicos, que se han unido a un estómago, donde se inicia la actividad enzimática. Posteriormente el alimento ingresa en el tubo intestinal, cuya pared esta formada por una sencilla capa de células epiteliales y una delgada membrana peritrófica. Al final de su recorrido intestinal, facilitado por unos movimientos rítmicos de contracción, los restos son eliminados por el ano en forma de cordones de heces de distinta coloración y consistencia, de acuerdo con la naturaleza y abundancia del alimento ingerido (Amat, 1985).

El dispositivo filtrador de *Artemia* retiene cualquier tipo de partículas en suspensión en el medio, ya sean de origen orgánico o inorgánico, se trata de un proceso continuo y no selectivo. El volumen filtrado depende de la concentración de partículas en suspensión; la tasa de filtración es mayor cuanto menor es la concentración, de forma que un incremento en la concentración de partículas en el medio disminuye la tasa de filtración (Castro y Gallardo, 1982).

Los nauplios recién nacidos se nutren de las reservas vitelinas acumuladas en el órgano nupal. A partir del estadio II capturan el alimento del medio por filtración, con ayuda únicamente de las segundas antenas, paulatinamente incorporan a este menester los telopoditos de los filópodos, conforme éstos se van desarrollando (Amat, 1985).°

### 3.4. ALIMENTACION NATURAL

En los biotopos hipersalinos la *Artemia* ingiere detritos orgánicos y organismos vivos de tamaño adecuado – de 1 a 30  $\mu$  en las primeras etapas de la vida y de 45 a 50  $\mu$  en la etapa de adulto (Castro y Gallardo, 1982)-, principalmente bacterias y algas microscópicas. Las bacterias suelen representar la biota predominante en aguas muy saladas, principalmente *Halobacterium* y *Halococcus*, como consecuencia de los elevados contenidos en materia orgánica. Estas formas alcanzan enormes densidades, dando coloración rojiza a las salinas.

Las microalgas en su mayoría representadas por *Dunaliella salina* y *D. viridis*, dan una coloración roja la primera y verde la segunda. Sin embargo, también puede aparecer una gran variedad de otros grupos como diatomeas, cianofíceas y clorofíceas.

Entre las cianofíceas destaca la forma unicelular *Coccochloris* (Davis, 1980); en los estanques de salinidad intermedia, en salinas de algunas latitudes, se establece una competencia entre esta alga y *Artemia*. Si las condiciones del medio permiten que el desarrollo de *Coccochloris* domine en el plancton, todos los demás organismos del biotopo son eliminados, incluso *Artemia*. Los estanques se convierten en un denso monocultivo de *Coccochloris*, creando condiciones anaerobias durante la noche. Esta alga excreta un metabolito que forma un mucílago viscoso que dificulta enormemente el proceso físico de

cristalización y precipitación de la sal en los cristalizadores: los cristales son pequeños y contaminados con muchas impurezas.

*Artemia* no tiene competencia por el alimento a elevadas salinidades. Aunque comparte el hábitat con enormes masas de formas larvarias de la mosca de la sal *Ephydra*, éstas tienen un hábitat y un régimen alimentario más propios de formas bentónicas. Sin embargo en salinidades inferiores a 150 o/oo tiene que competir con algunos invertebrados como rotíferos, ciliados, copépodos y otros anostráceos (Amat, 1985).

### 3.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA *Artemia*

De acuerdo con Lavens y Sorgeloos (1991), los requerimientos nutricionales de la *Artemia* pueden ser resumidos de la siguiente manera: (1) el rango óptimo de proteína:carbohidrato está situado entre 1:3 y 1:5; (2) los aminoácidos esenciales son probablemente los mismos para todos los crustáceos en general; (3) son esenciales los nucleótidos y esteroides exógenos; (4) las vitaminas esenciales son tiamina, nicotinamida, Ca-pantotenato, piridoxina, riboflavina, ácido fólico y putrescina; (5) los ácidos grasos poliinsaturados no son esenciales para el crecimiento, pero estimulan la reproducción. Pueden existir diferencias sutiles en los requerimientos nutricionales de las artemias de diferentes cepas geográficas. Hermandorena (1974), señala que a salinidades bajas, obtienen energía del almidón y que al incrementarse la salinidad los requerimientos de nutrientes energéticos decrecen y aumentan los requerimientos de proteínas.

En general *Artemia* acepta bien los flagelados como *Tetraselmis*, *Dunaliella* y *Monochrysis*, que según Parson et al. (1961), contienen mayores cantidades de proteínas (35-57 %) que de carbohidratos (15-30) y lípidos (3-10%), siempre que hayan sido cultivados en condiciones fisicoquímicas similares.

De acuerdo con D'Agostino (1980), en medios químicamente definidos, *Artemia* requiere de partículas que suministren carbohidratos (almidón), proteína (albúmina), ácidos nucleicos, ocho vitaminas solubles en agua y colesterol.

*Artemia* parece utilizar muy bien los carbohidratos químicamente bien definidos contenidos en los medios de cultivos artificiales, aunque no abundan en sus dietas naturales. La glucosa es el azúcar más importante en la hemolinfa de la mayoría de los crustáceos; en cambio el glucógeno parece ser el núcleo central del metabolismo intermedio, como lo indica su rápido agotamiento en el adulto, cuando se encuentra bajo condiciones de hipoadministración y en el desarrollo postembrionario en el nauplio. En cuanto a los lípidos, a excepción de los ácidos linoléico y linoleico, y el colesterol, no se consideran esenciales para el crecimiento y reproducción de muchos artrópodos. Sin embargo aún quedan por estudiar en profundidad la participación y significación de vitaminas liposolubles como A y E, los ácidos grasos

citados, los esteroides (colesterol y ergosterol), los ácidos nucleicos como el AMP y otros factores quizás desconocidos en el medio natural, pero que en medios de cultivo artificiales manifiestan tener gran importancia (Amat, 1985).

### 3.6. TRABAJOS REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE NUTRICION

Los diversos estudios realizados por Reeve (1963), aseguran a *Artemia* una tasa de conversión del alimento muy eficiente superior al 50 por ciento, calculada sobre nitrógeno proteico en peso seco. Es por lo tanto un organismo muy adecuado para la obtención de proteínas.

D'Agostino (1980), proporcionó interesantes datos sobre el valor alimenticio de diversos organismos del fitoplancton. De un total de 75 especies microalgales ensayadas, pertenecientes a diversos grupos (Clorofíceas, Crisofíceas, Criptofíceas, Dinofíceas, Bacilariofíceas, Cianofíceas, Rodofíceas y Euglenofíceas), deduce que las Clorofíceas y Bacilariofíceas son las mejor toleradas por *Artemia*, posibilitando buen crecimiento y desarrollo hasta alcanzar fases juveniles y adultas reproductivas.

Tobias, et al. (1979), utilizaron fitoplancton en un cultivo en circuito abierto, empleando agua marina profunda, rica en nutrientes para la producción masiva del fitoplancton (*Chaetoceros curvisetus*, *Isochrysis* y una crisófito no clasificada), a bajas concentraciones, debido que en estas condiciones, *Artemia* logra eficiencias de conversión del alimento superiores al 50 por ciento y alcanzó niveles de sobrevivencia que oscilaron entre el 90 y el 94 por ciento.

Dwivedi, et al. (1980), realizaron estudios para conocer el efecto de la salinidad y de diferentes combinaciones de alimento sobre el crecimiento, sobrevivencia, maduración sexual y fecundidad; Johnson (1980), probó cinco diferentes tipos de alimento: *Dunaliella* viva, *Spirulina* seca, *Enteromorpha* seca, *Rhodotorula* seca y salvado de arroz, cada uno con cinco concentraciones y encontró que con el salvado de arroz y *Rhodotorula* a una concentración de 0.10mg/*artemia*/día se obtenía un mejor crecimiento y sobrevivencia en los tres primeros días de cultivo y que considerando en total los siete días de cultivo el mejor alimento fue *Spirulina*.

D'Agostino (1980), mencionó que el crecimiento, sobrevivencia y reproducción dependen de la eficiencia de asimilación que varía con la calidad y cantidad de alimento, señalando también que la actividad metabólica de *Artemia* cambia con la edad.

Utilizando sistemas de cultivo intensivos "raceways" (Bossuyt y Sorgeloos, 1980) y "flow-through cultures" (Sorgeloos et al., 1983), para el cultivo de nauplios, obtuvieron excelentes rendimientos, suministrando como alimento sustancias inertes y baratas como el salvado de

arroz. En estos casos la eficiencia de conversión de *Artemia* es muy alta, considerando que con el salvado de arroz con un contenido de 13.4 por ciento de proteína se obtuvieron artemias con un contenido de 60 por ciento de proteína y coeficientes de conversión muy elevados ya que con 0.7-1 kg de salvado de arroz se puede obtener 1kg de biomasa de *Artemia* en peso húmedo.

Castro y Gallardo (1982), utilizaron *Spirulina* con alto contenido de proteína, con buena aceptación por *Artemia*, sin embargo presenta el problema del precio que es muy elevado y tiene que pasar por un proceso de trituración; además se observaron que se descompone rápidamente alterando la calidad del agua. Asimismo señalan que cuando se suministra *Spirulina*, se pueden tener los cultivos de *Artemia* a una salinidad baja de 5 ‰, pero si se alimenta con los desechos agrícolas, como el salvado de arroz, se tiene que pasar más allá de 25 ‰ de salinidad.

Rosowski (1989), alimentó a *Artemia franciscana* con *Chlorella sp* y obtuvo un rápido crecimiento aunque tuvo problemas para aislarla.

Se ha observado que *Dunaliella salina*, es muy buen alimento, pero en etapa larval, sin embargo no es muy adecuada para llevar a *Artemia* a la etapa adulta (Castro y Gallardo, 1982).

El hecho de que usando dietas con niveles bajos de proteína vegetal, da un buen resultado, sugiere que alimentar a *Artemia* con microalgas con un contenido de proteína entre 40 y 60 por ciento, representa un desperdicio de energía (Castro y Gallardo, 1982).

En lo que se refiere al Estado de Yucatán, Olguín (1987) inició trabajos de investigación en terrenos salineros de Xtampu, Mpio. de Dzemul y San Crisanto, Mpio. de Sinanche, registrando el rendimiento de quistes y biomasa en estanques rústicos. Al mismo tiempo efectuó estudios en Telchac Puerto para determinar la calidad de las cepas de artemias silvestres; Campos (1989) probó dietas elaboradas con productos no tradicionales de la región: *Cnidioscolus chayamsa*, euforbiácea conocida regionalmente como "Chaya"; *Leucaena leucocephala*, leguminosa conocida localmente como "Guaje" y *Canavalia ensiformis*, leguminosa conocida comúnmente como "Huaxin", asimismo utilizó como testigo harina de pescado; las dietas fueron elaboradas con los productos solos o combinados y observó que la *Canavalia* sola ocasionó la mortalidad de todas las artemias al cuarto día de cultivo y con el "guaje" solo o mezclado las artemias no alcanzaron la madurez sexual en 90 días: En cambio la harina de pescado sola, la "chaya" sola, "chaya"- "huaxin", pescado - chaya y pescado - huaxin, se obtuvo buen crecimiento, sin diferencias significativas entre ellas, por lo que todas las combinaciones pueden sustituir a la harina de pescado sola.

### 3.7. REPRODUCCION A SALINIDAD ELEVADA

La reproducción de *Artemia* es uno de los aspectos más interesantes de su biología. Puede presentar reproducción bisexual anfígónica o zigogénica, con presencia de machos y hembras, normalmente en igual proporción y reproducción partenogénica, generalmente telitoca. Ambas modalidades se excluyen.

Dentro de esta dualidad bisexual/partenogénica, las hembras pueden producir dos tipos de huevos: a) los que realizan el desarrollo embrionario totalmente en el interior del útero de la hembra y nacen directamente en forma de nauplios (proceso ovovivíparo) y b) los que al alcanzar el estado de blástula avanzada o gástrula incipiente, cesan en su desarrollo, se cubren de un corión resistente procedente de las glándulas de la cáscara y son emitidos por la hembra como quistes, huevos císticos de duración (proceso ovíparo). Algunos autores (Lochhead, 1940, 1941; Dutrieu, 1960) han diferenciado dos tipos de quistes: unos que dan una eclosión inmediata y subitánea, con aparición de los nauplios poco después de haber sido emitidos por la hembra; otros en estado de criptobiosis o de diapausa, en que pueden permanecer por más de diez años (Dees, 1961) y deben ser activados para su eclosión.

Las hembras de este género tienen la capacidad de cambiar de la oviviparidad a la oviparidad cuando las condiciones del medio ambiente son adversas. En general aunque la elevada salinidad ( y proporcional baja tensión de oxígeno) puede favorecer la producción de quistes, otros parámetros pueden influir también: el tipo de alimentación, la densidad de población, la edad de la hembra, el origen de la cepas (Amat, 1985). En relación a esto Dutrieu (1960) plantea que la oviparidad esta relacionada con la síntesis de hemoglobina, la cual es inversamente proporcional al contenido de oxígeno en el medio, si los animales consumen alimento que contienen clorofila, la hemoglobina es excretada por medio de la glándula de la cáscara, esto explicaría el bajo contenido de hemoglobina en la sangre de las hembras que producen embriones en diapausa. D'Agostino y Provasoli (1968) relacionan la oviparidad con la calidad y/o cantidad de alimento; Sorgeloos(1975) reporta la influencia definitiva del bajo nivel de oxígeno sobre la inducción de oviparidad; Versichele y Sorgeloos(1980) realizaron experimentos para conocer la influencia de diversos factores en el modo de reproducción de *Artemia*. Fig. 3

En las cepas bisexuales, tan pronto como los ejemplares han alcanzado la madurez sexual, cada macho intenta unirse a una hembra, mediante sus grandes antenas en forma de tenaza, después de lo cual ambos se moverán firmemente unidos largo tiempo hasta que la fecundación se haya completado. Durante este tiempo, la ovogénesis ha progresado en la hembra, lo que es posible observar gracias a la transparencia general del cuerpo del animal. Fig. 4

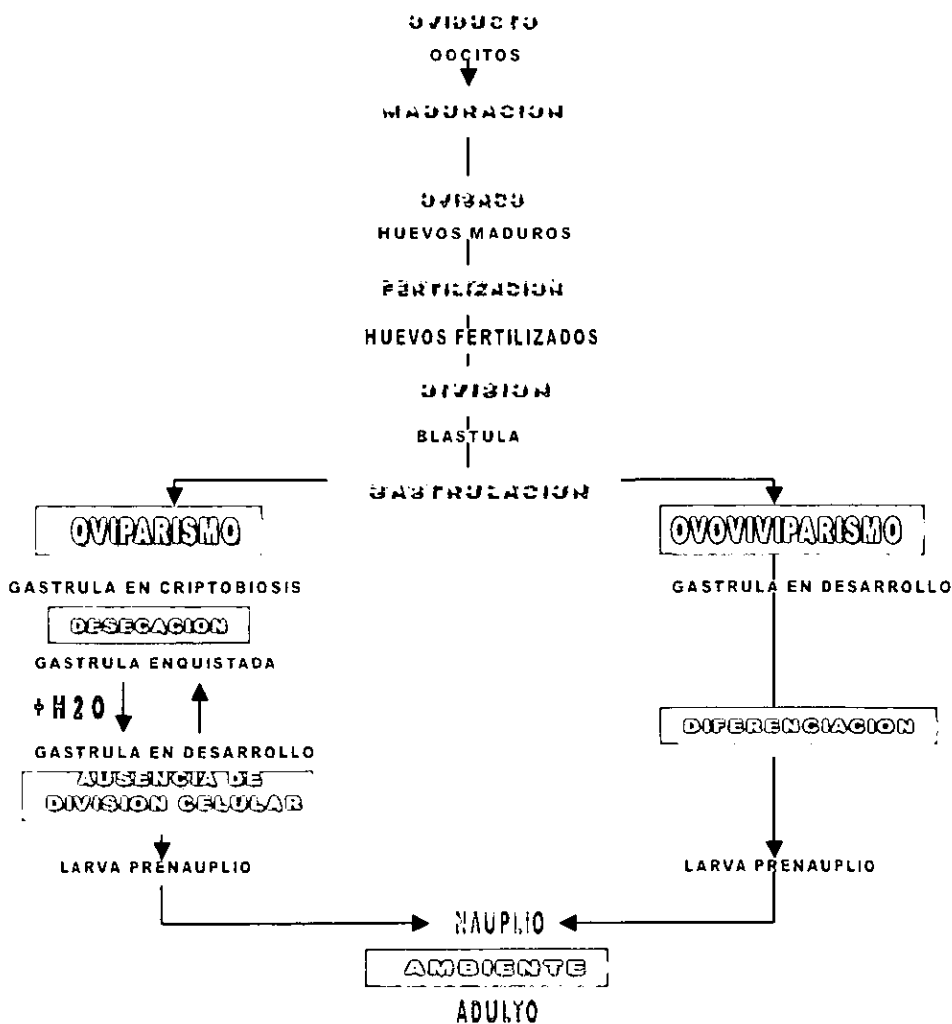
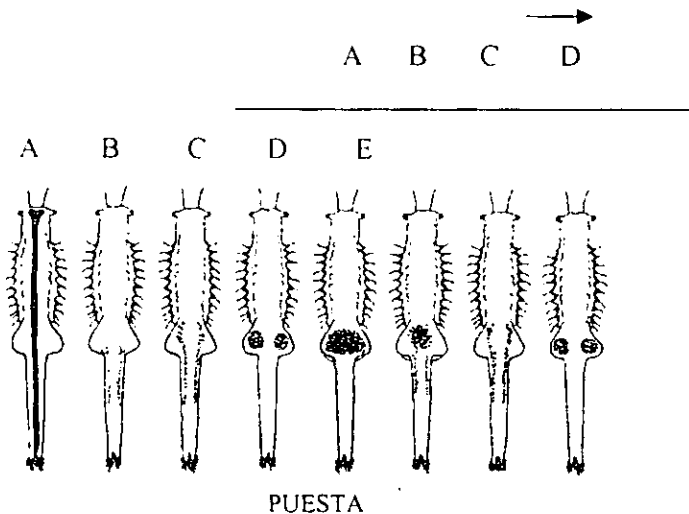


Fig. 3.- Esquema de la evolución del proceso reproductivo en *Artemia*.  
 Ovoviviparismo = gástrula en desarrollo. Oviparismo = gástrula en criptobiosis.  
 Tomado de Amat (1985).

Tras permanecer varias horas en los oviductos, los oocitos son fecundados al alcanzar una fase avanzada de maduración y pasan al útero donde se verificarán las primeras divisiones o segmentaciones del huevo. El desarrollo embrionario se completa en el útero de la hembra, hasta que ésta expelle toda la puesta de nauplios recién nacidos y un pequeño número de huevos que se desarrollaron defectuosamente. La secuencia es la misma para el caso de formación de huevos císticos.

Este ciclo suele abarcar entre cuatro y seis días. Con esta misma frecuencia, las hembras de *Artemia* efectúan puestas de nauplios o de huevos císticos, cuyo número total es muy variable, dependiendo de las cepas, de las condiciones del medio (salinidad, alimento) y de la edad de la hembra. La primera puesta de un ejemplar maduro oscila entre los 10 y los 30 nauplios o huevos císticos por puesta, mientras que los ejemplares de edad más avanzada, en perfecto estado reproductivo, pueden dar entre 100 y 400 (Amat, 1985).



**FIG. 4.- Evolución del proceso de ovogénesis en *Artemia*. B, activación del ovario; C, migración de los ovocitos; D, acumulación de los ovocitos en los oviductos; E, acumulación de los ovocitos en el útero. Tomado de Amat (1985)**

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. OBTENCION DE ORGANISMOS

Los organismos utilizados en la prueba fueron obtenidos a partir de quistes procedentes de la Granja Demostrativa de *Artemia*, propiedad de FIRA- Banco de México, ubicada en San Crisanto, Yucatán.

### 4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento (Cochran y Cox, 1983). La variable fue la dieta, se probaron cuatro dietas balanceadas con tres niveles de proteína (10.7, 30 y 35%) y dos fuentes (animal y vegetal) y se mantuvieron constantes: dosis de alimento, densidad (nauplio/ml), salinidad, oxígeno y temperatura.

### 4.3. DISEÑO DE DIETAS BALANCEADAS PARA ARTEMIAS.

Las dietas utilizadas presentaron tres niveles de proteína (10.7, 30 y 35 %) y dos fuentes de proteína (vegetal y animal), Tabla 1, quedando de la siguiente manera:

- A) Dieta control, utilizando pulido de arroz (10.7% de proteína), debido que es el alimento más usado mundialmente en los cultivos de *Artemia*.
- B) Dieta con un contenido de proteínas de 30% de origen vegetal
- C) Dieta con un 30% de proteína de origen animal.
- D) Dieta con 35% de proteína de origen animal



TABLA 1.- Composición de las dietas

INGREDIENTE	TRATAMIENTOS			
	DIETA A CONTROL 10.7 P. VEG.	DIETA B 30 % P. VEG.	DIETA C 30% P. ANIMAL	DIETA D 35 % P.ANIMAL
PULIDO DE ARROZ (%)	100	32	59.3	41
PASTA DE SOYA(%)		61		
ACEITE DE SOYA (%)		7	1.6	2
HARINA DE TRIGO (%)			1.5	10
HARINA DE PESCADO (%)			37.6	47

## ANALISIS PROXIMAL

PROTEINA (%)	10.7	30.2	30.3	35
GRASA (%)	11.7	11.4	11.4	10.8
E.L.N. (%)	65.4	47	46.5	44

ENERGIA DIGESTIBLE (Kcal/g)	4.09	4.11	4.09	4.13
P/E (mg prot./ Kcal)	26.1	73.4	74.08	84.7

Los valores de energía digestible se estimaron de acuerdo con Nose (1979), con 4 Kcal/g para proteínas y carbohidratos y 9 Kcal/g para lípidos.

### 4.3.1. SELECCION DE INGREDIENTES

En este trabajo se utilizaron ingredientes tradicionales, ya que es necesario conocer en primer lugar, el nivel de proteína óptimo, así como la fuente de proteína, para el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de *Artemia*, debido a que es un dato básico, a partir del cual posteriormente se podría empezar a sustituir con ingredientes no tradicionales.

Se tomaron en cuenta la disponibilidad de productos en la región, composición química y valor nutricional. De acuerdo con estos criterios fueron seleccionados: pulido de arroz, pasta de soya, aceite de soya, harina de trigo y harina de pescado.

### 4.3.2. ANALISIS PROXIMAL DE INGREDIENTES, BALANCEO Y ANALISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS.

Para obtener el tamaño de partícula que pudiera ser filtrada por la *Artemia* ( 25 micra), se utilizó un molino y tamizador eléctrico .

Para realizar el balanceo de los ingredientes y obtener el porcentaje de proteína requerido de cada dieta, se realizaron análisis proximales de materia seca, porcentaje de proteína, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas de cada uno de los ingredientes, de acuerdo con los métodos descritos en A.O.A.C. (1980). Tabla 2

La mezcla de ingredientes se efectuó con base en las proporciones calculadas por el método matemático de ecuaciones simultáneas. De esta forma se obtuvieron las cuatro dietas con el contenido proximal deseado.

Por último se efectuó un análisis proximal de las dietas elaboradas, para comprobar el contenido de proteína, grasa y extracto libre de nitrógeno (ELN) de cada una de ellas, con el método citado anteriormente.

Se planeó que la serie de dietas fuera también isocalórica, para ello la energía digestible de cada una, fue calculada de acuerdo con coeficientes fisiológicos determinados para peces por Nose (1979). Tabla 1.

**TABLA 2.- Análisis proximal de ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas experimentales para *A. franciscana*.**

INGREDIENTE	PROTEINA CRUDA (%)	GRASA (%)	FIBRA (%)	CENIZA (%)	E.L.N. (%)
HARINA DE PESCADO	62.61	7.77	0.33	11.6	17.7
PULIDO DE ARROZ	10.8	11.75	5.2	6.8	65.4
PASTA DE SOYA	44.11	1.21	4.29	6.2	44.2
HARINA DE TRIGO	10.87	1.62	0.67	0.3	86.5

#### 4.4. BIOENSAYO

##### OBTENCION DE NAUPLIOS DE *Artemia*

Incubación de quistes. Con el propósito de incrementar la eficiencia de eclosión se empleó la técnica de descapsulación propuesta por Sorgeloos et al. (1977) y Sorgeloos (1978). Se utilizaron 15 gr de quistes descapsulados, los cuales fueron distribuidos en siete matraces Erlenmeyer de un litro de capacidad cada uno, con agua de mar (34 o/oo) esterilizada por medio de radiación ultravioleta; se les colocó aireación moderada y se mantuvieron a iluminación permanente. Se realizaron muestreos a las 12, 13, 15 y 16 horas; de cada recipiente se tomaron cinco muestras de 1 ml, se contaron los nauplios presentes en cada muestra, se estimó el promedio y se extrapoló para todo el litro. Después de cada muestreo se repusieron los 5 ml de agua extraídos, a las 16 horas se obtuvieron los nauplios necesarios para las doce unidades experimentales.

Una vez colocados los nauplios en los acuarios se procedió a efectuar un muestreo en cada unidad experimental para comprobar que la densidad era la deseada.

Se realizaron los bioensayos en cuatro acuarios de 90 x 40 x 50 cm. con tres compartimentos de 60 litros de capacidad cada uno.

La salinidad se mantuvo constante en 150 ‰, de acuerdo con Vos y De la Rosa (1980) con el objetivo de inducir la reproducción ovípara. Para obtener la salinidad deseada, se mezcló sal de piedra con agua de mar, la cual fue filtrada y esterilizada por medio de radiación ultravioleta.

La densidad inicial fue de un nauplio/ml (Versichele y Sorgeloos, 1980). El volumen de cada unidad experimental fue de 10 litros de agua, por lo que se utilizaron 10 mil nauplios en cada una de ellas. La alimentación del tercer al décimo día, consistió en 0.1 mg *Artemia*/día, del 11° al 22° consistió de 0.6 mg *Artemia*/día (Jhonson, 1980).

## 4.5. MUESTREOS HIDROBIOLOGICOS

### 4.5.1. REGISTRO DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS

Se llevaron a cabo registros diarios de salinidad con un refractómetro American Optical (0-160 ‰,  $\pm 0.1$ ), de temperatura con un termómetro de mano Johnson (-20 a 110 °C  $\pm 0.5$ ) y pH con papel indicador; el oxígeno se mantuvo a saturación por la acción de aireadores y la iluminación artificial fue permanente.

### 4.5.2. REGISTRO DE CRECIMIENTO, SOBREVIVENCIA Y MADUREZ SEXUAL.

#### a) CRECIMIENTO

Se tomaron muestras de 40 organismos los días 0, 5, 10, 15, 22, los cuales se fijaron en formol al dos por ciento. Posteriormente fueron contados y medidos con el apoyo de un microscopio invertido marca Olympus al cual se le adaptó un ocular micrométrico.

La tasa de crecimiento de todo el ciclo se estimó por medio de regresiones lineales de longitud vs tiempo para cada dieta y para el análisis de las tasas de crecimiento por etapas,

se estimaron los promedios de longitud para cada unidad experimental en los tiempos: 0, 5, 10, 15 y 22 y las tasas se estimaron de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Tasa de crecimiento} = (L_f - L_i) / t$$

$L_f$  longitud final  
 $L_i$  longitud inicial  
 $t$  tiempo

#### b) SOBREVIVENCIA

Para estimar la sobrevivencia se realizaron tres muestreos: los días 10, 15 y 22. Para ello se tomaron 5 submuestras de 10 ml, distribuidas en las cuatro esquinas y en el centro de cada unidad experimental. Se contaron los organismos presentes en cada submuestra, se estimó el promedio y el error estandar y se extrapoló para el volumen total de la unidad experimental. La sobrevivencia se estimó de acuerdo con la formula:

$$\text{Sobrevivencia} = (\text{No. final} / \text{No. inicial}) \times 100$$

En estos muestreos se registró también la madurez sexual de las artemias para cada tratamiento. Considerandose como maduras las artemias con los caracteres sexuales secundarios : bolsa ovígera en las hembras y vesícula seminal y pene en los machos.

#### 4.6. ESTIMACION DEL INDICE DE RENDIMIENTO

Para integrar el crecimiento con la sobrevivencia se realizó la estimación del Indice de Rendimiento de acuerdo con la fórmula:

$$\text{I.R.} = \left[ \frac{(L_{fin} \times n_{fin}) - (L_{ini} \times n_{ini})}{(L_{ini} \times n_{ini})} \right] / t \times 100$$

I.R.	Indice de Rendimiento	$n_{ini}$	No. de org. inicial
$L_{fin}$	Longitud final	$n_{fin}$	No. de org. final
$L_{ini}$	Longitud inicial	$t$	tiempo

#### **4.7. ANALISIS PROXIMAL DE ARTEMIAS CULTIVADAS**

El día 22 se dio por terminado el experimento; se quitaron los aireadores y se congelaron por separado las artemias de cada tratamiento. Posteriormente fueron secadas en una estufa a 40°C durante cuatro horas y se procedió al análisis bromatológico de acuerdo con los métodos descritos anteriormente.

#### **4.8. ANALISIS ESTADISTICO**

##### **4.8.1. PARAMETROS FISICOQUIMICOS**

Se estimaron el promedio y error estandar de la Temperatura, Salinidad y pH, registrados en las unidades experimentales de cada tratamiento.

##### **4.8.2. CRECIMIENTO**

Para analizar el crecimiento por etapa, se aplicó la prueba de ANOVA de una vía a las tallas registradas para cada tiempo (0, 5, 10, 15 y 22), así como la prueba de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05. Asimismo se realizó una regresión lineal de la longitud vs tiempo para cada tratamiento y se efectuó un análisis de covarianza (Zar, 1984), para establecer diferencias entre las pendientes de las rectas de regresión de cada dieta y posteriormente una comparación múltiple de las pendientes a través de la prueba de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05. La tasa de crecimiento se estimó también para cada dieta por intervalos de tiempo: 0-5, 5-10, 10-15, 15-22 días del experimento y se les aplicaron también las pruebas de ANOVA de una vía, así como la de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05 (Zar, 1984).

##### **4.8.3. SOBREVIVENCIA**

Los porcentajes de sobrevivencia estimados para cada unidad experimental fueron transformados a arcoseno y se les aplicó el ANOVA de una vía, así como la Prueba de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05.

#### **4.8.4. INDICE DE RENDIMIENTO**

Los datos estimados para cada unidad experimental fueron transformados a arcoseno y se les aplicaron las pruebas de ANOVA de una vía y de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05.

#### **4.8.5. MADUREZ SEXUAL**

Los porcentajes estimados en las unidades experimentales de las dietas C y D fueron transformados a arcoseno y se les aplicaron las pruebas de ANOVA de una vía y de Newman-Keuls con una probabilidad de 0.05. En los datos obtenidos en las dietas A y B no se aplicó ninguna prueba ya que solo registraron maduración en una unidad experimental de cada tratamiento.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. PARAMETROS FISICOQUIMICOS

La temperatura promedio registrada en todas las unidades experimentales fue de 29.3°C, con una mínima de 27°C y máxima de 30°C. La salinidad se mantuvo en un rango de 150-156 ‰ en todas las unidades experimentales. En cuanto al pH, se mantuvo en un rango de 7-8. (Tabla 3)

**TABLA 3.- Promedios de Temperatura, Salinidad y pH de las unidades experimentales de *A. franciscana*.**

DIETA	TEMPERATURA	SALINIDAD	PH
	°C PROM. E.S.	‰ PROM E.S.	PROM. E.S.
A	29.30 ± 0.1 MIN 27 MAX 30	151.83 ± 0.3 MIN 150 MAX 156	7.6 ± 0.1 MIN 7 MAX 8
B	29.32 ± 0.1 MIN 27 MAX 30	152.09 ± 0.3 MIN 150 MAX 156	8.0 ± 0 MIN 8 MAX 8
C	29.29 ± 0.1 MIN 27 MAX 30	152.16 ± 0.3 MIN 150 MAX 156	7.8 ± 0.1 MIN 7 MAX 8
D	29.32 ± 0.1 MIN 27 MAX 30	151.92 ± 0.2 MIN 150 MAX 156	7.8 ± 0.2 MIN 7 MAX 8



## 5.2. CRECIMIENTO

### a) Crecimiento en longitud

Durante los primeros cinco días del experimento, la talla fue significativamente mayor en las artemias alimentadas con la dieta C (30% de proteína animal), registrándose una longitud de 2287.67 micra ( $P < 0.05$ ); asimismo el valor más bajo (2086.42 micra) se registró en las artemias tratadas con la dieta A (10.7% de proteína vegetal) presentando ésta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con la dieta D (35 % de proteína animal). Entre las dietas B (30 % de proteína vegetal) y la D (35 % de proteína animal) no se observaron diferencias significativas.(Tabla 4)

En el 10º día se registró una mayor talla (6,460.35 micra) $P < 0.05$  en las artemias alimentadas con 10.7% de proteína de origen vegetal (dieta A) con referencia a las dietas B, C y D entre las cuales no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). En el día 15 no se observaron diferencias significativas entre ninguna de las dietas ( $P > 0.05$ ). Al finalizar el experimento el día 22, la talla fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en las artemias alimentadas con las dietas C (30%) y D (35%) de origen animal en relación a las tratadas con las dietas A y B de origen vegetal ; no se registraron diferencias significativas entre A y B ni entre C y D ( $P > 0.05$ ).

**TABLA 4.- Longitud ( $\mu$ ) de *A. franciscana*, cepa San Crisanto, Yucatán, alimentada con diferentes dietas.**

DIETA	T 0 PROM. E.S.	T 5 PROM. E.S.	T 10 PROM. E.S.	T 15 PROM. E.S.	T 22 PROM. E.S.
<b>A</b> 10.7 P.V.	495.42 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	2086.42 $\pm$ 25.0 <sup>c</sup>	6460.35 $\pm$ 96.6 <sup>a</sup>	7558.08 $\pm$ 127.7 <sup>a</sup>	11228.52 $\pm$ 130.9 <sup>b</sup>
<b>B</b> 30 P. V.	494.58 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	2181.42 $\pm$ 24.9 <sup>b</sup>	5435.91 $\pm$ 82.6 <sup>b</sup>	7061.16 $\pm$ 126.6 <sup>a</sup>	11307.76 $\pm$ 125.3 <sup>b</sup>
<b>C</b> 30 P. A.	503.75 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	2287.67 $\pm$ 20.0 <sup>a</sup>	5953.66 $\pm$ 137.5 <sup>b</sup>	7573.96 $\pm$ 108.9 <sup>a</sup>	11819.51 $\pm$ 147.9 <sup>a</sup>
<b>D</b> 30 P. A.	497.50 $\pm$ 3.7 <sup>a</sup>	2210.08 $\pm$ 29.6 <sup>b</sup>	5539.35 $\pm$ 124.6 <sup>b</sup>	7216.67 $\pm$ 163.0 <sup>a</sup>	12059.73 $\pm$ 129.7 <sup>a</sup>

Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas  $P < 0.05$

## b) Tasa de crecimiento

El modelo que mejor se ajustó al crecimiento es el lineal, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0.9 en todas las dietas. (Tabla 5)

$$Y = mx + b$$

**TABLA 5.- Regresión de la longitud de *Artemia* vs tiempo, para cada dieta**

DIETA	ORD. AL ORIGEN	E.S.	PENDIENTE	E.S.	COEF. DE CORREL.	PROBABILIDAD
A	86.03	± 84.52	516.09	± 6.53	0.95	0.00
B	-140.80	± 72.71	511.28	± 5.61	0.97	0.00
C	-110.43	± 66.57	539.97	± 5.63	0.98	0.00
D	-269.08	± 90.32	544.53	± 6.97	0.95	0.00

El análisis de covarianza aplicado a las pendientes (tasa de crecimiento) de las líneas de regresión de las dietas, señala diferencias significativas entre ellas, con una F estimada = 3.22, mayor a la de tablas :  $F_{0.05 (1), 22, 42} = 2.61$  (Tabla 6).

La comparación múltiple de las pendientes establece que la tasa de crecimiento fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en las artemias tratadas con las dietas C y D - sin diferencias entre ellas ( $P > 0.05$ )- con relación a las alimentadas con las dietas A y B, también sin diferencias significativas entre ellas ( $P > 0.05$ ). Tabla 7.

**TABLA 6.- Análisis de Covarianza de las pendientes de las rectas de regresión de las dietas.**

REGRESION	SUM X <sup>2</sup>	SUM XY	SUM Y <sup>2</sup>	n	S.C. RESID.	G.L. RESID.
A	99250	51761794	27822634402	593	827337402	591
B	98950	49711037	25584789631	590	610689631	588
C	66040	35178197	19124543805	472	385816805	470
D	99874	52682981	28745297369	595	990333369	593
POOLED					2814177207	2242
COMUN	364114	189334009	1.01277E+11		2826322207	2245
TOTAL				2250		2248

El análisis de la tasa de crecimiento para los intervalos de tiempo: 0-5, 5-10, 10-15 y 15-22 días muestra que en los intervalos de 0-5, 5-10 y 10-15 no se observaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento registrada para cada tratamiento ( $P>0.05$ ). Al día 22 la tasa de crecimiento tendió a incrementar conforme se aumentó el nivel de proteína en la dieta, aunque tampoco se manifestó de manera significativa ( $P>0.05$ ); en cuanto al origen de la proteína, la tasa de crecimiento fue ligeramente superior en las artemias tratadas con las dietas de origen animal, pero no de manera significativa ( $P>0.05$ ). Sin embargo al comparar la tasa de crecimiento promedio de todas las dietas en cada intervalo de tiempo,

se observó la variación en la tasa de un intervalo a otro. Las tasas más altas (731.18 y 607.35  $\mu$ /día) fueron registradas en los intervalos: 5 a 10 días y de 15 a 22 días respectivamente y las tasas más bajas (301.03 y 338.72  $\mu$ /día) en los intervalos del día 10 al 15 y del día 0 al 5 respectivamente. (Tabla 8)

**TABLA 7.- Comparación múltiple (Prueba de Newman-Keuls) de las pendientes de las rectas de regresión de las dietas.**

COMPARACION	DIFERENCIA	E.S.	q	P	q <sub>0.05,2242,P</sub>	CONCLUSION
D vs B	544.53 - 511.28 = 33.25	3.97	8.37	4	3.63	Rechaza Ho
D vs A	544.53 - 516.09 = 28.44	3.97	7.16	3	3.31	Rechaza Ho
D vs C	544.53 - 539.97 = 4.56	3.97	1.15	2	2.77	Acepta Ho
C vs B	539.97 - 511.28 = 28.69	3.55	8.08	3	3.31	Rechaza Ho
C vs A	539.97 - 516.09 = 23.88	3.55	6.73	2	2.77	Rechaza Ho
A vs B	516.09 - 511.28 = 4.81	3.55	1.35	2	2.77	Acepta Ho

**TABLA 8.- Tasa de crecimiento ( $\mu$ /día) de *A. franciscana*, por intervalos de tiempo.**

DIETA	T 5		T 10		T 15		T 22	
	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.
A	318.2	± 5.0 <sup>a</sup>	874.79	± 19.6 <sup>a</sup>	219.55	± 32.1 <sup>a</sup>	524.35	± 26.1 <sup>a</sup>
B	337.37	± 5.0 <sup>a</sup>	650.90	± 17.1 <sup>a</sup>	325.05	± 30.4 <sup>a</sup>	606.66	± 25.4 <sup>a</sup>
C	356.78	± 4.1 <sup>a</sup>	733.20	± 22.9 <sup>a</sup>	324.06	± 35.6 <sup>a</sup>	606.51	± 26.7 <sup>a</sup>
D	342.52	± 5.9 <sup>a</sup>	665.85	± 25.4 <sup>a</sup>	335.46	± 41.2 <sup>a</sup>	691.87	± 29.7 <sup>a</sup>
PROMEDIO (INTERVALO)	338.72	± 8.0	731.18	± 51.1	301.03	± 27.3	607.35	± 34.2

Superíndice diferente en columnas indican diferencias significativas  $P < 0.05$

### 5.3. SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia se estimó a los días 10, 15 y 22 (Tabla 9). A los 10 días, la sobrevivencia de los organismos alimentados con la dieta C fue menor significativamente ( $P < 0.05$ ) en relación a los alimentados con las dietas A, B y D; entre los animales alimentados con estas dietas no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

A los 15 días la sobrevivencia fue significativamente mayor en un 9.7% en los organismos tratados con las dietas A y B, elaboradas con proteína vegetal con respecto a los tratados con dietas con proteína de origen animal ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la sobrevivencia de las artemias alimentadas con las dietas A y B, ni entre las alimentadas con las dietas C y D ( $P > 0.05$ ).

En el día 22 la sobrevivencia fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en las dietas A y B con respecto a los organismos tratados con las dietas C y D.

**TABLA 9.- Sobrevivencia (%) de *A. franciscana*, cepa San Crisanto, Yucatán, alimentada con diferentes dietas.**

DIETA	T 10		T 15		T 22	
	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.
<b>A</b> 10.7 P. V.	81.7	+/- 1.1 <sup>a</sup>	69.7	+/- 0.8 <sup>a</sup>	63.1	+/- 1.3 <sup>a</sup>
<b>B</b> 30 P. V.	74.3	+/- 2.4 <sup>a</sup>	71.9	+/- 1.2 <sup>a</sup>	67.5	+/- 1.8 <sup>a</sup>
<b>C</b> 30 P. A.	69.1	+/- 5.6 <sup>b</sup>	62.9	+/- 4.2 <sup>b</sup>	53.8	+/- 0.4 <sup>b</sup>
<b>D</b> 35 P. A.	71.6	+/- 2.1 <sup>a</sup>	62.9	+/- 2.0 <sup>b</sup>	50.3	+/- 4.6 <sup>b</sup>

Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas  $P < 0.05$

#### 5.4. INDICE DE RENDIMIENTO

El Índice de rendimiento, se calculó para los días 10, 15 y 22 (Tabla 10)

No se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en los días 10 y 15. Sin embargo en el día 22 el índice de rendimiento fue significativamente mayor (65.58%) en las artemias tratadas con la dieta B con relación a las alimentadas con las dietas A, C y D ( $P < 0.05$ ).

**TABLA 10.- Índice de Rendimiento de *A. franciscana*, alimentada con diferentes dietas.**

DIETA	T 10		T 15		T 22	
	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.	PROM.	E.S.
<b>A</b> 10.7 P. V.	93.13	± 3.1 <sup>1</sup>	64.47	± 7.8 <sup>a</sup>	60.12	± 2.9 <sup>b</sup>
<b>B</b> 30 P. V.	71.79	± 6.6 <sup>1</sup>	61.88	± 8.3 <sup>a</sup>	65.58	± 1.8 <sup>a</sup>
<b>C</b> 30 P. A.	70.73	± 5.7 <sup>1</sup>	56.26	± 1.4 <sup>a</sup>	52.91	± 2.2 <sup>b</sup>
<b>D</b> 35 P. A.	69.61	± 9.4 <sup>1</sup>	54.85	± 12.1 <sup>a</sup>	51.00	± 3.9 <sup>b</sup>

Superíndices diferentes en columnas indican diferencias significativas  $P < 0.05$

#### 5.5. MADUREZ SEXUAL

La madurez sexual se consideró al 15° día del experimento debido a que fue cuando se registró el cien por ciento de maduración en uno de los tratamientos. (Fig. 5)

El 100 % de madurez sexual se obtuvo en organismos tratados con la dieta D que fue la dieta con el mayor contenido de proteína (35 % d origen animal). En segundo lugar se

encontraron los organismos alimentados con la dieta C (30 % de proteína animal) con un 72.5 % de madurez sexual. En los tratamientos A y B solamente se registró madurez sexual en una de las unidades experimentales, por lo cual no se aplicó ninguna prueba estadística.

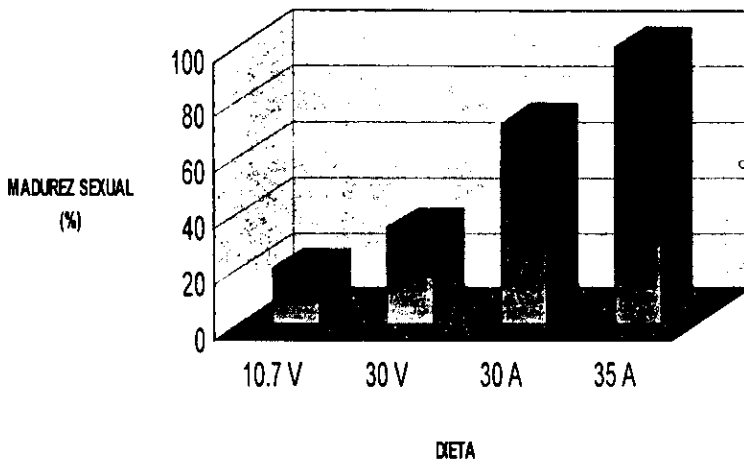


Fig. 5.- Madurez sexual de *A. franciscana*, cepa San Crisanto, Yucatán, alimentada con diferentes dietas.

\* No se aplicó ninguna prueba estadística.

#### 5. 6. ANALISIS PROXIMAL DE *Artemia*

El valor más alto de proteína se obtuvo en las artemias tratadas con la dieta D (35% de proteína de origen animal) con un 52 %. El valor mas bajo se obtuvo en organismos tratados con la dieta C (30% de proteína de origen animal) y fue del 40.1 %. El contenido de grasa fue mayor en artemias alimentadas con las dietas A y B, siendo 14.9 y 16.3 % respectivamente (Tabla 11).

**TABLA 11.- Contenido de proteína y grasa de *A. franciscana*, alimentada con diferentes dietas.**

PROXIMALES	DIETAS			
	A	B	C	D
PROTEINA (%)	48.4	46.9	40.1	52
GRASA (%)	14.9	16.3	11.6	8.7

A 10.7 % de proteína de origen vegetal; B 30 % de proteína de origen vegetal  
 C 30 % de proteína de origen animal; D 35 % de proteína de origen animal



## 6. DISCUSION

Los diferentes alimentos probados en el presente estudio afectaron el cultivo de la *Artemia franciscana*, Cepa San Crisanto, Yucatán, como pudo observarse en los valores de crecimiento, sobrevivencia, rendimiento y madurez sexual.

En longitud, los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos C y D, elaborados con proteína de origen animal (30 y 35 % respectivamente). Estos resultados, contradicen lo señalado por **Hanaoka (1973)** quién afirma que niveles de proteína superiores al 28 % afectan negativamente el crecimiento. Por otro lado, **Lavens et al. (1987)**, concluyen que el contenido de proteína por sí solo, no es determinante para obtener altas producciones de biomasa de adultos de *Artemia*; las dietas probadas por ellos con contenido de 34% y 55% de proteína cruda, presentaron producciones igualmente altas.

Cabe mencionar que se observó una variación en el efecto de las dietas, en las diferentes etapas del crecimiento, lo cual confirma lo señalado por **D'Agostino (1980)**, quién estableció que la sobrevivencia, crecimiento y reproducción son dependientes de la eficiencia de alimentación, la cual varía con la calidad y cantidad del alimento y que la actividad metabólica cambia con la edad: durante la emergencia, eclosión y primeras etapas postembrionarias predomina el metabolismo de proteínas-lípidos y en juveniles y adultos un metabolismo combinado de proteínas-lípidos y carbohidratos. Así, a los cinco días en la etapa de metanauplio, el 30 % de proteína animal proporcionó una mayor talla y la dieta con más bajo contenido de proteína (10.7 % de origen vegetal) registró la talla más baja dado que los requerimientos nutricionales en esta etapa son de proteínas y lípidos; además, probablemente la gran cantidad de fibra que contiene el salvado de arroz dificultó la ingestión en los primeros estadios larvarios. Sin embargo, a los 10 días de cultivo en la etapa juvenil, la talla más alta, se obtuvo con el menor nivel de proteína vegetal probablemente debido a la introducción de una mayor cantidad de carbohidratos de la dieta, lo cual produjo un ahorro de proteínas y a la importancia que tienen los carbohidratos en la fase juvenil. Esto confirma lo encontrado por **Dobbeleir et al. (1980)**, quienes probaron diferentes dietas inertes y en un periodo de 10 días obtuvieron los mejores resultados con el salvado de arroz, registrando una talla promedio de 4.26 mm . A los 15 días a pesar de que no hubieron diferencias significativas en las tallas registradas (7061.16 a 7573.96 micra), se observó la influencia determinante de la harina de pescado contenida en dos de las dietas, en el proceso de madurez sexual ya que con el 35 % se obtuvo el 100 % de madurez. Los resultados obtenidos en esta etapa son superiores a los obtenidos por **Lavens y Sorgeloos (1987)** , quienes reportan tallas promedio de 6.1 mm a los 14 días y a los 28 días de 7.4 mm, en sistemas "flow through", alimentando a las *Artemias* con una mezcla de levaduras con una emulsión de ácidos grasos altamente polinsaturados, a una salinidad de 50 ‰ y densidad de 5 artemias/ml. El último día del experimento (día 22), la fuente de proteína

influyó en las tallas obtenidas, siendo mayores en las dietas elaboradas con harina de pescado (30 y 35 % de proteína).

Las tallas registradas en las primeras etapas (día 5) son ligeramente inferiores, a las obtenidas por **Sorgeloos (1973)**, que fue de 2664 micra, en sistemas de alta densidad, con agua de mar artificial, a una temperatura de 28 °C y densidad de 1.6 nauplios/ml y utilizando como alimento *Dunaliella* congelada o células de *Scenedesmus* seca; esto podría explicarse por el pequeño tamaño de las mismas, que las hace más fáciles de ingerir y son mejor aprovechadas en las primeras fases larvarias. Por el contrario los datos obtenidos por el citado autor a los 10 días (5165 micra), son inferiores a los obtenidos en el presente trabajo, debido posiblemente a que las artemias juveniles requieren en su dieta mayor número de carbohidratos más que de una gran cantidad de proteína.

Asimismo, las tallas obtenidas en el presente trabajo, particularmente a los 10 y 15 días son considerablemente más altas que las obtenidas por **Lavens et al. (1985)**, en sistema cerrado "flow through" con agua de mar artificial 35 ‰, a 25 °C y suministrando una dieta elaborada con salvado de arroz micronizado y salvado de soya, donde obtuvieron a los 5 días una talla de 2.4 mm, a los 10 días una longitud de 4.8 mm y a los 14 días el crecimiento fue de 5.8 mm. **Rosowski (1989)**, en un medio enriquecido orgánicamente y sembrado con *Chlorella sp.*, a una temperatura de 24-28 °C, y con aireación de 1 min/día, obtuvo preadultos mezclados con adultos de 6-8 mm de 11 a 16 días; con aireación continua en 9 días obtuvo preadultos y adultos con una talla promedio de 7 mm y en 13 días una talla de 10.4 mm. **Jhonson (1980)** probó con densidades de 1nauplio/ml diferentes dietas y encontró los mejores resultados con *Spirulina* produciendo animales de 4 mm en 7 días.

En cuanto a la tasa de crecimiento, considerando todo el ciclo los valores más altos se obtuvieron con las dietas de origen animal, sin embargo, analizando las tasas por intervalos de tiempo, es interesante el hecho de que aunque no se observaron diferencias significativas entre las dietas en ninguno de los intervalos (días 0 a 5, de 5 a 10, de 10 a 15 y de 15 a 22), si es posible observar una diferencia entre intervalos en la tasa promedio de las dietas, de esta forma tenemos que la tasa de crecimiento varía en las diferentes etapas del crecimiento; en las fases de nauplio y de metanauplio a juvenil se registraron las tasas más bajas y en las fases de nauplio a metanauplio y de juvenil a adulto las tasas de crecimiento fueron más altas.

La sobrevivencia, presentó los mejores valores cuando la fuente de proteína fue de origen vegetal; la causa probable de los bajos porcentajes registrados en las dietas con proteína animal es la calidad del agua o toxicidad química. Esto se explica porque en este trabajo, no se eliminaron las partículas de deshecho y probablemente la harina de pescado rica en proteínas ocasionó el deterioro del agua. **Lavens y Sorgeloos (1991)** señalan que los alimentos ricos en proteína provocan el deterioro del agua por la elevación de compuestos nitrogenados tóxicos, a través de deaminación oxidativa, mineralización y procesos de nitrificación, así como por el amonio excretado por la *Artemia*, el cual varía en función de muchos factores entre ellos la calidad del alimento.

Por el contrario, los datos de sobrevivencia obtenidos por **Lavens (1989)**, quien probó diferentes sistemas de cultivo, muestran que en el sistema Stagnant, alimentando a las artemias con salvado de arroz, la sobrevivencia registrada fue de 30 % en 14 días de cultivo, este valor es mucho más bajo que el registrado en este trabajo. Asimismo **Lavens (1989)** probó levadura sola y mezclada con pellets de soya y con salvado de maíz, registrando sobrevivencias muy bajas ( 14 % en 14 días de cultivo) cuando suministró la levadura sola y al combinarla con la soya y con el salvado de maíz, la sobrevivencia mejoró hasta alcanzar el 50 %.

La sobrevivencia registrada en el presente trabajo, confirma lo señalado por **Dobbeleir, et al. (1980)**, quienes probaron diferentes dietas inertes en un periodo de 10 días y obtuvieron los mejores resultados con el salvado de arroz, registrando una sobrevivencia del 80 %. Por el contrario **Lavens, et al. (1985)** en sistema cerrado "flow through" con agua de mar artificial a 35 ‰ de salinidad y temperatura de 25°C y con una dieta elaborada con salvado de arroz micronizado y salvado de soya, obtuvieron a los cinco días una sobrevivencia del 71 %, a los 10 días una sobrevivencia de 58 % y a los 14 días la sobrevivencia fue de 57 %. **Lavens y Sorgeloos (1987)** obtuvieron mejores resultados al proporcionar a *Artemia* levadura enriquecida con una emulsión de ácidos grasos polinsaturados, registrando a los 14 días 100 % de sobrevivencia, a los 28 días 84 % y a los 35 días 62 %.

En el rendimiento, que es un índice de corrección del crecimiento relacionado con la sobrevivencia, y del cual se puede estimar la biomasa como criterio de producción, también se observa que fue la proteína de origen vegetal la que favoreció el cultivo de *Artemia*.

Los resultados de madurez sexual muestran que los tratamientos C y D que contenían la harina de pescado promovieron hasta 100 % de madurez, esto indica que es el aporte de proteína de origen animal y los lípidos que contiene, especialmente los ácidos grasos polinsaturados esenciales (serie W3), los responsables de la incorporación de nutrientes al vitelo del huevo. Esto confirma lo señalado por **Lavens y Sorgeloos (1991)**, quienes afirman que los ácidos grasos polinsaturados no son esenciales para el crecimiento, pero estimulan la reproducción. Asimismo **Lavens y Sorgeloos (1987)** señalan que para obtener una actividad reproductiva máxima, los adultos de *Artemia* requieren dietas mucho más completas que las utilizadas para el crecimiento larvario; sin embargo, ellos obtuvieron resultados mucho más bajos al probar una dieta mezclada de levadura fresca y una emulsión enriquecedora de ácidos grasos altamente insaturados y vitaminas, en un sistema "flow through" con agua de mar artificial a 50 ‰ de salinidad, temperatura de 25 °C y densidad de 5000 artemias/l, registrando a los 14 días una actividad reproductiva menor al 5 %, a los 21 días se registró 17 % y el día 35 el 88 %.

**Lavens y Sorgeloos (1984)**, concluyen que la producción puede ser incrementada por un manejo de la dieta y tomando como base lo afirmado por **Provasoli y Pintner (1980)**, en el sentido de que los lípidos son esenciales para la continua fertilidad de *Artemia*, probaron el salvado de arroz enriquecido con 9 % de aceite y obtuvieron no solamente el incremento en las tasa de fertilización, sino especialmente una tasa de fecundidad alta por hembra.

**Roman y Rodríguez (1986)**, en cultivo experimental extensivo en estanques de salinas, probaron dos cepas de *Artemia* partenogenética y bisexual en estanques fertilizados, con salinidades de 84 a 108 ‰ y temperatura de 22.5°C. A los 14 días observaron que el 38.46 % de las hembras bisexuales estaban maduras, con una talla promedio de 6.5 mm y que únicamente el 3.84 % de las hembras partenogenéticas, con tallas de 7.6 mm estaban maduras. A los 16 días el 91.4 % de las hembras bisexuales presentaban huevos en el útero y las tallas mínimas de los individuos maduros oscilaron entre 6.1-6.7 mm en los machos y 7.1-7.7 en las hembras.

Los proximales de las artemias cultivadas, en lo que se refiere al contenido de proteína, señalan valores ligeramente más altos en los tratamientos A (10.7 % de proteína vegetal) y D (35 % de proteína animal), esto quiere decir que no afectaron ni el nivel (ya que son precisamente las dietas con los contenidos de proteína más bajo y más alto respectivamente) ni la fuente de proteína ya que una de ellas es de origen vegetal y la otra de origen animal. Sin embargo el contenido de grasa registrado, presentó una tendencia a disminuir en las artemias tratadas con las dietas C y D, elaboradas con harina de pescado, lo cual pudo ser ocasionado por la etapa reproductiva, ya que fueron precisamente las artemias tratadas con estas dietas las que alcanzaron la madurez sexual y empezaron a reproducirse desde los quince días de edad.

## 7. CONCLUSIONES

- 1°. Tanto el nivel protéico como el origen de las proteínas afectaron el crecimiento, sobrevivencia y reproducción de las artemias.
- 2°. A los cinco días en estadio de metanauplio, con el 30 % de proteína animal se obtuvo una talla significativamente mayor
- 3°. A los diez días en la fase juvenil la mayor talla fue obtenida con el menor nivel de proteína de origen vegetal.
- 4°. A los quince días (etapa adulta), las mayores tallas se obtuvieron con las dietas elaboradas con proteína animal. Sin embargo la sobrevivencia fue significativamente menor con estos tratamientos. No se observaron diferencias significativas en el índice de rendimiento.
- 5°. La harina de pescado promovió la madurez sexual, hasta en un 100%
- 6°. El último día del experimento (día 22), la talla fue significativamente mayor en las artemias tratadas con proteína animal. La proteína vegetal proporciono una mayor sobrevivencia. El índice de rendimiento fue mayor en las artemias tratadas con 30 % de proteína vegetal.
- 7°. La tasa de crecimiento considerando todo el ciclo fue significativamente mayor en las artemias tratadas con las dietas de origen animal.
- 8°. La tasa de crecimiento por intervalos de tiempo no registró diferencias significativas entre las dietas en ningún intervalo, pero si se observaron diferencias en el promedio de las tasas de crecimiento de todas las dietas de un intervalo a otro, siendo mayor la tasa en las fases de nauplio a metanauplio y de juvenil a adulto.
- 9°. En el contenido de proteína de las artemias cultivadas no se observó influencia ni del nivel, ni del origen proteico. En cuanto al contenido de grasa se noto la influencia del origen de la proteína. Los porcentajes más altos se obtuvieron con las dietas a base de proteína de origen vegetal y los más bajos con los tratamientos a base de proteína de origen animal

### **RECOMENDACIONES:**

**1°. Durante los primeros diez días del cultivo, es recomendable utilizar pulido de arroz, para la obtención de juveniles.**

**2°. Para promover la madurez sexual, debe incluirse necesariamente fuentes de proteína animal que provean, los lípidos necesarios, para la formación de los huevos.**

## 9. LITERATURA CITADA

- ABREU-GROBOIS, F. A., 1987.** Perspectivas para el aprovechamiento de *Artemia* en la Acuicultura Nacional. Mem. de la Reunion Nacional de Investigación y Tecnología Pesquera. 13 p.
- AMAT, F., 1985.** Biología de *Artemia*. Inf. Técn. Inv. Pesq. 126-127:59pp
- A.O.A.C., 1980.** Official Methods of Analysis, 13 th de. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., U.S.A.
- BOSSUYT, E., AND P. SORGELOOS, 1980.** Technological aspects of the batch culturing of *Artemia* in high densities. The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3 Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium 456 p.
- CAMPOS, M., 1989.** Apoyo al desarrollo de la acuicultura en Yucatán. Optimización d alimentos para *Artemia* salina a partir de ingredientes no tradicionales propios de la región yucateca. Tesis Lic., Fac. Química, UNAM. 82pp
- CASTRO, T., y C. GALLARDO, 1982.** *Artemia* sp. Cuadernos CBS 2, UAM Xochimilco, 42pp.
- COCHRAN, W. y G. COX, 1983.** Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México. 661 pp.
- D'AGOSTINO, A. AND L. PROVASOLI, 1968.** Effects of salinity aand nutrients on mono and dioxenic cultures of two strains of *Artemia* salina. Biol. Bull. Vol. 134 No. 1
- D'AGOSTINO, A., 1980.** The vital requirements of artemia: Physiology and nutrition. The Brine Shrimp Artemia Vol. 2. Universa Press, Wetteren, Belgium, 664 p.
- DEES, T., 1961.** Brine shrimp fishery. De. Leflet.
- DAVIS, J.S., 1980.** Experiences with *Artemia* at solar saltworks: 51-55. In : The brine shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology, Culturing , Use in Aquaculture. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels and E. Jaspers. Universa Press, Wetteren, Belgium. 456pp
- DOBBELEIR, J., ADAM, N., BOSSUYT, E., BRUGGEMAN, E. Y P. SORGELOOS, 1980.** New aspects of the use of inerts diets for high density culturing of brine shrimp. The Brine Shrimp Artemia, Vol. 3, Universa Press, Wetteren, Belgium, 456 p.

DUTRIEU, J., 1960. Observations biochimiques et physiologiques sur le développement d'*Artemia salina* Leach. Arch. Zool. Exp. Gen., 99: 1-134p

DWIVEDI, S.N., S.K.R. ANSARI AND Q. AHMED, 1980. Mass culture of brine shrimp under controlled condition in cement pools at Bombay, India. In: The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium. 456 p

HANAOKA, H., 1973. Cultivation of three species of pelagic micro-crustacean plankton. Bull. Plankton Soc. Jap. 20(1): 19-29 (en Japonés, resumen en Inglés).

HEAT, H., 1924. The external development of certain phylloporods. J. Morph., 38(4):453-483.

HENTSCHEL, E., 1968. Die postembryonalen Entwicklungsstadien von *Artemia salina* Leach bei verschiedenen Temperaturen (Anostraca, Crustacea). Zool. Anz., 180:372-384

HERNANDORENA, A., 1974. Effects of salinity on nutritional requirements of *Artemia salina*. Biol. Bull. 146:238-248 pp.

JOHNSON, D., 1980. Evaluation of various diets for optimal growth and survival of selected life stages of *Artemia*. The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium, 456 p.

KINNE, O., 1977. Marine Ecology Vol. III. Cultivation pt 2. John Wiley and Sons., New York. 1293pp

LAVENS, P. AND P. SORGELOOS, 1984. Controlled production of *Artemia* cysts under standard conditions in a recirculating culture system. Aquacultural Engineering 3:221-235 p.

LAVENS, P. AND P. SORGELOOS, 1987. Design, operation, and potential of a culture system for the continuous production of *Artemia* nauplii. Artemia Research and its application Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. P: Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Declen, and E. Jaspers (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium, 556 p.

LAVENS, P., BAERT, P., DE MEULEMEESTER, A., VAN BALLAER, E. AND P. SORGELOOS, 1985. New developments in the high density flow-through culturing of brine shrimp *Artemia*. J. World Maricult. Soc. 16:498-508 p

LAVENS, P., D'MEULEMEESTER, AND P. SORGELOOS, 1987. Evaluation of mono and mixed diets as food for intensive *Artemia* culture. Artemia Research and its Applications, Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium, 556 pp.



- LAVENS, P. AND P. SORGELOOS, 1987.** Design, operation and potential of a culture system for the continuous production of *Artemia* nauplii. Artemia Research and its Applications, Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium 556 pp.
- LAVENS, P., 1989.** Intensieve produktie en Kwaliteitsonderzoek van *Artemia* adulten en hun nakomelingen. Ph. D. Thesis, State University of Ghent, Belgium.
- LAVENS, P. AND P. SORGELOOS, 1991.** Production of *Artemia* in Culture Tanks. Artemia Biology. Ed. Robert A. Browne, Patrick Sorgeloos, Clive N.A. Trotman 374 p.
- LEGER P., NAESSENS, E. AND P. SORGELOOS, 1987.** International study on *Artemia* XXXV. Techniques to manipulate the fatty acid profile in *Artemia* nauplii and the effect on its nutritional effectiveness for the marine crustacean *Mysidopsis bahia* (M.). Artemia Research and its Applications, Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium 556pp
- LOCHHEAD, J.H. and M.S. LOCHHEAD, 1940.** The Eggshells of the brine shrimp *Artemia*. Ana. Rec., 78 (4 Suppl.): 75-76.
- LOCHHEAD, J. H., 1941.** *Artemia*, the brine shrimp. Turtox News, 19 (2): 41-45.
- NOSE, T., 1979.** Diet composition and feeding techniques in fish culture with complete diet. World Symposium of finfish nutrition and fish feed technology, Vol. 1:283-291.
- OLGUIN, M., 1986.** Informe Técnico. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpeten, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca.
- OLGUIN, M., 1987.** Informe Técnico. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpeten, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca.
- PARSON, T.R., K. STEPHENS AND J.D.H. STRICKLAND, 1961.** On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. J. fish. Res. Bd. Can., 18: 1001-1016.
- PERSOONE, G. AND P. SORGELOOS, 1980.** General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. The Brine Shrimp Artemia, Vol. 3. Universa Press, Wetteren 456 pp.
- PROVASOLI, L. AND PINTNER, I.J., 1980.** Biphasic particulate media for the parthenogenetic *Artemia* of sete, in The Brine Shrimp Artemia, Vol. 2, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O., and Jaspers, E., Eds., Universa Press, Wetteren, Belgium, 321.
- ROMAN, J.M. y A. RODRIGUEZ, 1986.** Cultivo de *Artemia* en estanques de Salinas de Cadiz(SO de España). Inv. Pesq. 50(3):407-419p

**REEVE, M.R., 1963.** Grow efficiency in *Artemia* under laboratory conditions. Biol. Bull. 125(1): 133-145.

**ROSOWSKI, J, 1989.** Rapid Growth of the Brine Shrimp *Artemia franciscana* Kellogg. in Xenic Cultures of *Chlorella* sp (Chlorophyceae). Aquaculture 81:185-203. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

**SEMARNAP, 1996.** Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000. Periferico sur 4209. Fracc. Jardines en la Montaña, 14210 Tlalpan, Mexico, D.F. 96 pp.

**SORGELOOS, P., 1973.** High density culturing of the brine shrimp *Artemia salina* L. Aquaculture 1:385-391 pp

**SORGELOOS, P., 1975.** De invloed van abiotische en biotische factoren op de levenscyclus van het pekelkreeftje, *Artemia salina* Leach. Thesis State University of Ghent. 235 p.

**SORGELOOS, P., BOSSUYT, E., LAVIÑA, E., BAEZA-MESA, M., AND G. PERSOONE, 1977.** Decapsulation of *Artemia* cysts: a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture. Aquaculture 12: 311-315 pp

**SORGELOOS, P., 1978.** The culture and use of brine shrimp *Artemia salina* as food hatchery raised larval prawns, Shrimp and Fish in South East Asia. FAO Report THA.75/008/78/WP3. 50 p.

**SORGELOOS, P., BAEZA-MEZA, M., BOSSUYT, E., BRUGGEMAN, E., DOBBELEIR, J., VERSICHELE, D., LAVIÑA, E. AND A. BERNARDINO, 1980.** Culture of *Artemia* on rice bran: the conversion of a Waste-product into highly nutritive animal protein. Aquaculture 21:393-396 pp.

**SORGELOOS, P., E. BOSSUYT, P. LAVENS, P. LEGER, P. VANHAECKE AND D. VERSICHELE, 1983.** The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. In: CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1 (Mcvey, J.P., de.) Boca Raton, Fla. EE.UU.

**SORGELOOS, P., P. LAVENS, P. LEGER, W. TACKAERT, D. VERSICHELE, 1986.** Manual for the culture and use of Brine Shrimp *Artemia* in Aquaculture. The Belgian Administration for Development Cooperation. The food and Agriculture Organization of the United Nation, State University of Ghent, Belgium Faculty of Agriculture. 319 p.

**TOBIAS, W., P. SORGELOOS, E. BOSSUYT, AND A. ROELS, 1979.** The technical feasibility of mass culturing *Artemia salina* in the St Croix "Artificial Wpwwelling" Mariculture System. Proc. 10 th Ann Meeting, W.M.S.

**VERSICHELE, D. AND P. SORGELOOS, 1980.** Controlled production of Artemia cysts in batch cultures. The Brine Shrimp Artemia, Vol. 3. Universa Press, Wetteren, Belgium. 456pp.

**VOS, J. AND N.L. DE LA ROSA, 1980.** Manual on Artemia Production in Salt ponds in the Philippines. FAO/UNDP-BFAR, Brackishwater Aquaculture Demonstration and training projec PHI/75/005. 44PP.

**ZAR, J.H., 1984.** Bioestatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. A Simon and Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey, 718 pp.