



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS
ENSENADA, BAJA CALIFORNIA



Evaluación de tres densidades de Artemia franciscana cultivada en condiciones de laboratorio y costos de producción.

Tesis

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios
para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

presenta:

OCEAN. MARGARITA CERVANTES TRUJANO

Enero, 1996
Ensenada, B.C. México.

Evaluación de tres densidades de Artemia franciscana cultivada en condiciones de laboratorio y costos de producción.

Resumen

Se llevaron a cabo cultivos semi-intensivos con Artemia franciscana en condiciones de laboratorio. Se ensayaron tres densidades (4, 10 y 13 org/ml) de siembra durante 17 días. Se efectuaron recambios de agua cada 24 hrs, que contenía a la microalga Chaetoceros mulleri suministrada como alimento. Se evaluó la sobrevivencia, mortalidad, cosecha final, rendimiento y composición proximal de Artemia franciscana y del alimento suministrado.

La densidad celular de Chaetoceros mulleri fue baja, lo que condicionó a que la densidad celular estuviera por debajo del óptimo. La calidad del agua del cultivo fue buena. Se obtuvieron sobrevivencias de 93.28% para la densidad de 4 org/ml, 76.93% para la densidad de 10 org/ml y 79.74% para la densidad de 13 org/ml. La talla máxima alcanzada fue de 3.31 mm para la densidad de 10 org/ml, 3 mm para la densidad de 4 org/ml y 2.5 mm para la densidad 13 org/ml. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la biomasa cosechada y el rendimiento, que fue de 199 g y 132.66 g/m³ para la densidad de 13 org/ml, 189.9 g y 126.53 g/m³ para la densidad de 4 org/ml y 186.15 g y 124.1 g/m³ para la densidad de 10 org/ml. La composición proximal presentó variabilidad entre cultivos. La densidad de 4 org/ml registró 21.51% de proteínas, 22.57 % de lípidos y 34.45 % de carbohidratos; la densidad de 10 org/ml presentó el 16.29 % de proteínas, 19 % de lípidos y el 13.49 % de carbohidratos; la densidad de 13 org/ml obtuvo un 22.9% de proteínas, 21.1 % de lípidos y 11.73 % de carbohidratos.

En un contexto general, la densidad de 4 org/ml resulta ser el cultivo más adecuado para la producción de Artemia franciscana en condiciones de laboratorio. Este sistema cerrado no requiere grandes volúmenes de agua, es versátil y puede ser instalado en la zona costera o en áreas alejadas de la costa.

La biomasa total obtenida en el sistema fue de 1149.9 g, siendo el costo total de producción de N\$ 283.98 (\$ 47.33 dolares). Este producto en el mercado de menudeo genera una ganancia de N\$ 1236.02 y en el mercado mayorista (N\$ -54.00), por lo que sería necesario optimizar la densidad de 4 org/ml para obtener mayores biomásas.

La producción de biomasa de Artemia franciscana resulta económicamente rentable, pero es necesario seguir promoviendo el desarrollo y mejoramiento de su tecnología en base a los recursos disponibles en el país, tratando así de reducir los costos de producción.

Evaluación de tres densidades de Artemia franciscana cultivada en condiciones de laboratorio y costos de producción.

T E S I S

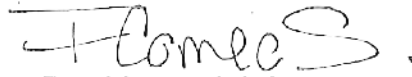
QUE PRESENTA:

Margarita Cervantes Trujano

Para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

APROBADA POR:



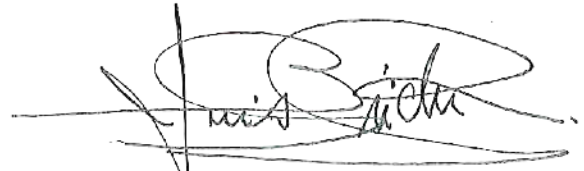
Presidente del Jurado

Dr. Francisco Correa Sandoval



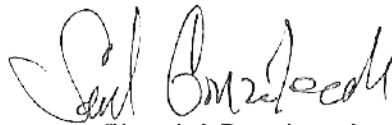
Sinodal Propietario

Dr. Domenico Voltolina Lobina



Sinodal Propietario

Dr. Fernando Bückle Ramírez



Sinodal Propietario

M. en C. Saul González Medina

El Mar

Desde los albores de la historia, el mar ha causado la curiosidad del hombre. Tal vez más notable aún sea el efecto que ha tenido sobre la parte espiritual del hombre. La maravilla que ha sido provocada por este ambiente, el más inaccesible y desafiante de todos, de la naturaleza, y de las diversas respuestas emocionales que los océanos y sus ocupantes han causado en el corazón humano.

Soneto

No te des por vencido, ni aun vencido,
no te sientas esclavo, ni aun esclavo;
trémulo de pavor, piénsate bravo,
y arremete feroz, ya mal herido.
Ten el tesón del clavo enmohecido,
que ya viejo y ruin vuelve a ser clavo;
no la cobarde intrepidez del pavo
que amaina su plumaje al primer ruido,
Procede como Dios, que nunca llora;
o como lucifer, que nunca reza,
o como el robledal, cuya grandeza
necesita del agua y no la implora...

Avanti!

Si te postran diez veces, te levantás
Otras diez, otras cien, otras quinientas...
No han de ser tus caídas tan violentas
ni tampoco por ley han de ser tantas.

(Almafuerte).

DEDICATORIAS.

Dedico este trabajo, resultado de un esfuerzo hecho con gusto.

A:

La suma de todos los poderes, de todas las energías, de todos los conocimientos, de todas las perfecciones, de todos los amores. Formidable Suma de millares de millones de unidades, que forman estrechamente unidas, la infita fuerza creadora que llamamos Dios.

Mi mamá Silvia Trujano Moncada

Una gran mujer, por su ejemplo y perseverancia en sus convicciones, por el amor que nos da y porque por ella aprendí agradecerle a la vida la oportunidad de estar aquí.

Mi país México.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco infinitamente a todos lo que me han apoyado, exhortado, sonreído y enseñado durante este tiempo.

A mi Director de Tesis. Dr. Francisco Correa-Sandoval, por su paciencia, dirección, buena voluntad y por el apoyo recibido en su proyecto. Gracias!

A mis sinodales: Dr. Domenico Voltolina, Dr. Fernando Bückle, M. en C. Saul Gonzalez, por su disposición, orientación y sugerencias en la elaboración de este trabajo.

A la Dra. Beatriz Cordero S. por compartir su experiencia, tips, material y por las horas dedicadas para revisar mis datos, Gracias!.

A Ocean. Leticia Monroy, por apoyarme y estar al pendiente de mi en el laboratorio de Bioquímica, por sus porras cuando algo salía mal y porque toda su ayuda.

A c. M. en C. Enrique Valenzuela del I.I.O por su apoyo y asesoría para la realización de este experimento..

A mis maestros: M. en C. Oscar Delgado, Dr. Oscar Sosa, M. en C. Rafael Solana, Dr. José Zertuche, Dr. Guillermo Villareal, Dra. Elizabeth Orellana, Dr. Ricardo Searcy, M. en C. Ignacio Mendez, M. en C. Jorge Ledezma, Dr. Eduardo Santamaria, Dr. Zaul García, M en C. Antonio Silva; por compartir conmigo de su conocimiento, de su experiencia.

A mis compañeros quienes enriquecieron con su participación e ingenio los temas en clases.

Al personal del Departamento de acuicultura del CICESE en especial a : M. en C. Claudia Farfán, c. M. en C. Gabriel Correa, M. en C. Mónica Hernández, M. en C. Benjamín Sevilla, Ocean. Francisco Valenzuela y Karla, por su amabilidad, apoyo y compañerismo.

A Ocean. Julio Palleiro, Ocean. Amelia, Ocean. Tania, Ocean. Munir, Ocean. Jesús Esquivel, Ocean. Polo, por su apoyo y porque es motivador encontrar gente como ustedes donde deben estar: en PESCA.

A Ing. Armando Jiménez y L.A.E Edmundo Marquez de la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica, por su orientación y motivación.

A los Ocean. Fernando, Ingrid y Jorge de la Dirección de Ecología del Estado

Al personal de la F.C.M. y del I.I.O de la UABC.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que me otorgó una beca durante mi estancia en el Posgrado en Oceanografía Costera de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California.

“Los milagros ocurren naturalmente como expresiones de Amor. El verdadero milagro es el amor que los inspira. En este sentido, todo lo que procede del amor es un milagro”.

A mis Hermanos Ruth, Edgar y mi sobrina Silvia Ruth, por su apoyo, cariño y motivación durante este tiempo.

A mis tíos y primos.

A todos ustedes que tienen un lugar especial en mi corazón, por los momentos juntos y porque cada quien en diferentes maneras buscamos ser mejores.

A Perla Osorio por nuestra especial amistad, a Mary Cervantes por ser magnífica amiga y compañera, gracias por tu ayuda!, a Mayra Contreras (M), Mario Yesca TQM, Victor Plata TQM (M), Moramay Badillo ☺, Gilberto Velázquez ☺ Un gran amigo!, Rosalba Cordero TQM, Jose Luis Pech (Abogado), Gustavo Barbosa, Laura E. Carrillo y Celia Ramírez (por el cariño), Lolita Anaya ☺, Alejandra Hernandez ☺, Sergio Flores ☺, Francisco Muños ♠, Leticia Ramirez (M), Gisel Tinoco ♠, Cynthia Waller ♥, Martha Carrasco ♥, Edgar Manzanarez ♥, Carelia Ramirez ♥, Daniel Martinez ♣., Martha y Jaime ♣, Primi ♣

A Alejandra Mora y a Lucia Villegas por el tiempo juntas, lo que he aprendido, sus consejos, las charlas y el cariño que hay. También a la familia Villegas Ramírez (en especial a la Sra. Lucía).

A Felipe, Alex, Martin y sus respectivas familias por su apoyo y entusiasmo

Un comentario de buena voluntad

El proceso de crecer y madurar, para alcanzar la estatura del varón perfecto, se resume en: “caridad al prójimo” que es: **el amor que se da generosamente en pensamientos, palabra y acciones sin pedir nada y sin esperar ninguna recompensa.**

En la práctica esto suena a utopía; pero no deja de ser una gran motivación; a quién no le gusta pensar que sería hermoso, que en el mundo se acabara el hambre, las guerras, las enfermedades, y que la gente fuera feliz, a final de cuentas a eso venimos, en la medida en que nos esforcemos!

Cuantas veces no hemos arreglado los desperfectos de la humanidad después de varias tazas de café: “que si los gobernantes fueran mejores, que si nos rebeláramos, que los eventos espacio-circunstanciales del individuo, que las condicionantes sociales” y al final nos damos cuenta que pretextos para traumarnos o justificarnos tenemos todos...y reconocemos que la solución empieza por nosotros, con nuestro ejemplo, con orden, con disciplina y siendo congruentes entre nuestro pensar, hablar y actuar.

será realmente una utopía?

No lo sé, lo que sí creo, es que somos materia y energía, que necesitamos querer y ser queridos; que deseamos y no tenemos, que buscamos y no encontramos. Que aparentemente somos felices, pero algo nos falta, algunos tal vez los son... esto es subjetivo.

En mi opinión, falta conocernos a nosotros mismos y una forma para lograrlo es, tratar de estudiar nuestros aspectos buenos y malos; agradables y desagradables, elevados y ruines, generosos y mezquinos; y descubrir qué impulsos hacia el bien o hacia el mal nos

dominan con más frecuencia, después de esto es necesario vibrar en la frecuencia del amor (Dios, si lo prefieres); para poder tener obras de bien, de justicia, de belleza y amor...

A final de cuentas es lo que todos queremos, o ¿no ?

Porqué es aquí tan feliz el mundo, excepto yo?
Porque ha aprendido a ver la bondad y la belleza
en todas partes, respondió el maestro.
Porque no veo yo en todas partes la bondad y la belleza?
Porque no puedes ver fuera de ti lo que no ves en tu interior.

CONTENIDO

	Página
I Introducción	1
II Objetivos	8
II.1 Objetivo general	9
II.2 Objetivos particulares	9
III Antecedentes.	10
III.1 Generalidades	10
III.2 Localidades en México.	12
III.3 Demanda nacional de quistes	12
III.4 Biología general	16
III.5 Reproducción	17
III.6 Nutrición	19
III.7 Composición proximal	21
III.8 Cultivo	21
IV . Materiales y métodos	26
IV.1 Selección de quistes	26
IV.2 Alimento	26
IV.3 Diseño y condiciones experimentales	28
IV.4 Sobrevivencia y talla final	31
IV.5 Composición proximal.	32
IV.6 Análisis estadístico	33
IV.7 Costos de producción	33
V. Resultados.	34
V.1 Parámetros físicos y químicos	34
V.2 Cultivo de <u>Chaetoceros mulleri</u>	35
V.3 Cultivos de <u>Artemia franciscana</u>	35
V.3.1 Densidad de cultivo	35
V.3.2 Sobrevivencia y crecimiento de <u>Artemia franciscana</u>	39
V.3.3 Cosecha de <u>Artemia franciscana</u>	40

V.4 Composición proximal	42
V.4.1 Composición proximal de <u>Chaetoceros mulleri</u>	42
V.4.2 Composición proximal de <u>Artemia franciscana</u>	42
V.5 Producción y rendimiento de <u>Artemia franciscana</u>	44
V.6 Costos de producción	46
VI Discusión.	49
VI.1 Cultivo de <u>Chaetoceros mulleri</u>	49
VI.2 Cultivo de <u>Artemia franciscana</u>	51
VI.2.1 Densidad y talla final	51
VI.2.2 Supervivencia	54
VI.2.3 Cosecha y rendimiento	56
VI.3 Composición proximal	58
VI.3.1 Composición proximal de <u>Chaetoceros mulleri</u>	59
VI.3.2 Composición proximal de <u>Artemia franciscana</u>	60
VI.4 Costos de producción	62
VII Conclusiones.	65
VIII Literatura citada.	69

LISTA DE FIGURAS

		Página
Fig. 1	<u>Artemia</u> es utilizada como alimento vivo en la acuicultura.	4
Fig. 2	<u>Artemia</u> en sus fases tempranas de desarrollo ha facilitado el cultivo de especies de peces y crustáceos.	4
Fig. 3	Diferentes formas de producción: (a) Recolección de quistes y biomasa que se producen de forma natural en cultivos extensivos, (b) Producción de biomasa en laboratorio.	5
Fig. 4	<u>Artemia</u> puede ser comercializada en diferentes presentaciones : (a) quistes, (b) seca ó (c) congelada.	8
Fig. 5	Evolución de la producción acuícola en México de 1984-1994	14
Fig. 6	Producción acuícola en 1994.	15
Fig. 7	Estanques de fondo plano utilizados para el cultivo de artemias y microalgas en diferentes volúmenes : (a) estanque de 500 l utilizado para cultivar <u>Artemia</u> , (b) estanque de 1000 l para cultivar la diatomea <u>Chaetoceros mulleri</u> .	27
Fig. 8	Diseño del sistema de cultivo semi-intensivo de <u>Artemia</u> .	30
Fig. 9	Variación de la densidad celular de <u>Chaetoceros mulleri</u> .	37
Fig. 10	Ración alimenticia suministrada a cada cultivo de <u>Artemia</u>	38
Fig. 11	Porcentaje relativo de los costos de producción para los cultivos.	48

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla I.	Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento de <u>Artemia</u> (Pearsoone y Sorgeloos, 1980; Castro y Gallardo, 1985; tomado de Tapia, 1995).	17
Tabla II	Valores promedios (\bar{x}) de las variables físico y químicos para el cultivo de <u>Artemia franciscana</u> durante el experimento (s=desviación estándar)	34
Tabla III	Valores promedios (\bar{x}) de sobrevivencia y crecimiento de los cultivos de <u>Artemia franciscana</u> evaluados al final del experimento (s = desviación estándar).	39
Tabla IV	Valores promedios (\bar{x}) de la cosecha final de las tres densidades de cultivo de <u>Artemia franciscana</u> en 250 l (s=desviación estándar).	41
Tabla V	Composición proximal de <u>Chaetoceros mulleri</u> . Los valores promedios (\bar{x}) están expresados como porcentaje de peso seco orgánico (s= desviación estándar)	42
Tabla VI	Composición proximal de <u>Artemia franciscana</u> . Los valores promedios (\bar{x}) están expresados como porcentaje del peso seco orgánico (s= desviación estándar).	43
Tabla VII	Rendimiento promedio (\bar{x}) de los cultivos de <u>Artemia franciscana</u> en base a la cosecha obtenida en 250 l, estos valores son extrapolados a cultivos de 1 m ³ con las mismas densidades para determinar el gasto total de agua y su rendimiento.	45
Tabla VIII	Costos de producción para el cultivo de <u>Artemia franciscana</u> para este estudio.	46
Tabla IX	Costos de producción para el cultivo de <u>Chaetoceros mulleri</u> para este estudio	47

Evaluación de tres densidades de Artemia franciscana cultivada en condiciones de laboratorio y costos de producción.

I. Introducción.

Artemia (Fig. 1) se ha usado desde hace años como alimento para organismos cultivados de importancia comercial, así como para investigación científica en laboratorio (González-Medina, 1994). Como alimento vivo cultivado, los nauplii de Artemia son de gran valor nutricional (Sorgeloos, 1977a; Tacon, 1989). Más del 85% de las especies marinas (Fig. 2) que se han logrado cultivar son alimentadas con nauplii de Artemia, usados como alimento complementario o como dieta única (Kinne, 1976). Este pequeño crustáceo anostraco posee características de valor alimenticio, comportamiento y manejo que lo sitúan en un lugar relevante, no sólo en la acuicultura si no que por su alto contenido proteínico se ha considerado como probable complemento en el alimento humano. (Agraz-Guereña et al., 1987).

En la producción comercial de peces y crustáceos, el garantizar una fuente constante de alimento vivo es esencial y Artemia representa un alimento vivo de calidad para el crecimiento y sobrevivencia de los organismos cultivados. En contraste, las dietas artificiales aún no garantizan niveles comparables (Correa-Reyes, 1994). Sea porque no satisfacen las exigencias y características alimenticias de los diferentes estadios de los organismos (Cervantes-Trujano, 1993), o porque no tienen las características de atracción y palatabilidad (Viana et al., 1994), que propicien su ingestión.

Promover el aprovechamiento de Artemia en el país es vital, ya que existen numerosos lugares sin explotar y aún inexplorados, que tienen el recurso. Esto ha contribuido a que México importe casi el 100% de Artemia en forma de quiste que se utiliza en la acuicultura (Tapia, 1995). Artemia puede ser aprovechada en cultivos extensivos en áreas naturales (Fig. 3a) o en cultivos intensivos en el laboratorio. (Fig. 3b).

En este sentido, desarrollar cultivos intensivos de Artemia es importante, porque permitiría cultivar el recurso durante todo el año con beneficios tan diversos como:

1.- Biomasa disponible (nauplii y adultos) para la mayoría de los estadios larvales y adultos de peces de ornato, peces y crustáceos de valor comercial que se cultivan a nivel comercial, y que requieren de alimento vivo con alto valor nutricional (Sánchez-Saavedra, 1994).

2.- Desarrollo de técnicas para la producción de quistes en laboratorio con fines comerciales (Fig 4 a).

3.- Biomasa adulta que pueda ser preservada de diferentes maneras para su comercialización : seca (Fig. 4b) , congelada (Fig. 4c).

4.- Biomasa adulta para ser utilizada como organismo experimental en: Medicina, Biología, Toxicología y Acuicultura (González-Medina, 1994).

5.- Como alternativa en el tratamiento de aguas residuales (Milligan *et al.*, 1987).

La producción de biomasa de Artemia en forma intensiva se caracteriza por el manejo de grandes densidades de organismos, control efectivo de los parámetros físicos y

químicos del medio de cultivo, la utilización de sistemas sofisticados de acuerdo al grado de automatización que se desee y la adición controlada de alimento.

El cultivo intensivo involucra el cultivo de nauplii de Artemia hasta su talla adulta, sin esperar nuevas generaciones; el rendimiento de estos cultivos es alto por unidad de volumen y se puede realizar en sistemas abiertos ó cerrados (Agraz-Guereña et al., 1987).



Fig. 1 Artemia es utilizada como alimento vivo en la acuicultura.



Fig. 2 Artemia en sus fases tempranas de desarrollo ha facilitado el cultivo de especies de peces y crustáceos.



(a)



(b).

Fig. 3 Diferentes formas de producción: (a) Recolección de quistes y biomasa que se producen de forma natural en cultivos extensivos, (b) Producción de biomasa en laboratorio.

Al considerar el cultivo de Artemia como una industria con potencial (Fig. 3 y 4), es necesario identificar y resolver problemas de producción relacionados con los aspectos de sobrevivencia, densidad, composición proximal y costos. Con esto, es posible generar la tecnología adecuada para hacer cultivos intensivos de Artemia con base en el dominio de la técnica y el análisis económico, aspectos que dan la pauta para ser competitivos. Es por estos motivos que los trabajos de investigación institucional son importantes para generar, validar y transferir tecnología al sector productivo.

Es importante desarrollar técnicas de producción en países en vías de desarrollo como México, ajustando primero la producción a la demanda del mercado nacional y si es posible, a la demanda internacional. En este sentido, hay que enfatizar que las técnicas de producción deben ser desarrolladas en base a las condiciones de la zona donde se pretenda promover la actividad, considerando como objetivo fundamental reducir los costos de producción (Brian, 1991), por esto, es necesario realizar investigación a nivel piloto que aporte las bases fundamentales para su posterior aplicación a escala comercial.

El desarrollar sistemas intensivos para la producción masiva de Artemia , implica evaluar técnicas que permitan tener un mayor control sobre el ambiente donde deben crecer los organismos. Por ello, la tecnología a desarrollarse para cultivos intensivos, debe estar en función de maximizar el rendimiento por unidad de volumen, procurando mantener una calidad de agua adecuada. Por estas razones, en el presente trabajo se evaluó un sistema cerrado para el cultivo de Artemia, experimentando con tres diferentes

densidades de siembra, para analizar la eficiencia y producción del sistema, estimar los costos y comparar con otros estudios.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Artemia puede ser comercializada en diferentes presentaciones como: (a) quistes, (b) seca ó (c) congelada.

II. Objetivos

II.1 Objetivo general.

Desarrollar cultivos semi-intensivos a nivel experimental con Artemia franciscana de Yavaros, Sonora, Méx. con tres densidades de organismos, alimentándolas con la microalga Chaetoceros mulleri, con el propósito de identificar problemas de producción y evaluar la factibilidad económica. Con esto, se pretende generar las bases de cultivo a diferentes niveles de producción, enfocado primero a desarrollar tecnología a escala piloto.

II.2 Objetivos particulares.

- 1.- Evaluar el rendimiento de biomasa cosechada, de tres densidades de Artemia cultivada en sistemas cerrados en volúmenes de 250 litros.
- 2.- Conocer el porcentaje de sobrevivencia y mortalidad en este sistema de cultivo.
- 3.- Conocer la composición proximal de Artemia franciscana cosechada y de Chaetoceros mulleri suministrado como alimento.
- 4.- Estimar los costos de producción para estos experimentos.

III. Antecedentes.

III.1 Generalidades.

Artemia es utilizada como alimento para peces y crustáceos en cultivos experimentales y comerciales. En México los cultivos comerciales se han incrementado principalmente en camarón y langostino, aunque en varios países existen grandes proyectos de inversión acuícola con otras especies. El desarrollo de estos centros acuícolas, requiere, aparte de una alta inversión en infraestructura, de gastos elevados para su operación, entre los cuales la adquisición o cultivo de alimento son los rubros más importantes. Esto ha traído como consecuencia que el uso de los recursos disponibles sea maximizado para producir más en menos tiempo y obtener mayores beneficios económicos. Esta actividad involucra dependencias gubernamentales, cooperativas pesqueras y compañías privadas, las cuales por este motivo muestran una gran preocupación por el desarrollo de líneas alternas (Castro et al, 1987a).

En la acuicultura las especies cultivadas se ubican dentro del tercer nivel de la cadena trófica, lo que implica la necesidad de proveerles alimento durante varios estadios tempranos del ciclo de vida y en algunos casos, durante todo el desarrollo. Esto se complica al considerar su nutrición, ya que se requiere suministrar al organismo el tamaño adecuado de partícula en el momento preciso, considerando aspectos como el estadio larvario, los hábitos alimenticios y los recursos disponibles. Por esto, Artemia representa el alimento vivo ideal.

El cultivo de Artemia es relativamente más sencillo comparado con el de otros organismos, debido a que posee características tales como un ciclo biológico corto, preservación de los quistes por largos períodos, composición proximal idónea para la alimentación de estadios larvarios y adultos de organismos acuáticos de importancia comercial y experimental (Castro y Gallardo, 1985; Léger et al., 1986 y 1987). El cultivo de Artemia tiene grandes ventajas sobre otras especies, porque no tiene ninguna defensa morfológica contra posibles depredadores, siendo presa fácil y segura como alimento (Persoone y Sorgeloos, 1980). Así mismo, Artemia tiene la capacidad de producir embriones enquistados, los cuales se producen en condiciones ambientales extremas, en salinas que son aprovechadas comercialmente por países como EE.UU. y Bélgica. La utilidad del uso de quistes radica en que éstos se pueden almacenar por largos períodos de tiempo y pueden ser rehidratados y descapsulados para obtener nauplii para suministrarse a peces y crustáceos.

Actualmente la explotación internacional de este crustáceo se centra en poblaciones naturales, las cuales tienen fluctuaciones en el año que hacen variar la producción comercial. En México este recurso no se aprovecha y por esta razón se hace necesaria su importación para la producción acuícola del país, lo que incrementa los costos de producción.

III.2 Localidades en México.

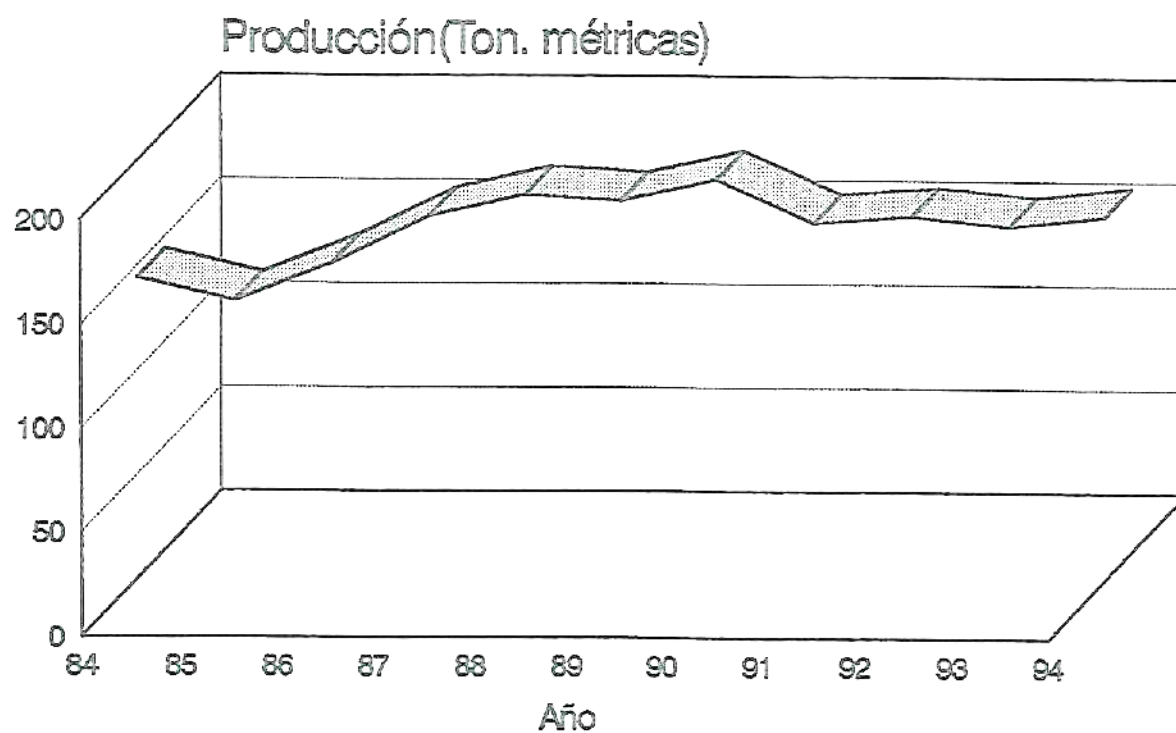
En 1980 se reportaron poblaciones de Artemia en 243 sitios distribuidos en 48 países (Persoone y Sorgeloos 1980); actualmente este número es mayor. En México, se han reportado para las siguientes localidades: San Quintín, San José, Guerrero Negro, Pichilingue, Ometepepec e Isla San José, en la península de Baja California; Yavaros, Sonora y varias más al sur del país (Castro y Gallardo, 1985). En México se proyecta el incremento de la acuicultura (Fig. 5 y 6) debido a las óptimas condiciones naturales y de dominio técnico sobre un gran número de especies (SEMARNAP, 1995); bajo esta perspectiva, las salinas antes mencionadas representan regiones potenciales para la producción de biomasa de Artemia.

III.3 Demanda nacional de quistes.

En 1985 especialistas mexicanos estimaron la demanda de quistes de Artemia en 500 kg/año para los cultivos de larvas de langostino, también se estimó el potencial anual de quistes requeridos para la acuicultura, y que fue de 3000 kg/año para la zona Pacífico y 700 Kg/año para la zona Golfo de México (Castro et al, 1987b). En 1992, el volumen de producción acuícola de camarón, en peso vivo fue de 8326 Ton (Anuario de Pesca, 1992), para producir esta cantidad se requiere aproximadamente de 5620.2 Kg de quistes de Artemia; esta cantidad se obtiene considerando que para alimentar 400,000 nauplios de camarón se necesitan aproximadamente 540.5 g de quistes, los cuales

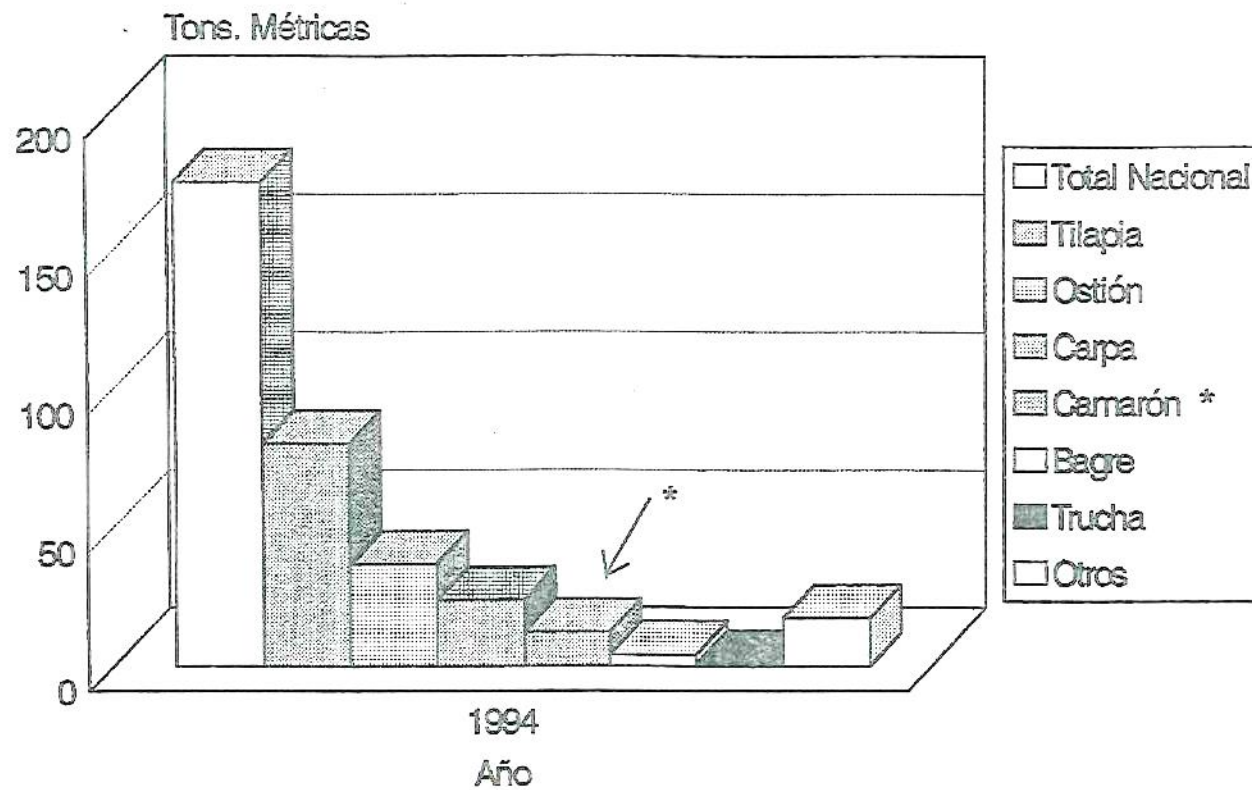
pueden producir hasta 800 Kg de camarón en cultivos semi-intensivos. Considerando que la acuicultura del camarón esta aumentando y que es necesario promover el cultivo de otros crustaceos y peces; por lo que el volumen de quistes requerido sera mayor. Para evitar seguir importando quistes de Artemia es necesario aprovechar las localidades conocidas, encontrar otras y generar técnicas de bajo costo para la producción de Artemia (Castro et al, 1987b).

Fig. 5 Evolución de la producción acuícola en México de 1984-1994.



SEMARNAP, 1995.

Fig. 6. Producción acuícola en 1994



III.4 Biología general.

Las diferentes especies de Artemia se encuentran en la naturaleza en diversos biotopos y por ello su crecimiento se ve influenciado por distintos factores bióticos y abióticos (Tabla I). Esto ha generado que las poblaciones tengan diferencias a nivel fisiológico y bioquímico como resultado de la heterogeneidad genética (Correa-Sandoval, 1991). Por esto, Artemia ha desarrollado un amplio espectro de tolerancia a la temperatura, la salinidad, el pH y a la concentración de oxígeno (Tapia, 1995).

Artemia vive en cuerpos de agua hipersalinos como lagos o charcos salados; es un organismo eurihalino y se ha encontrado en salmueras a 340‰; es raro encontrarlas en salinidades menores a 45‰. Algunas poblaciones son más tolerantes a variaciones extremas de la salinidad y pueden soportar aguas de salinidad artificial o con mínima concentración de sales (González-Medina, 1994). Es probable que su presencia en cuerpos de agua hipersalinos se deba a la ausencia de depredadores, a la tolerancia a variaciones extremas de salinidad y a las adaptaciones del ciclo reproductivo.

En términos generales, la temperatura óptima para su cultivo es de 28 °C. La máxima temperatura tolerada ha sido registrada a 35 °C y se ha observado que el grado de tolerancia varía con respecto a la especie y a la población.

Artemia sobrevive a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (< 1 ppm) debido a una adaptación bioquímica-fisiológica que le permite sintetizar tres tipos de hemoglobina, cada una con determinada afinidad a niveles distintos de concentración de oxígeno disuelto.

En general no hay muchos reportes con respecto a la influencia del pH en diferentes estadios. El ambiente donde habitan es generalmente alcalino o neutro, y su crecimiento puede suceder en un intervalo de 8.4 a 10 (Tapia, 1995).

Tabla I. Factores físicos y químicos que influyen en el crecimiento de *Artemia* (Persoone y Sorgeloos, 1980; Castro y Gallardo, 1985; tomado de Tapia, 1995).

	Máxima	Mínima	Optima
Temperatura	35 °C	6°C	28°C
Salinidad	340	10	35
Oxígeno	150%	1-2%	5-7%
pH	10	7.5	8-10

III.5 Reproducción.

La mayoría de las especies de *Artemia* tiene sexos distintos y se reproducen por copulación, pero hay algunos que se reproducen partenogenéticamente. En la reproducción bisexual, la precopulación en *Artemia* es iniciada por el macho, abrazando a la hembra con sus antenas, entre el útero y el último par de toracópodos. En esta posición de montura, la pareja puede nadar por largos períodos de tiempo. Después de la muda pre-apareamiento, la hembra libera una generación de oocitos maduros que pasan desde los ovarios a los oviductos en menos de 2 horas permaneciendo ahí de 1 a 40 horas. La

cópula se efectúa rápidamente; el abdomen del macho se encorva hacia la hembra y un pene es introducido en la apertura del útero; los óvulos permanecen en el útero de 3 a 5 días, independientemente de si fueron fertilizados o no (Sorgeloos, 1977b). El desarrollo de los huevos se completa dentro del saco ovígero y la descendencia es liberada en estado de nauplius.

La ovoviparidad (producción de huevos que son incubados y que se desarrollan dentro del cuerpo de la madre), ocurre en ambos modos de reproducción. Cuando hay cambios drásticos en el medio ambiente y de estrés, las hembras cambian de la ovoviparidad a la puesta de huevos envueltos en una sólida cáscara café (oviparidad) o viceversa. La alternancia entre la ovoviparidad y la oviparidad puede ocurrir frecuentemente y con desoves viables de la misma hembra bajo condiciones adversas del medio .

La hembra deposita de 70 a 80 huevos o larvas a intervalos de 3 a 11 días. La capacidad reproductiva depende de las condiciones del medio ambiente. Si aumenta la salinidad, la tasa reproductiva de este organismo puede disminuir. El diámetro de los huevos es de 0.2 mm, pesan de 2.8 a 4.0 μg y su desarrollo es completado en un período de 5 a 6 días; los huevos están cubiertos por una membrana delgada llamada corión, de donde escapa un nauplius activo del saco materno (Sorgeloos, 1977b). La larva libre nadadora tiene una coloración "café-naranja" por la presencia del vitelo. Tiene tres pares de apéndices: las antenas con función locomotora, las anténulas sensoriales y las mandíbulas rudimentarias. Los nauplii pasan rápidamente a través de los estadios de

metanauplius I y II a expensas del vitelo. Durante los siguientes 7-10 días pasa a través de los estadios de metanauplius III y IV, donde su principal diferencia radica en el grado de segmentación del cuerpo, en la transformación de la segunda antena y en la aparición de las toracópodos. En este período, la longitud del cuerpo es de 0.5 a 4.0 mm y se diferencia a través de 15 mudas aproximadamente; en este tiempo el cuerpo se elonga y el tracto digestivo se vuelve funcional, capturando partículas del medio con las setas de las antenas; el desarrollo de los ojos compuestos laterales continúa a ambos lados del ocelo y cambia a un color rosa pálido o amarillento (Sorgeloos, 1977b).

A partir del décimo estadio, se llevan a cabo cambios morfológicos importantes, como es la diferenciación sexual. En este tiempo, el estado juvenil tiene una longitud de 5 a 6 mm, con la forma general de adulto y la madurez sexual se alcanza de 20 a 35 días, con una longitud de cuerpo de 8 a 10 mm. El adulto está caracterizado por ojos laterales pedunculados (complejos), anténulas sensoriales, tracto digestivo lineal y 11 pares de toracópodos funcionales (Sorgeloos, 1977b).

III.6 Nutrición.

En lo referente a la nutrición, Artemia obtiene su alimento mediante la filtración no selectiva a través de las setas de las antenas; la filtración se lleva a cabo por las corrientes generadas por un movimiento rítmico de dichos apéndices. Una corriente va hacia la parte cefálica llevando el alimento, previamente filtrado, donde es detenido por el labrum que se extiende al nivel de los apéndices torácicos.

Artemia se alimenta de algas unicelulares y otros organismos microscópicos como protozoarios y bacterias, las partículas que consume son de 40-50 μm . La cantidad de alimento ingerido depende del tamaño de los organismos; los individuos mayores consumen más alimento que los pequeños, pero tienen por unidad de peso corporal una ración menor.

Se han probado diferentes tipos de dietas, tanto vivas como inertes (Dobbeleir et al. 1980; Castro et al. 1987; Correa-Sandoval et al. 1994b), y se han obtenido diferentes resultados. Las dietas de alimento vivo son las más efectivas, aunque ambas presentan ventajas y desventajas. Cuando se emplea alimento vivo como las microalgas, la composición proximal varía según las condiciones del cultivo y tiene un efecto diferente sobre el organismo alimentado (Correa-Reyes, 1993; Correa-Sandoval et al., 1994b; Sánchez-Saavedra, 1994). Las microalgas se han suministrado a Artemia tanto frescas como deshidratadas, observándose diferentes tasas de crecimiento que pueden variar aún con el mismo tipo de alimento pero suministrado en forma diferente (Paniagua-Chávez, 1993). La limitante para un cultivo masivo de microalgas son el espacio y la inversión. Por otro lado, se ha probado con alimento inerte como: salvado, levaduras y harinas, sin embargo, los resultados obtenidos no son comparables a los del alimento vivo (González-Medina, 1994).

III.7 Composición proximal.

La composición proximal de Artemia varía con la especie, la población y el alimento que se le suministre. El contenido de proteínas es mayor conforme el organismo crece (Correa-Reyes, 1993; Sánchez-Saavedra, 1994); por esto se considera un recurso muy importante con respecto a otros organismos vivos empleados como alimento en acuicultura. En términos generales, su composición proximal varía de 10-20% en carbohidratos, 42-60% en proteínas, 6-23% en lípidos (Léger et al., 1986 y 1987; tomado de González-Medina, 1994).

III.8 Cultivo.

Se han realizado en el extranjero, desde hace algunas décadas, las investigaciones necesarias para cultivar Artemia. Actualmente en Bélgica, en el Centro de Referencia de Artemia, se han diseñado y evaluado diferentes sistemas de producción, que han generado patentes para la comercialización de productos (Sorgeloos et al., 1986). Para desarrollar la tecnología de cultivo de Artemia es necesario conocer su ecofisiología la cual es propia de cada población. (Correa-Sandoval, 1991); por otro lado, se deben considerar los costos de producción, siendo necesario adecuarse a las condiciones regionales donde se quiera establecer el centro de producción, teniendo en mente obtener un producto de bajo costo, de buena calidad, de alta disponibilidad y adecuado a las necesidades del consumidor (González-Medina, 1994).

Los resultados de algunos cultivos experimentales aportan los antecedentes básicos que deben considerarse en los sistemas.

Sorgeloos (1972) describe métodos para cultivar larvas en volúmenes de 1, 10 y 30 l, con densidades de 1 a 2 org/ml bajo condiciones de aereación y oscuridad, alimentados con Dunaliella ; para el volumen de 30 l empleó Scenedesmus en polvo.

Sorgeloos (1977b) menciona la necesidad de mantener los quistes en suspensión mediante aereación constante, con agua marina saturada de oxígeno evitando de este modo condiciones anaeróbicas. Así mismo propone que para garantizar el cultivo es necesario mantener la temperatura y la salinidad constantes ya que el éxito del cultivo depende de estos parámetros abióticos.

Jahnig (1977) efectuó un cultivo de Artemia a pequeña escala usando sistemas cerrados ubicados en una área cercana a un estero, con la menor inversión posible. Los datos de producción obtenidos fueron extrapolados al campo con resultados de 8400 a 14400 kg/Ha de biomasa viva por año, los cuales resultaron ser rentables.

Lavens y Sorgeloos (1985) reportaron producciones de 0.5 gr de quistes de Artemia, utilizando acuarios de 10 litros de agua con una salinidad de 50 ‰, enriquecida con Fe-EDTA con recirculación de agua pasada a través de un filtro biológico y luz ultravioleta.

Baltierra et al. (1987) evaluaron el crecimiento y sobrevivencia de Artemia procedente de Yavaros, Sonora (Méx); se comenzó con una densidad de tres organismos por ml y se experimentaron varias raciones de alimento de Porphyra perforata durante

once días. Se observó una relación directa entre la cantidad de alimento suministrado y las tallas finales alcanzadas.

En cuanto a la producción de Artemia en salinas comerciales, se tiene referencia de Tang Gu, República de China; en este lugar se producen 100 toneladas de quistes y varios cientos de toneladas de biomasa de adultos por año; éstas sirven para abastecer a los centros productores de camarón blanco de la localidad. La biomasa viva se vende a US\$ 0.21/Kg y los quistes son vendidos a US\$ 1.28-4.25/Kg. En 1989-1990 la producción natural fue de 30 toneladas de quistes y 30 toneladas de biomasa por año, que se comercializaron a US\$ 425 la tonelada. Esta producción es fundamental en la localidad para sostener la industria camaronera en expansión, para la cual también se utiliza alimento artificial, además de pequeñas cantidades de pescado y moluscos como alimento complementario. (Tackaert y Sorgeloos, 1991).

De los escasos estudios de cultivos semi-intensivos de Artemia en México, sobresalen:

Castro et al (1987a) en Sosa-Texcoco, llevaron a cabo un experimento en 1m³ de agua y una densidad de 1 org/ml; se evaluaron tres tipos de alimento: salvado, spirulina seca y algas cultivadas con abono de pollo. Obtuvieron sobrevivencias del 70-80 % y biomاسas de 660 g con spirulina, 350 g con salvado y 32 g con algas

Correa-Sandoval et al. (1994a) realizaron un experimento en un sistema de cultivo cerrado, con tres diferentes densidades iniciales (2.6, 3.3, 8.4 org/ml) alimentados con Chaetoceros mulleri durante 17 días. Extrapolando sus datos a 1 m³, se obtuvo la

mayor producción de biomasa (6.04 Kg/m^3) con la densidad más alta (8.4 org/ml). Al comparar con otros autores (Correa-Sandoval, com. pers.) se observó que Roels *et al.* (1979) y Brisett *et al.* (1982) obtienen biomásas superiores a 25 Kg/m^3 con sistemas abiertos. Sin embargo, al comparar el volumen total de agua utilizado para producir esta biomasa, Correa-Sandoval empleó menores volúmenes con respecto a los otros trabajos. En base al volumen de agua requerido y al rendimiento orgánico del sistema, los resultados de este trabajo son mayores a los de Sorgeloos (1985) y muy similares a los de Brisett *et al.* (1982).

Si se considera que la tendencia de la investigación en el Centro de Referencia de *Artemia* en Bélgica hace casi dos décadas, se enfocaba a desarrollar sistemas automatizados de cultivos con altas densidades a escala piloto en canales de flujo rápido (200 a 300 l), a generar tecnologías de cultivo para la producción controlada de quistes y a realizar estudios comparativos biogeográficos de las poblaciones de *Artemia* (Sorgeloos, 1977a), se entiende la razón por la cual este centro se encuentra a la vanguardia en esta tecnología. Los sistemas de cultivo de *Artemia* a gran escala, se han desarrollado intensamente y en forma sofisticada en países como Bélgica y EE.UU, aumentando, por lo tanto, considerablemente la producción. Sin embargo, por sus características, estos sistemas de cultivo resultan muy caros para ser importados a países en vías de desarrollo. Centrando nuestra atención en México, se observa que este recurso no ha recibido la promoción necesaria para su aprovechamiento a pesar de su importancia. Por ello, es necesario seguir realizando la investigación integral de este

organismo y fomentar el desarrollo de la tecnología para el cultivo intensivo, con énfasis a establecer métodos económicamente rentables y más apegados a la realidad socioeconómica de México.

IV. Materiales y métodos.

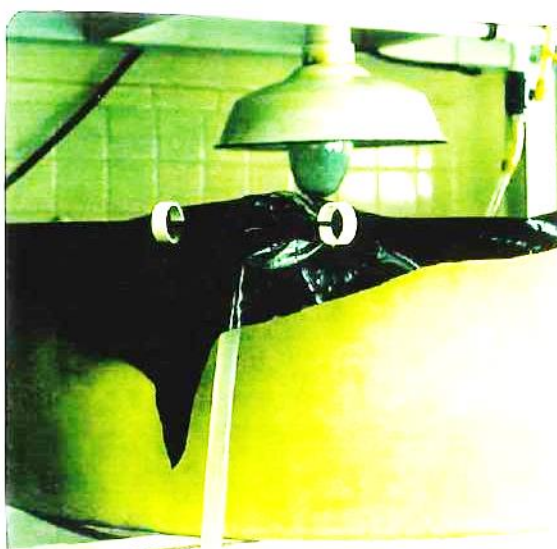
Este experimento se realizó en el laboratorio de microalgas del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C., dentro del proyecto 4054: “Estudios Biológicos de Artemia franciscana en Baja California”. El laboratorio cuenta con el equipo y la infraestructura necesaria para realizar cultivos de Artemia a nivel semi-intensivo.

IV.1 Selección de quistes.

Se emplearon quistes de Artemia franciscana procedentes de las salinas de Yavaros, Sonora, México; los cuales tienen mejor calidad nutricia que los de la Bahía de San Francisco, California, EE.UU. (Baltierra et al., 1987), y no han sido empleados en experimentos de cultivos semi-intensivos. Los quistes fueron descapsulados con el método del Hipoclorito de Sodio como lo describen Correa-Sandoval y Bückle-Ramírez (1993).

IV. 2 Alimento.

El alimento vivo seleccionado para ser utilizado en el experimento fue la diatomea Chaetoceros muelleri, por ser la más adecuada (Correa-Reyes, 1993; Sánchez-Saavedra, 1994; Correa-Sandoval, 1994a). Se escaló a cultivo masivo en estanques de 1000 l y 500 l de volumen (Fig.7) y se mantuvo de forma semi-continua con dilución del 30-40 %



(a)



(b)

Fig. 7 Estanques de fondo plano utilizados para el cultivo de artemias y microalgas en diferentes volúmenes. (a) estanque de 500 l. utilizado para cultivar Artemia, (b) estanque de 1000 l. para cultivar la diatomea Chaetoceros mulleri.

respectivamente (Sánchez-Savedra, 1994), con luz constante de focos de 500 watts. Se utilizó agua de mar filtrada a través de un filtro rápido de arena, filtros Q1 de 1 y 5 micras y luz U.V. El medio de cultivo empleado fue *f/2* comercial de la compañía Fritz Inc. Los cultivos necesarios se efectuaron en tres fases: 1) dos cultivos de 1000 l y su repetición, 2) un cultivo de 500 l y su repetición efectuados en forma secuencial a lo largo del experimento.

IV.3 Diseño y condiciones experimentales.

Los cultivos de Artemia se realizaron en estanques de 500 l. de capacidad en un volumen útil de 250 l. Los cultivos con diferentes densidades de Artemia se hicieron por duplicado y los factores a evaluar fueron: densidad inicial y final de las artemias, ración alimenticia, sobrevivencia, talla final alcanzada, cosecha, rendimiento por volumen y composición proximal. Los parámetros físico-químicos fueron fijos en condiciones de laboratorio.

El tiempo de cultivo fue de 17 días, evaluándose la densidad de 4, 10 y 13 org/ml en 250 l con su respectiva repetición. El sistema de cultivo cerrado, fue provisto con aireación constante de flujo lento, que genera una burbuja regular, para evitar que se lastimen los organismos y que mantiene la circulación continua en la columna de agua. Se realizaron recambios parciales de agua cada 24 horas, remplazando este volumen con los cultivos de microalgas suministradas como alimento (Fig. 8). Durante el experimento se registró diariamente la temperatura ambiente y del agua con un termómetro y cada 48 h se

midio el amonio (NH_4^+) para lo cual se utilizó un Kit comercial marca EM Quant 10024-1 para determinaciones semi-cuantitativas con escala de 0, 10, 30, 60, 100, 200 y 400 mg/l. El pH se midió cada 48 h mediante un sensor digital modelo 4500 de Beckman Instrument Inc.

Los cultivos de Artemia se mantuvieron en condiciones de oscuridad para reducir el movimiento y por ende el gasto de energía. Además, esta condición promueve su distribución homogéneamente en la columna de agua (Sorgeloos, 1972).

Se cosechó Artemia después de 17 días, considerando que en cultivos comerciales el tiempo es un factor importante en los costos de producción, ya que no resulta redituable mantener a los organismos durante mucho tiempo, a menos de que los objetivos de cultivo así lo requieran.

IV.4 Sobrevivencia y talla final.

Se evaluó el porcentaje de sobrevivencia y el de mortandad en los cultivos de Artemia (Ecuación 1 y 2), para ello se tomaron al inicio de cada cultivo, diez muestras de la densidad y veinte al final del experimento. Las muestras se tomaron en alicuotas de 1 ml con una pipeta automática de una submuestra de 500 ml tomada después de ser homogenizar la columna de agua, cumpliendo así con los criterios de aleatoriedad e independencia.

$$\text{Ecuación 1} \quad S = N / N_0 (100)$$

$$\text{Ecuación 2} \quad M = 100 - S$$

Donde :

S = Sobrevivencia, N_0 = Número inicial

M = Mortalidad N = Número final

Al finalizar el experimento se tomaron en forma aleatoria e independiente de cada cultivo y su repetición, 30 organismos para medir la longitud total; los organismos fueron preservados con lugol para medir después en un microscopio estereoscópico marca Wild Heerbrugg con reglilla; se colocaron los organismos de manera individual sobre un portaobjetos que en la parte inferior tenía papel milimétrico para corroborar la medición.

IV.5 Composición proximal.

Después de la cosecha se analizó la calidad de las artemias adultas y de las microalgas en muestras tomadas por triplicado de cada cultivo. Se determinaron el peso seco total y el orgánico, además del contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos.

El peso seco orgánico se obtiene a partir de los datos de peso seco total y libre de cenizas utilizando el método de Sorokin (1973) que consiste en secar las muestras hasta peso constante en una estufa de convección a 60 °C durante 8 h y posteriormente calcinarlas a 470 °C en una mufla por 12 horas. El contenido de proteínas se evaluó con el reactivo de Folin-Ciocalteu, con la modificación descrita por Lowry *et al.*, (1951) modificada por Malara y Charra (1972), Farber (1986) y Lopez-Elías (1990). Para la extracción de proteínas en *Artemia* se utilizó NaOH 1 N a 100 °C por 30 minutos (Correa-Sandoval *et al.*, 1994b) y para las microalgas 0.1 N (Cordero-Esquivel *et al.* 1993; Cordero-Esquivel, 1994). Para la determinación de carbohidratos se siguió el método de Dubois *et al.* (1956), descrito por Malara y Charra (1972), después del precalentamiento sugerido por Whyte (1987). La extracción de lípidos se realizó con una mezcla de

formol-metanol-agua, siguiendo la técnica de Bligh y Dyer (1959) modificada por Chiaverini (1972) y la cuantificación con el método colorimétrico de Pande *et al.* (1963).

IV.6 Análisis estadístico.

Los datos se analizaron con el paquete Statistica for Windows versión 4.2; al no satisfacer los requisitos de normalidad, se llevó a cabo la prueba no paramétrica t; la prueba de bondad y ajuste X^2 para determinar si existen diferencias significativas entre cultivos y la prueba *a posteriori* de Tukey.

IV.7 Costos de producción.

La factibilidad técnica del proyecto considera el material, equipo, diseño de la planta, el área, el proceso técnico-operativo y la estimación de la producción. Estos datos aportan la base para estimar los costos de inversión de un proyecto y a la vez, proporcionan la posibilidad de considerar variables alternativas para su efectividad. Con estos datos es posible preparar la información financiera para evaluar el proyecto en términos de rentabilidad. De esta manera se pueden obtener los principales indicadores económicos tales como costos de inversión, tiempo de recuperación, punto de equilibrio en volumen de producción, análisis de mercado; con estos datos el inversionista toma la decisión para invertir en el proyecto. En este trabajo se consideran exclusivamente los costos de producción necesarios para producir la biomasa cosechada, no se considera el sueldo ni los costos fijos como infraestructura o terreno.

V. Resultados.

V.1 Parámetros Físicos y Químicos.

Durante el experimento se registraron pequeñas variaciones en la temperatura ambiente y la temperatura del agua; el pH se mantuvo estable y no se registró la presencia de concentraciones detectables de amonio (Tabla II).

Tabla II. Valores promedios (\bar{x}) de las variables físico y químicas para el cultivo de *Artemia franciscana* durante el experimento (s = desviación estándar).

Variables	valores
Temp.Amb °C	$\bar{x} = 20.21$ $s = \pm 0.254$
Temp.Agua °C en 250 l	$\bar{x} = 18.36$ $s = \pm 1.46$
Amonio	1-5 mg/l
Salinidad	32‰
pH	$\bar{x} = 7.55$ $s = \pm 1.097$

V.2 Cultivo de Chaetoceros mulleri.

Los cultivos se mantuvieron en condiciones controladas, con luz y aireación continua. La tasa de dilución fue del 30 % para los cultivos de 1000 l. y del 40 % para los cultivos de 500 l. los cuales fueron llevados a cabo en forma secuencial. La densidad celular se evaluó diariamente, y resultó baja.

En la Fig. 9 se observa variación diaria de la densidad celular de los cultivos de 1000 l del día 1 al 4, 500 l del día 5 al 9 y 1000 l del día 10 al 17 que se efectuaron de forma secuencial. Después de los valores bajos los primeros días, la densidad aumentó a valores máximos de 1300-1500 x 10³ cel/ml, después de los cuales fluctuó entre 650 - 1100 x 10³ cel/ml, Los valores registrados diariamente se usaron para determinar la ración suministrada cada día a los organismos.

V.3 Cultivos de Artemia franciscana.

V.3.1 Densidad de cultivo.

En tres cultivos con su repetición, se evaluó el efecto de la densidad de Artemia con respecto a las variables de interés. Las tres densidades de cultivo finales, fueron estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

La ración alimenticia suministrada a los cultivo de Artemia fue inicialmente baja, y que aumento los días 5 y 6 , manteniendose más o menos constante los subsecuentes días. En la Fig. 10 se observa la ración alimenticia suministrada a cada cultivo con base a

la densidad de artemias, y también que la densidad de 4 org/ml recibió una mayor cantidad de alimento durante el experimento, mientras que las raciones alimenticia para la densidad de 10 y 13 org/ml se mantuvieron con una densidad celular menor y similar entre ambas a lo largo del experimento.

Fig. 9 Variación de la densidad celular de Chaetoceros mulleri.

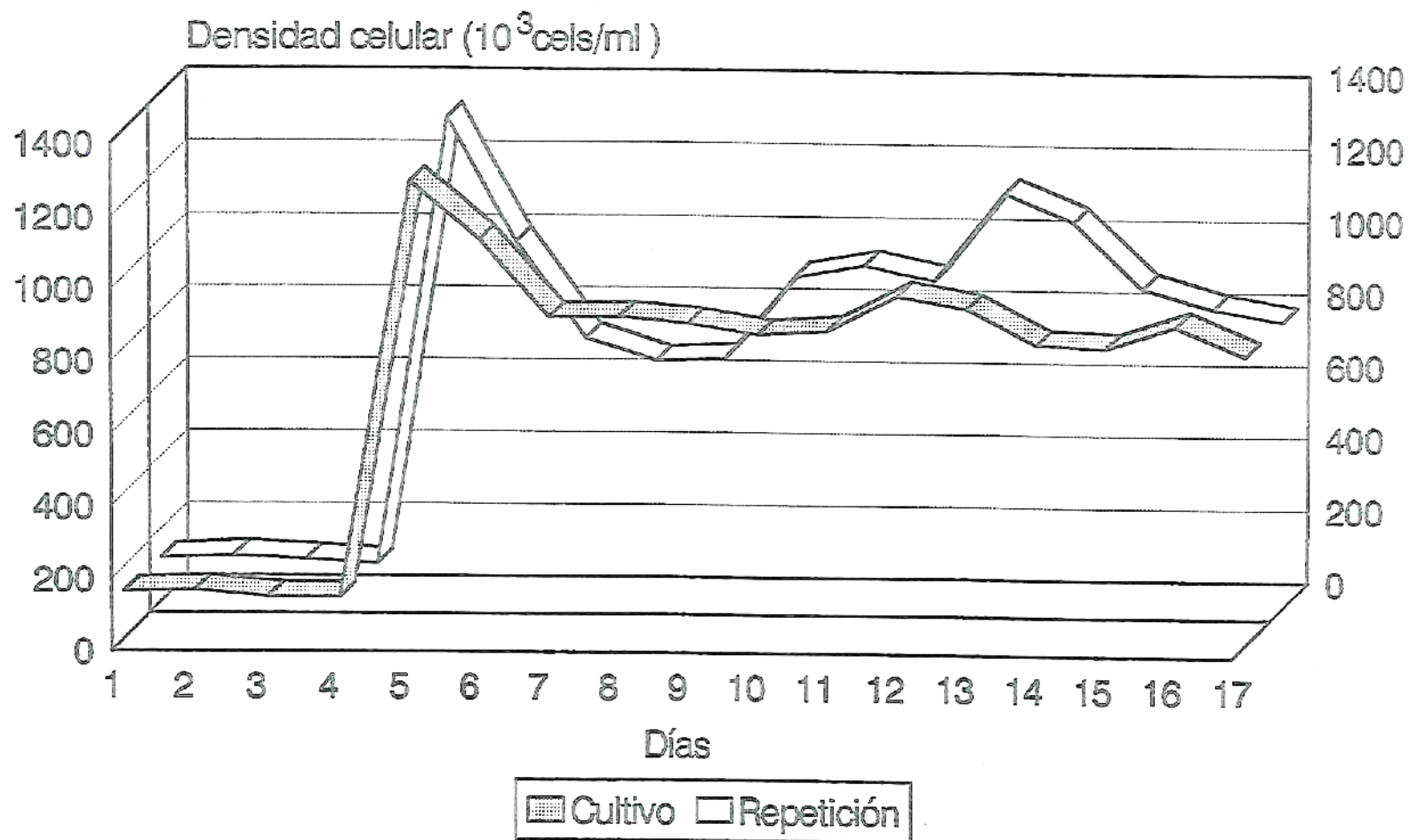
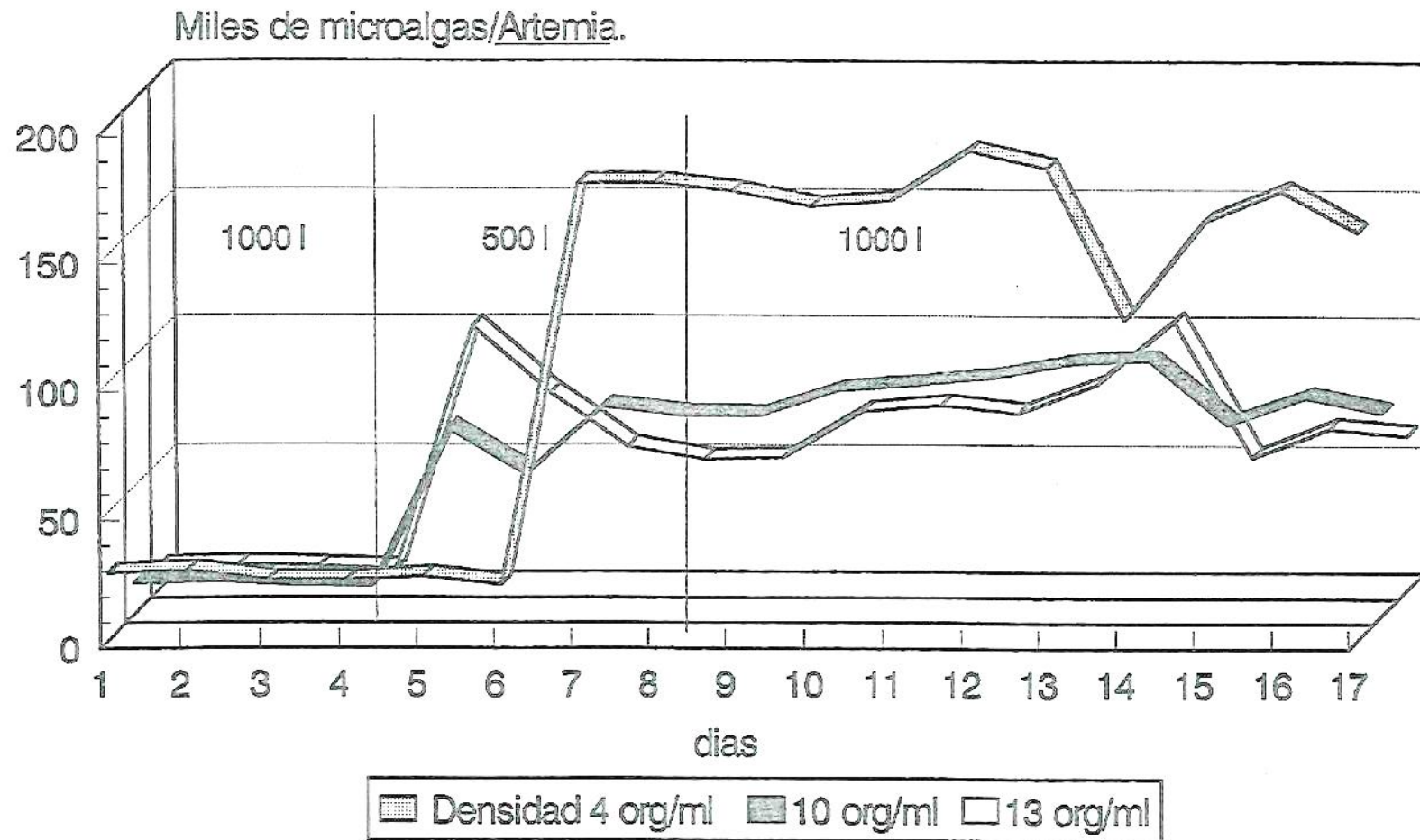


Fig.10 Ración alimenticia suministrada a cada cultivo de Artemia.



V.3.2 Supervivencia y crecimiento de Artemia franciscana.

La supervivencia que se registró para la densidad de 4 org/ml fue de un 93.28%, seguido por la densidad de 13 org/ml con 79.74% y el valor más bajo lo tuvo la densidad de 10 org/ml con 76.93%. La Tabla III muestra las densidades iniciales y finales de los cultivos.

La talla máxima alcanzada por los organismos (Tabla III) se obtuvo en la densidad de 10 org/ml con 3.31 mm, seguida por la densidad de 4 org/ml con 3 mm y el valor bajo se reporta para la densidad de 13 org/ml con 2.5 mm

Tabla III. Valores promedios (\bar{x}) de supervivencia y crecimiento de los cultivos de Artemia franciscana evaluados al final del experimento (s = desviación estándar).

Densidad	Densidad inicial org/ml		Densidad final org/ml		Supervivencia %		Longitud promedio (mm)	
4 org/ml	4.3	4.9	4.1	4.4	95.34	91.22	2.45	3.55
	$\bar{x}=4.6$ s=0.424		$\bar{x}=4.285$ s=0.261		$\bar{x}=93.28$ s=2.91		$\bar{x}=3$ s=0.077	
10 org/ml	9.9	10	8.52	6.78	86.06	67.8	2.7	3.92
	$\bar{x}=9.95$ s=0.07		$\bar{x}=7.65$ s=1.23		$\bar{x}=76.93$ s=12.91		$\bar{x}=3.1$ s=0.862	
13 org/ml	13.1	12.9	10.8	9.94	82.44	77.05	2.91	2.14
	$\bar{x}=13$ s=.0141		$\bar{x}=10.37$ s=.0608		$\bar{x}=79.74$ s=3.81		$\bar{x}=2.5$ s=0.544	

V.3.3 Cosecha de Artemia franciscana.

Al evaluar las densidades de cultivo es importante considerar que las cosechas obtenidas están en función de las condiciones en que los organismos fueron sometidos. En la Tabla IV se indican los valores promedios de cosecha para las tres densidades de cultivo, donde se observa que el máximo valor se registró en la densidad de 13 org/ml con 199 g, seguido por la densidad de 4 org/ml con 189.8 g, y el valor más bajo, se obtuvo en la densidad de 10 org/ml con 186.15 g. Estos valores no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Entre tratamientos, los organismos de mayor peso individual (peso húmedo) fueron los de la densidad de 4 org/ml con 178.5 μg /org, seguidos por la densidad de 10 org/ml con 98 μg /org y con el valor más bajo la densidad de 13 org/ml con 76.5 μg /org.

Tabla IV. Valores promedios (\bar{x}) de la cosecha final de las tres densidades de cultivo de *Artemia franciscana* en 250 l (s = desviación estándar).

Cultivo	Cosecha (g)		Organismos en 250 l.		Peso promedio por organismo (μg)	
4 org/ml	184.6	195	1025000	1100000	180	177
	$\bar{x}=189.8$ $s=7.35$		$\bar{x}=1,062,500$ $s=53033.0$		$\bar{x}=178.5$ $s=2.12$	
10 org/ml	192.3	180	2130000	1695000	90	106
	$\bar{x}=186.15$ $s=8.69$		$\bar{x}=1,912,500$ $s=307591.4$		$\bar{x}=98$ $s=11.31$	
13 org/ml	194.6	203.4	2700000	2485000	72	81
	$\bar{x}=199$ $s=6.22$		$\bar{x}=2,592,500$ $s=152027.8$		$\bar{x}=76.5$ $s=6.36$	

V.4 Composición proximal.

Los porcentajes obtenidos de los diferentes cultivos, se expresan en base a la fracción orgánica total de las muestras, que se denomina como peso seco orgánico (PSO), debido al alto contenido de cenizas presentes en las muestras.

V.4.1 Composición proximal de Chaetoceros mulleri.

El análisis proximal realizado a la microalga Chaetoceros mulleri (Tabla V) registró un porcentaje del 23% de proteínas, 11.487 % de lípidos y un 45.74 % de carbohidratos .

Tabla V. Composición proximal de Chaetoceros mulleri. Los valores promedios (\bar{x}) se expresan como porcentaje de peso seco orgánico (s =desviación estándar).

Especie	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Lípidos (%)
<u>Chaetoceros mulleri</u>	$\bar{x}=23.52$ $s=1.34$	$\bar{x}=45.74$ $s=0.5742$	$\bar{x}=11.48$ $s=1.050$

V.4.2 Composición proximal de Artemia franciscana.

Se analizó para Artemia, el porcentaje de proteínas, carbohidratos y lípidos (Tabla VI); se registró variación entre las distintas densidades de cultivo. Los lípidos registraron el valor más alto en la densidad de 4 org/ml con un 22.57 % y el más bajo fue para la

densidad de 10 org/ml con un 19 %; la densidad de 13 org/ml obtuvo un valor intermedio de 21.1 %.

Entre densidades, el valor alto se calculó para la densidad de 13 org/ml con 22.9 % , el menor valor en la densidad de 10 org/ml con 16.29 % y para la densidad de 4 org/ml un valor intermedio de 21.51 %.

Tabla. VI. Composición proximal de *Artemia franciscana*. Los valores promedios (\bar{x}) están expresados como porcentaje de peso seco orgánico (s=desviación estándar).

Densidad	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Lípidos (%)
4 org/ml	$\bar{x}=21.51$ s=7.2	$\bar{x}=33.45$ s=3.162	$\bar{x}=22.57$ s=8.9
10 org/ml	$\bar{x}=16.29$ s=2.36	$\bar{x}=13.49$ s=3.67	$\bar{x}=19$ s=4.39
13 org/ml	$\bar{x}=22.9$ s=3.92	$\bar{x}=11.73$ s=1.15	$\bar{x}=21.1$ s=4.7

V.5 Producción y rendimiento de Artemia franciscana.

Después de 17 días de cultivo se cosechó la biomasa de Artemia de las tres densidades de cultivo (Tabla VII). La cosecha obtenida en 250 l se expresa en gramos de peso húmedo (p.h). Para esta producción, el volumen total de agua empleado a lo largo del experimento, fue de 1.5 m^3 para cada estanque. Si denominamos la biomasa cosechada de cada cultivo, como "A" y el volumen total de agua empleado durante el experimento como "B", se puede calcular el rendimiento de los cultivos en base a la densidad experimentada. El mayor rendimiento se registra para la densidad de 13 org/ml con 132.66 g/m^3 , un valor intermedio se obtuvo en la densidad de 4 org/ml con 126.6 g/m^3 , y el valor bajo lo registra la densidad de 10 org/ml con 124.4 g/m^3 .

Para poder comparar con otros autores y hacer inferencias de producción en laboratorio en diferentes volúmenes de cultivo. Se extrapolaron los datos a un volumen de 1 m^3 de agua, donde la producción esperada (A) para la densidad de 13 org/ml será de 796 g, para la densidad de 4 org/ml será de 759.2 g y de 744.6 g. para la densidad de 10 org/ml; para obtener estas producciones se requeriría de un volumen total de $6. \text{ m}^3$ de agua por cultivo (B).

Tabla VII. Rendimiento promedio (\bar{x}) de los cultivos de *Artemia franciscana* en base a la cosecha obtenida en 250 l, estos valores son extrapolados a cultivos de 1 m³ con las mismas densidades para determinar el gasto total de agua y su rendimiento.

	Densidad 4 org/ml	Densidad 10 org/ml	Densidad 13 org/ml
Volumen de cultivo (l)	250 l	250 l	250 l
(A) Cosecha (g) peso húmedo.	$\bar{x}=189.8$ $s=7.35$	$\bar{x}=186.15$ $s=8.69$	$\bar{x}=199$ $s=6.22$
(B) Volumen total de agua en m ³ para obtener A	1.5	1.5	1.5
Rendimiento por m ³ (A/B)	126.53 g/ m ³	124.1 g/ m ³	132.66 g/ m ³
Extrapolando a:			
Volumen de cultivo	1000 l	1000 l	1000 l
(A) Cosecha esperada en peso húmedo (g)	759.2	744.6	796
(B) Volumen total de agua para obtener A (m ³)	6	6	6
Rendimiento por m ³ (A/B)	126.53 g/ m ³	124.1 g/ m ³	132.66 g/ m ³

V.6 Costos de producción.

El análisis financiero implica costos fijos y costos variables. Los costos fijos se refieren a la infraestructura necesaria para cultivar Artemia, los cuales están en función de las expectativas del inversionista, sus necesidades, objetivos y escala a la que se pretenda desarrollar el cultivo. Los costos variables o de producción se refieren a los gastos necesarios para producir la biomasa cosechada.

Este análisis se enfoca sólo a los costos variables o costos de operación (Tabla VIII y IX) que fueron necesarios para poder llevar a cabo este experimento (Fig.11), es decir los que se gasto para cultivar las tres densidades de Artemia franciscana (o sea para 6 estanques de 250 l), sin considerar los gastos de infraestructura, la que esta estaba ya disponible en el laboratorio de acuicultura del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. Los costos de operación son proporcionales a las cantidades que se utilizaron en la producción en base a l precio de los reactivos.

Tabla VIII. Costos de producción para el cultivo de Artemia franciscana para este estudio.

	Precio (* dolares)
NaOH (60 g)	1.5
Cl (5 l)	2.5
Quistes (200 g)	10
Electricidad	2

Total \$ 16 (N\$6.00)= N\$ 96.00

Tabla IX. Costos de producción para el cultivo de Chaetoceros mulleri para este estudio.

	Costo (* dolares).
Electricidad	10.83
Agua (10.2 m ³)	6
Fritz (4.5 l)	12.5
Silice (450 g)	2

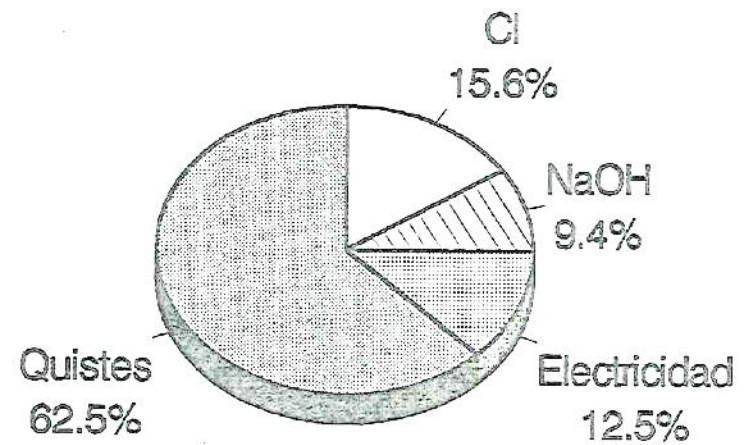
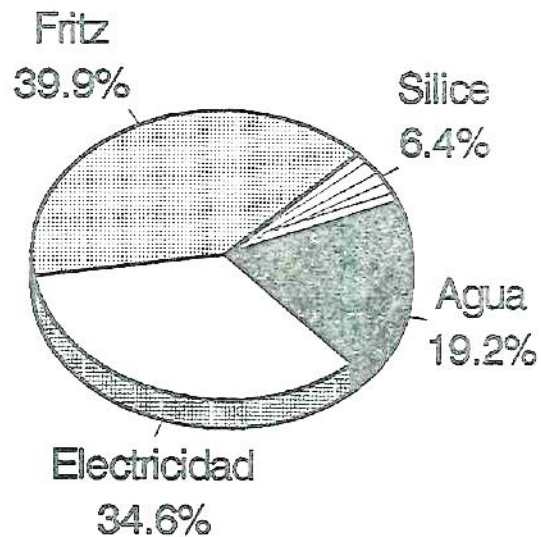
Total 31.33 (N\$ 6.00) = N\$ 187.98

El costo total de producción para llevar a cabo este experimento fue de \$ 47.33 dolares ó N\$ 283.98 (* \$1 a N\$ 6.00)

Fig. 11 Porcentaje relativo de los costos de producción para los cultivos.

Chaetoceros mulleri (N\$ 187.98)

Artemia franciscana (N\$ 96.00)



VI. Discusión.

VI.1 Cultivo de Chaetoceros mulleri.

En la densidad celular evaluada diariamente, se observó baja producción de biomasa en ambos porcentajes de dilución y fluctuaciones en el tiempo con las cosechas diarias. La densidad celular alcanzada en los cultivos es similar a la reportada por Barrera (1993), en un experimento donde utiliza el medio de cultivo f/2 clásico como control, en el mismo sistema de cultivo y con la misma especie, quien reporta 1, 237 160 cel/ml para el 5 día de cultivo.

Al comparar con otros autores los parámetros físicos y químicos cultivo de la diatomea, se encuentran dentro del rango adecuado para la producción de biomasa. Aunque para cultivos comerciales es necesario promover una mayor producción, la cual esta en función de mejorar la calidad y cantidad de la luz y la homogenización de la columna de agua; es por esto que las densidades que se reportan en este trabajo son bajas en comparación a otros sistemas de cultivo como fernbach y garrafones. La densidad celular que se pueda alcanzar en un cultivo masivo depende del medio de cultivo empleado, de la calidad de la luz, del tipo de estanque y de su volumen; en este sentido, se han reportado mayores densidades celulares en volúmenes menores (Correa-Reyes, 1993). Es importante considerar que en este experimento, se empleó un medio de cultivo f/2 comercial (Fritz) de fácil preparación, que no implica una fuerte inversión más del f/2 con sales técnicas; y que resultó bueno para la producción de biomasa de Chaetoceros mulleri, si se compara con los datos de Barrera (1993).

Para fines de producción comercial, donde es importante obtener la mayor biomasa posible, para utilizar este medio sería necesario cambiar el diseño del estanque, a otro que permita una mayor homogenización de la columna de agua y que sea de preferencia transparente para que penetre una mayor cantidad de luz.

Al final del cultivo, se observó una delgada capa de sílice precipitado, debido probablemente a que la columna de agua no estuvo completamente homogenizada, o a la calidad del sílice comercial o la forma de preparación (es decir que haya que diluirlo en agua marina y no en agua destilada antes de ser agregado, y esto no se especifica en las instrucciones de preparación) otra explicación pudiera ser que probablemente no fue utilizado debido a las bajas concentraciones de microalgas.

El sistema de cultivo que se utilizó cumple con las expectativas necesarias para la producción de microalgas, aunque condiciona a que la ración alimenticia disponible para los cultivos de Artemia dependa del volumen suministrado. Si se requiere aumentar la ración alimenticia, es necesario aumentar el número de estanques ó promover la mayor producción posible de biomasa con este medio de cultivo comercial. Estas decisiones están en base a las necesidades de la granja acuícola y sus objetivos.

Al requerir de una ración individual como las recomendadas por Correa-Sandoval (1991) y Juárez-Carrillo (1995) para el óptimo crecimiento de los organismos, se pueden considerar los sistemas de producción en pequeña escala, los cuales alcanzan producciones más elevadas que los de mayor volumen, pero en contraste la manipulación y los costo de producción aumentan considerablemente.

VI.2 Cultivo de Artemia franciscana .

VI.2.1 Densidad y talla final.

En el cultivo intensivo, la densidad de siembra es importante ya que está en función de la capacidad de carga que pueda soportar el volumen de agua que se va a utilizar, y esto es, porque se dispone de un espacio determinado, cantidad de alimento y oxígeno para los organismos (Wheaton, 1982). Un exceso en la densidad de los organismos puede provocar un desequilibrio y afectar la calidad del agua, repercutiendo en el cultivo. El crecimiento, la calidad y la estabilidad del cultivo, están en función de colocar el número inicial adecuado de organismos que el sistema pueda soportar, manteniendo así su calidad y aprovechando al máximo el volumen de agua disponible (Chakroff, 1983) . Por ello, la evaluación de las densidades en un sistema de producción, bajo ciertas condiciones experimentales, provee la información necesaria para proponer las densidades más adecuadas.

La mayoría de los trabajos a nivel experimental, evalúan densidades de 1 a 3 organismos/ml en volúmenes pequeños (1-10 l), estos datos no pueden ser extrapolados a cultivos de mayor volumen, pero aportan las bases necesarias para escalar dichas condiciones de cultivo a volúmenes más grandes. Se han reportado cultivos con volúmenes de agua mayores empleando bajas densidades y diferentes condiciones experimentales, los cuales no son adecuados para la producción de biomasa de Artemia y los que no pueden ser comparados con estos resultados.

Con base a la producción diaria de Chaetoceros mulleri y al volumen suministrado a cada densidad, se determinó la ración alimenticia por cultivo. En este estudio la densidad celular de microalgas disponible fue inversa a la densidad de las artemias cultivadas, lo que implicó un menor número de células de microalgas por organismo en la medida que aumentó la densidad de cultivo de Artemia. Lo anterior tiene un efecto directo en el crecimiento de los organismos debido a que la tasa de ingestión aumenta con respecto al estado de desarrollo y, por lo tanto, requiere un mayor número de células. Correa-Sandoval (1991) sugiere una ración alimenticia óptima por organismo con respecto al estadio de desarrollo y Juárez-Carrillo (1995) propone una dieta a base de fosfolípidos, que para el presente trabajo, no fue factible aplicar debido a las condiciones experimentales y a los objetivos de interés.

La disponibilidad de alimento en base a la producción de microalgas (Sick, 1976), aunado a las densidades de Artemia evaluadas, muestran tener un efecto en el crecimiento de los organismos, los cuales alcanzaron tallas de 2.5 mm, 3 mm, y 3.31mm, para el cultivo con una densidad 13 , 4 y 10 org/ml, respectivamente; estos valores fueron significativamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Un factor importante a resaltar son los métodos empleados para medir la longitud total de Artemia, los cuales son diferentes y variables entre autores, ya sea por la técnica de preservación o por la curvatura de los organismos al momento de la medición. En este trabajo, se subestima el tamaño real de Artemia debido a que se utilizó lugol para preservarlas.

Las tallas finales alcanzadas después de 17 días de cultivo sin llegar a formar parejas, indican que los organismos estaban canalizando la energía asimilada principalmente para su mantenimiento. Esta diferencia en talla, con respecto a las reportadas en la literatura, es una respuesta fisiológica a las condiciones de densidad de cultivo y de ración alimenticia en que se desarrollaron. Las condiciones ambientales también tienen un efecto muy importante en los organismos (Clocg y Conte, 1980; Tackaert, et al., 1987), en este estudio la temperatura se encontraba dentro del intervalo óptimo con tendencia hacia el límite inferior, y esto genera que los organismos disminuyan su metabolismo.

Sorgeloos (1972) reporta tallas de 5.1 mm en condiciones de oscuridad vs 4.208 mm en condiciones de iluminación con densidades de 1.6 org/ml después de 10 días de cultivo; sin embargo, no menciona el tipo de alimento que suministró. Mason (1963) reporta organismos de 3.7 a 5 mm alimentados con una dosis constante de Dunaliella tertiolecta, y, al aumentar la dosis alimenticia, observó un incremento de la talla final de los organismos en el mismo tiempo de cultivo (11 días). Juárez-Carrillo (1995) reporta tallas de 3.99 mm y 4.51 mm alimentados con Chaetoceros sp y fosfolípidos en base seca y emulsión. Estas tallas reflejan las condiciones experimentales a las que fueron sometidos los organismos, y brindan información del estado fisiológico.

La población evaluada en este estudio es la misma reportada por Correa-Sandoval y de la Rosa-Velez (1996) quienes reportan para Artemia una alta variabilidad genética, lo que le da gran plasticidad en su adaptación a distintos ambientes. Considerando lo anterior, la variable de respuesta de crecimiento y talla final alcanzada en este estudio,

están en función, principalmente del alimento; La condición de oscuridad es favorable para el crecimiento de los organismos por requerir menos gasto energético en su desplazamiento, distribuyéndose en forma homogénea en la columna de agua, lo que facilita que la ración alimenticia sea más equitativa (Sorgeloos, 1977a; Tapia, 1995).

Las tallas finales registradas en este estudio están dentro del intervalo requerido para la alimentación de los organismos del nivel terciario de la cadena trófica (Hepper, 1993) y al reportado en otros trabajos (Mason, 1963; Sorgeloos, 1976; Correa-Sandoval y Bückle-Ramírez, 1993; Juárez-Carrillo, 1995) se difiere principalmente en el volumen de agua utilizado y la mayor densidad de organismos y una alimentación limitada.

Para fines prácticos, organismos pequeños en talla, y de composición proximal diferente a los nauplii, pueden ser suministrados a peces y crustáceos en estadios tempranos.

VI.2.2 Sobrevivencia

Los porcentajes de sobrevivencia fueron altos y es probable que la mortalidad se haya registrado en las fases iniciales del cultivo, donde los estadios larvales son más sensibles que los pre-adultos y los adultos, o por el manejo del sistema durante los recambios de agua. La sobrevivencia en el cultivo de la densidad 14 org/ml fue la que presentó diferencias estadísticamente significativas, lo que probablemente se deba a que los organismos fueron sometidos a mayor estrés, por el número de organismos en el

cultivo y a una menor ración alimenticia. La buena calidad de agua del medio no representó una variable que afectara la sobrevivencia, resultando similares a las otras densidades, esto se debió a los recambios diarios de agua. En términos generales, las tres densidades evaluadas registraron altas sobrevivencias.

Se reportan sobrevivencias de Artemia en un rango de 10.66% a 79.24%, alimentadas Chaetoceros mulleri cultivadas con tres diferentes tipos de luz (Correa-Reyes, 1993); González-Medina (1994) reporta sobrevivencias de 42.7 % para agua marina y 42.5% para agua de salinidad reducida (12 ‰); Juárez-Carrillo (1995) reporta porcentajes de 73.3% para un volumen de 18 l alimentado con Chaetoceros sp. y fosfolípidos y este mismo autor registra sobrevivencias de 71.82% alimentando con Chaetoceros sp. y emulsiones. Correa-Sandoval (datos no publicados) ha logrado sobrevivencias de 95-96% en cultivos cerrados de 150 l de volumen, con densidades de 2.6, 3.2 y 8 org/ml a los que les suministró una ración alimenticia fija. Castro et al. (1987a) reporta, para sistemas cerrados al aire libre, sobrevivencias de 70-80%. Sorgeloos (1972) reporta sobrevivencias de 92% en condiciones de oscuridad de 50,000 organismos en 30 l alcanzando los organismos 5.1 mm en condiciones de oscuridad vs 4.208 mm en condiciones de iluminación después de 10 días de cultivo, sin embargo, no menciona el tipo de alimento que les suministró.

Los resultados de este trabajo indican porcentajes de sobrevivencia altos, los cuales se deben a que los organismos son muy resistentes a condiciones de estrés, por ello en el cultivo de la densidad de 13 org/ml, se registró buena calidad del agua, con las

variables de amonia y pII como indicadores. Esto fue posible por el recambio de agua que se efectuó cada 24 h, con diluciones entre el 30-40% para diluir las concentraciones de metabolitos que se encuentran en el medio. Sería interesante evaluar el sistema sin recambios de agua constante y monitorear las principales variables del medio para registrar en que momento los procesos anaerobios son tan altos que puedan provocar el colapso del cultivo.

En los sistemas de producción intensivos, la calidad del agua depende de las técnicas de cultivo aplicadas; por esto, es importante mantener las condiciones ambientales dentro del rango adecuado, con la finalidad de alcanzar en los organismos tamaños mayores y sobrevivencias más altas. Un aspecto importante es la eficiente agitación del medio que genere una distribución uniforme de los organismos en la columna de agua, pero evitando que estos se lastimen y a la vez promueva la difusión de oxígeno en el medio.

VI.2.3 Cosecha y rendimiento

Las biomasas cosechadas no registraron diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos. En la cosecha de la densidad de 4 org/ml hubo organismos largos y delgados vs y en la densidad de 13 org/ml habia artemias chicas y delgadas; estas diferencias se atribuye principalmente a la disponibilidad de espacio.

La mayor producción de biomasa se registró en la densidad de 13 org/ml donde se cosecharon 199 g , con un rendimiento de 132.66 g/m^3 ; sin embargo, éste tuvo una mayor mortalidad con respecto a las otras dos densidades.

Extrapolando estos datos a un metro cúbico de cultivo se obtendrían cosechas de 759.2 g/m^3 en la densidad de 4 org/l, de 744.6 g/m^3 en la densidad de 10 org/ml y 796 g/m^3 en la densidad de 13 org/ml de biomasa peso húmedo, siendo necesario un volumen de agua total para cada cultivo de 6 m^3 . Con estos valores se obtienen rendimientos de 126.53 g/ m^3 para la densidad de 4 org/ml, de 124.1 g/ m^3 en la densidad de 10 org/ml; y de 132.66 g/ m^3 en la densidad de 13 org/ml.

Al comparar con otros sistemas cerrados, Correa-Sandoval (datos no publicados) obtiene rendimientos de 280 g/m^3 a 431 g/m^3 cosechando 4000 g y 6040 g de biomasa , que fueron producidos en 1 m^3 pero gastando un volumen de 14 m^3 de agua para recambios durante los 17 días que duró el experimento; utilizó densidades de 2.6, 3.2 y 8 org/ml, y les suministró una mayor ración alimenticia en comparación a este estudio. Aunque obtuvo mayores rendimientos fue necesario un mayor gasto de agua. Cuando se compara con sistemas abiertos con densidades de 18 org/ml y 4000 m^3 de agua requeridos, se obtienen rendimientos de 6.2 g/m^3 (Roels *et al.*, 1979); Sorgeloos (1985) obtiene un rendimiento de 26.66 g/m^3 en densidades de 18 org/ml, empleando 750 m^3 de agua en total, y Brisett *et al.* (1982) obtiene un rendimiento de 454 g/m^3 empleando un volumen de 55 m^3 de agua, pero no menciona la densidad de organismos que utilizó.

En las producciones y en los rendimientos son importantes comparar el volumen total de agua que se gasta en cada sistema. En este trabajo el mayor rendimiento se obtiene en la densidad de 13 org/ml, la que también tuvo la mayor mortalidad y la menor talla en los organismos. Con base a estos resultados se puede mejorar el rendimiento de cultivos futuros. Si se empleara una mayor ración alimenticia de microalgas o alimento inerte, se esperaría un incremento en el crecimiento y el peso de los organismos en la densidad de de 13 org/ml. A partir de estos datos, se pueden probar densidades más altas e ir evaluando hasta que punto es posible mantener el cultivo con un buen rendimiento sin que el sistema se colapse.

El rendimiento en este trabajo es bueno al comparar con otros sistemas cerrados, ya que requiere de un menor gasto de agua y a su vez de mínima inversión; además de que dadas sus características puede adecuarse a diferentes condiciones regionales, en contraste un sistema abierto que requiera de flujo de agua continuo.

VI.3 Composición proximal.

Del alimento los organismos obtienen la energía necesaria para llevar a cabo sus funciones fisiológicas. El alimento ingerido está compuesto por moléculas complejas de proteínas, lípidos y carbohidratos que deben ser convertidos en sus componentes primarios para que éstos, a su vez, puedan ser absorbidos y utilizados. En general, la composición proximal de los organismos se evalúa en base a las proteínas, las que tienen

una función estructural y catalítica, los carbohidratos que tiene una función energética y los lípidos (grasas) que sirven como elementos estructurales y combustibles.

VI.3.1 Composición proximal de Chaetoceros mulleri

La dieta de Chaetoceros mulleri cultivada en el medio f/2 comercial, contiene en base al peso seco orgánico, el 23.52 % de proteínas, el 11.48 %, de lípidos y el 45.74 % de carbohidratos. Comparando con los datos de literatura, Correa-Sandoval et al., (1994b) para cultivos en 500 l empleando el medio de cultivo f/2 reporta el 52.35% de proteínas, 18.32% de lípidos y 29.32 % de carbohidratos. Cuando utilizo fertilizantes agrícolas como medio de cultivo obtuve 52.09 % de proteínas, 11.40% de lípidos y 36.49% de carbohidratos. Los resultados de este estudio, presentan comportamientos muy similares en la fracción de lípidos e inversos en proteínas y carbohidratos, También estos datos se parecen a los reportados por González-Medina (1994) quien obtuvo en su experimento altos porcentajes de carbohidratos, menor cantidad de lípidos y un valor intermedio de proteínas.

Los valores en la composición bioquímica, son resultado del medio de cultivo, cantidad y calidad de la luz (López-Elias, 1990), fase de cosecha de las microalgas y al tipo de estanque empleado en este sistema de cultivo ya que a un mayor volumen de agua, la homogenización en estanques planos no es tan eficiente.

La importancia en la composición bioquímica de las microalgas, es evidente porque tiene un efecto directo en la calidad nutricia para las artemias.

VI.3.2 Composición proximal de Artemia franciscana.

La composición proximal de Artemia son resultado de las condiciones ambientales en las que se desarrolló y brinda la información necesaria para conocer la calidad nutricional del alimento vivo que será suministrado a los organismos cultivados.

En general, los porcentajes que se reportan, no son el 100 % de la materia orgánica en la muestra evaluada, ya que ninguna de las técnicas utilizadas detectan ni cuantifican la quitina, que es el componente principal del exoesqueleto de todos los crustáceos (Correa-Reyes, 1993). Además, hay un porcentaje que se pierde por manejo en la preservación de la muestra o en la extracción. El intervalo reportado para las fracciones orgánicas en Artemia es amplio (50-90%), y es resultado de una serie de factores, entre los que destaca el manejo de las muestras y la calidad del alimento (Correa-Reyes, 1993; Correa-Sandoval, *et al.*, 1994a; Juárez-Carrillo, 1995).

De los porcentajes de proteínas reportado para este estudio (13 org/ml con 22.08 %, seguido por el de 4 org/ml con 21.51 % y el de 10 org/ml con 16.28%), el cultivo de 13 org/ml presentó ligeramente un mayor porcentaje, consecuencia probablemente de que los organismos no tuvieron suficiente espacio disponible para desplazarse, lo que implica un gasto energético menor; aunado a esto, la talla pequeña indica que la energía disponible fue utilizada para el mantenimiento, en vez de crecimiento. En contraste en la densidad de 10 org/ml que tuvo una ración alimenticia intermedia y a su vez mayor espacio para desplazarse, se generó un mayor gasto energético. La densidad de 4 org/ml,

fue el porcentaje intermedio ya que tuvieron una mayor ración alimenticia y, además, un mayor gasto energético para el desplazamiento al haber más espacio disponible..

En el caso de los lípidos, el mayor porcentaje fue de 22.57 % para la densidad de 4 org/ml, 21.10 % para la densidad de 13 org/ml como valor intermedio y 19 % para la densidad de 10 org/ml. Estos porcentajes son mayores a los reportados por Correa-Sandoval et al. (1994b) quienes obtuvieron valores de 10.15 % , 10.95 % , 15.32 % , de lípidos en Artemia de diferentes poblaciones alimentadas con Chaetoceros mulleri cultivada en dos medios y a los de González-Medina (1994) que reporta porcentajes de lípidos de 21.09 % y 13.56 % en Artemia alimentada con alimento inerte y Chaetoceros. Los lípidos tienen importancia como almacenadores de energía y en el transporte de material no polar a través de los líquidos biológicos.

En este trabajo los carbohidratos registraron valores de 33.45 % para la densidad de 4 org/ml, de 13.48% para la densidad de 10 org/ml y de 11.43% para la densidad 13 org/ml. Estos valores son inversos a la densidad de cultivo, es decir, a mayor densidad de cultivo se registra menor porcentaje de carbohidratos; lo que indica un efecto debido posiblemente a la densidad. Debido a que los carbohidratos son compuestos energéticos, estos resultados indican que los organismos que estuvieron a mayor densidad requirieron de mayor energía para compensar el estrés del medio, generándose un mayor gasto de carbohidratos en condiciones más limitantes de densidad y alimento .

La diferencia registrada en los porcentajes de lípidos, proteínas y carbohidratos de Artemia , son el resultado de la densidad de cultivo, la cantidad y la calidad del alimento

suministrado. En este sentido, se han registrado diferencias en el porcentaje de proteínas, lípidos y carbohidratos aún entre la misma población de Artemia, cuando éstas son sometidas a diferentes condiciones experimentales (Sanchez-Saavedra, 1994). En este estudio, los porcentajes son bajos pero están dentro del rango reportado; esto valores indican que los organismos se mantuvieron en condiciones de estrés.

VI.4 Costos de producción.

Para conocer si un cultivo es redituable, es necesario contrastar el costo de producción y la ganancia que podría generarse. Al no haber diferencias estadísticamente significativas en la biomasa cosecha, se procedió a evaluar de manera global la producción.

La producción total de biomasa de Artemia fue de 1149.9 g (1.149 Kg) peso húmedo, cultivada en los seis estanques. en un volumen total de 1.5 m³ de agua y se emplearon en total 9 m³ de agua con alimento durante los 17 días del experimento.

Para conocer la rentabilidad de la biomasa cosechada, es necesario considerar el mercado de Artemia, que tiene la siguiente ruta.

Venta de mayoreo: actualmente el kilo de Artemia viva (peso húmedo), se cotiza entre N\$ 150-200. Este mercado es por volumen y requiere de una gran producción; el producto se distribuye a intermediarios, los que a su vez, surten a tiendas más pequeñas. En este lapso el precio del kilo de Artemia tiende aumentar considerablemente.

Venta de menudeo: las tiendas pequeñas venden el producto, donde la mercancía se vende menos. En estas tiendas se vende en bolsas con 2-3 g a N\$ 3.00-4.00, lo que hace que el precio del kilo se eleve hasta N\$ 1333.33. Cabe resaltar que, debido al volumen de venta y a los intermediarios, las tiendas pequeñas compran el kilo de Artemia entre N\$ 500-600.

Suponiendo que la Artemia producida en laboratorio, se vendiera:

a precio de mayoreo:

$$1.140 \text{ Kg a N\$ } 200.00 \text{ Kg} = \text{N\$ } 229.98 \text{ (} -283.98 \text{)}^* = -54.00$$

a precio de menudeo:

$$1.140 \text{ Kg a N\$ } 4.00 \text{ (} 3 \text{ gr)} = \text{N\$ } 1520.00 \text{ (} -283.98 \text{)}^* = 1236.02$$

*costos de producción.

Para enfocar el producto al mercado mayorista y competir con él, es necesario aumentar la producción en biomasa y la escala de cultivo. La ganancia en este mercado es en base al volumen de producción y de venta. En contraste, el mercado de menudeo, gana más dinero, pero el producto de venta se desplaza lentamente. Ambos mercados son prometedores y la escala de producción está en función del mercado al que se quiera dirigir el productor.

Si se considera el caso de venta por mayoreo, la cosecha obtenida en este estudio no es suficiente para obtener una ganancia en el mercado mayorista (-N\$ 54), pero procurando mejorar y escalar este sistema, sería posible aumentar la producción y entonces resultaría redituable.

Al vender a precio de menudeo, esta producción resulta redituable en estas condiciones (N\$ 1236.02). Si el producto se vende directamente al consumidor, y no hay intermediarios; por otro lado, se debe tener en cuenta que se requieren gastos para el mantenimiento de los organismos mientras éstos se venden.

La utilidad estará en función del mercado al que el productor se quiera canalizar, ambos mercados son atractivos. La producción y venta de Artemia tiene diferentes expectativas, por esto se requiere promover su producción a gran escala para primero cubrir el mercado nacional y , posteriormente, exportarla al mercado internacional en sus diferentes presentaciones. En consecuencia, es necesario seguir trabajando en esta línea de investigación, para generar, validar y transferir tecnología al sector productivo.

VII. CONCLUSIONES.

1.- Los parámetros a los que fueron sometidos los cultivos en condiciones de laboratorio, se ubican dentro del rango de tolerancia hacia los límites inferiores, los cuales no fueron limitantes para la sobrevivencia de Artemia franciscana en este estudio.

2.- La calidad del agua fue buena, debido a los recambios que proporcionaban al sistema un volumen adicional para amortiguar las concentraciones de metabolitos.

3.- La densidad celular de Chaetoceros mulleri cultivada con el medio f/2 comercial Fritz resultó baja, lo que condicionó que la ración alimenticia para los organismos fuera inferior al óptimo.

4.- Es necesario incrementar la producción de Chaetoceros mulleri, mejorando las condiciones de cultivo, tales como incrementar la disponibilidad de luz y mejorar la homogenización de la columna de agua.

5.- Las sobrevivencias de Artemia en las tres densidades fueron altas, siendo mayor para la densidad de 4 org/ml (93.28%), y la más baja para la densidad de 10 org/ml (76.93%) y con una sobrevivencia intermedia la densidad de 13 org/ml (79.74%). Estas diferencias se atribuyen principalmente al manejo de los cultivos.

6.- La talla máxima alcanzada se registró en la densidad de 10 org/ml (3.31 mm) seguido de la densidad 4 org/ml (3 mm) y la talla más pequeña en la densidad de 13 org/ml (2.5 mm). Estos tamaños se explican en base al gasto energético de los organismos y a la ración alimenticia suministrada. En términos generales, son tallas pequeñas comparadas con las reportadas por otros autores.

7.- Aunque estadísticamente no hubo diferencias, la cosecha máxima fue de 199 g de la densidad de 13 org/ml, seguido por la densidad de 4 org/m con 189.8 g y la más baja fue de 186.15 g en la densidad de 10 org/ml. Se obtuvieron organismos más pesados en la densidad de 4 org/ml con 177.1 μ /org, en la densidad de 10 org/ml con 97.3 μ /org y la densidad 13 org/ml con 76.7 μ /org.

8.- La composición proximal promedio en base al peso seco orgánico de Chaetoceros mulleri fue de 23.53 % de proteínas, 11.48% de lípidos y 45.74 % de carbohidratos.

9.- En la composición proximal promedio para Artemia franciscana se observó variabilidad entre los cultivos. La densidad de 4 org/ml registró 21.51% de proteínas, 22.57 % de lípidos y 34.45 % de carbohidratos; la densidad de 10 org/ml presentó el 16.29 % de proteínas, 19 % de lípidos y el 13.49 % de carbohidratos; la densidad de 13 org/ml obtuvo un 22.9% de proteínas, 21.1 % de lípidos y 11.73 % de

carbohidratos; estos valores son bajos, pero se ubican dentro del rango reportado por otros autores.

10.- En el sistema cerrado de producción semi-intensiva de Artemia franciscana se obtuvo el mayor rendimiento de biomasa en la densidad de 13 org/ml (132.66 g/m^3), seguido por la densidad de 4 org/ml (126.53 g/m^3) y con el valor más bajo la densidad de 10 org/ml (124.1 g/m^3).

11.- En un contexto general, la densidad de 4 org/ml resulta ser el cultivo más adecuado para la producción de Artemia franciscana en condiciones de laboratorio. Este sistema de producción puede ser mejorado al aumentar la ración alimenticia; esto redundaría en un mayor tamaño y peso de los organismos.

12.- En base a la densidad, en este sistema se pueden producir organismos del tamaño adecuado a las necesidades del productor.

13.- Este sistema cerrado no requiere grandes volúmenes de agua, es versátil y puede ser instalado en la zona costera o en áreas alejadas de la costa.

genera una ganancia de N\$ 1236.02 y en el mercado mayorista - N\$ 54.00, por lo que sería necesario optimizar la densidad de 4 org/ml para obtener mayores biomásas.

15.- La producción de biomasa de Artemia franciscana resulta económicamente rentable, pero es necesario seguir promoviendo el desarrollo y mejoramiento de su tecnología, en base a los recursos disponibles en el país, tratando así de bajar los costos de producción.

VIII. Literatura citada

- Agraz-Guereña, V. F., H. R. Alvarez, S. J. Góngora, y M. C. Sánchez. 1987. Efecto de cuatro concentraciones de Tetraselmis suecica sobre el crecimiento y supervivencia de Artemia a densidades de 3000 larvas por litro. Memoria de curso de titulación de cultivo de Artemia. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C. Méx. 45 pp.
- Baltierra, R. J. L., Calderón, R. G. y Sánchez, J.E. 1987. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de Artemia utilizando Porphyra perforata (Rhodophyta) como alimento. Memorias de curso del Titulación : "Cultivo de Artemia". Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C. Méx. 60 pp.
- Barrera, S. 1993. Producción masiva de Chaetoceros mulleri bajo diferentes concentraciones de N y P. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. Méx. 34 pp.
- Bligh, E. G. y W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37:911-917.
- Brian, D.F. 1991. Mariculture in Japan. 3 Biotechnology and the future. World Aquaculture 22(4): 19-22.

- Briset , P., Versichele, L., Bossuyt, L. y Sorgeloos P. 1982. **High density flow-through culturing of brine shrimp Artemia on inert feeds -preliminary results with a modified culture system.** *Aquacultural Engineering* 1: 115-119.
- Castro, T. y C. Gallardo. 1985. Artemia sp. en investigación y docencia. Cuadernos CBS 2. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Méx. 42 pp.
- Castro, T., Castro, G. y De Lara, R. 1987a. **Experimental production of an introduced Artemia strain in alkaline waters in the state of México.** En : Artemia Research y Its applications. P. Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decleir y E. Jaspers (Eds). 3 : 319-326.
- Castro, T., Sánchez, L. y De Lara, R. 1987b. **Natural sources of brine shrimp (Artemia) in México.** En: Artemia Research and Its Applications. P.Sorgeloos, D.A. Bengston, W. Decleir, y E. Jaspers (Eds). 3: 153-159.
- Cervantes-Trujano, M. 1993. **Estudio de atracción y palatabilidad en juveniles de abulón Haliotis fulgens (Phillips, 1845) con nueve ingredientes utilizados para la elaboración de dietas artificiales.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. Méx. 44 pp.

- Cleeg, J. y Conte, F. 1980. **A review of the cellular and developmental biology of Artemia**.
En: International Symposium on the Brine Shrimp Artemia, G. Persoone, P. Sorgeloos,
O. Roels y E. Jaspers (Eds). Vol. 2:11-54
- Chakroff, N. 1983. **Piscicultura. Cultivo de peces en estanques de agua dulce**. Ed.
Concepto. 1a. edición. Méx. 207 pp.
- Chiaverini, J. 1972. **Tecnicas d' extraction et d'analyse des lipides**. Université de Paris, et
M. Curie, Paris. Station Zoologique Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail. No. 12. 120
pp.
- Cordero-Esquivel, B., D. Voltolina y F. Correa-Sandoval., 1993. **The Biochemical composition
of two diatoms after different preservation techniques**. Comp. Biochem. Physiol.
1105: 369-373
- Cordero-Esquivel, B. 1994. **Evaluación de diferentes métodos de preservación de dietas de
microalgas y su efecto sobre el crecimiento de Mytilus galloprovincialis Lamarek**.
Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de
Ensenada, Méx. 93 pp.
- Correa-Reyes, J. 1993. **Alimentación de Artemia franciscana con microalgas
cultivadas bajo diferentes tipos de luz**. Tesis de Licenciatura. Facultad de

Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. Méx..
56 pp.

Correa-Sandoval, F. 1991. **Caracterización biológica y bioquímica de algunas poblaciones de Artemia franciscana Kellogs. 1906.** Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Méx. 126 pp.

Correa-Sandoval, F. y Bückle-Ramírez, L. F. 1993. **Morfología y biometría de cinco poblaciones de Artemia franciscana (Anostraca: Artemiidae).** Revista de Biología Tropical, 41(1):103-110.

Correa-Sandoval, F., Voltolina-Lobina, D., Bückle-Ramírez, L. F. y B. Cordero-Esquivel. 1994a. **The grow rates of four populations of Artemia franciscana (Anostraca: artemiidae).** Rev. Biol. Trop., 42(3):605-609.

Correa-Sandoval, F., Cordero-Esquivel, B., Valenzuela-Espinoza E. y Escobar-Fernandez, R. 1994b. **Biochemical composition of laboratory-cultured adults of Artemia franciscana Kellogg,1906.** Rivista Italiana Acquacoltura. 29:-63-66.

Correa-Sandoval, F. y de la Rosa-Velez, J. 1996. **Allozymatic variation in three populations of Artemia franciscana (Kellog 1906) from México.** En : Proceedings workshop on the

improvement of the commercial production of Marine Aquaculture species. G. Gajardo y P. Cotteau (Eds). In Press.

Dobbeleir, J. Adam, N. Bosuyt, E. Bruggeman, E. y P. Sorgeloos. 1980. **New aspects of the inert diets for high density culturing of Brine Shrimp.** En: The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology use in Aquaculture. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels y Jasper. (eds) Universa Press, Wetteren Belgium. 456 pp.

Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P.A. Reber y F. Smith. 1956. **Colorimetric method for determination of sugar and related substances.** *Analyt. Chem.* 28:350-356.

Farber-Lorda, J. 1986. **Etudes biologiques, energetiques et biochimiques du krill antarctique Euphausia superba et Thysanoessa macrura recolteau cours de la campagne Fibex (Février 1981).** Thèse de Doctorat. Université d' Aix-Marseille II. 2214 p.

González-Medina, S. 1994. **Cultivo de Artemia franciscana en agua de salinidad reducida.** Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. Méx. 74 pp.

Hepher, B. 1993. **Nutrición de peces comerciales en estanques.** Ed. Limusa. 1a. ed. México. 406 pp.

- Jahning, C. E. 1977. **Artemia culture on a commercial pilot scale.** En: proceeding of the Eighth Annual Meeting World Mariculture Society. Edit. James W. Avault, Jr. 2a. ed. January 9-13, 1977 edit. LSU. USA 169-172 pp.
- Juarez-Carrillo, E. 1995. Evaluación nutricional de Artemia franciscana, Kellog, 1906, (Crustacea : Branchiopoda) alimentada con Chaetoceros sp. enriquecido con fosfolípidos en emulsión. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. B.C. Méx. 85 pp.
- Kinne, O. 1976. **Cultivation introduction to volumen III.** 1-17. En: **Marine Ecology.** Part. 1 Kinne O. John Wiley & Sons. (Eds), London. 3, 301 pp.
- Lavens, P. y Sorgeloos, P. 1985. **Controlled production of Artemia cysts under standard conditions in a recirculating culture system.** *Aquaculture Engineering*, 3 : 221-235.
- Léger, P., Bengtson, D. A., Simpson, K. L. y Sorgeloos, P. 1986. **The use and nutritional value of Artemia as a food source.** En : *Oceanogr. mar. Biolog. Ann. Rev.*, 4: 521-623.
- Léger, P., Bengtson, D. A., Sorgeloos, P., Simpson, K. L. and Deck, A. 1987. **The nutritional value of Artemia : a review.** En: Artemia Research y Its applications. P. Sorgeloos, D.A. Bengtson, W. Decler y E. Jaspers (Eds), 3 : 557- 372.

- López-Elias, J. A. 1990. **Cultivos semi-contínuos de cuatro especies de microalgas con medios simplificados: evaluación de técnicas analíticas y de producción.** Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada., B.C., Méx. 163 pp.
- Lowry, O., Rosenberg, A. y R. Randall. 1951. **Protein measurement with the folin phenol reagent.** J. Biol. Chem. 163: 265-275
- Malara, G. y L. Charra. 1972. **Dosage de glucides particulaires de phytoplancton selon le méthode de Dubois.** Université de Paris. Station Zoologique. Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail. No. 6. 12 pp.
- Mason, D. T. 1963. **The Growth Response of Artemia salina (L) to Various Feedings Regimes.** Crustaceana 5:138-150.
- Milligan, D.F., Quicks, J.A., Hill, S.E., Morris, J.A. y Hover, R.J. 1980. **Sequential use of bacteria, algae and brine shrimp to treat industrial wastewater at pilot plant scale.** En: The Brine Shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology use in Aquaculture. G. Persoone, P. Sorgeloos, O. Roels y Jasper. (eds) Universa Press, Wetteren Belgium. 456 pp.
- Pande, S. V., R. P. Khan y T.A. Venkitasubramanian. 1963. **Microdetermination of lipids and serum total fatty acid.** Analyt. Biochem. 6 : 415-423

- Paniagua-Chavez, C. G. 1993. **Viabilidad, composición proximal y valor alimenticio de Dunaliella sp. preservada por congelamiento.** Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Educación Científica y Educación Superior de Ensenada., B.C. México. 74 pp.
- Persoone, G. y Sorgeloos P. 1980. **General aspects of the ecology and biogeography of Artemia.** En : International Symposium on the Brine Shrimp Artemia. G. Pearson, P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (Eds), 3: 2-24.
- Roels, O. A., B. A. Sharfstein, W. J. Tobias 1979 **Artificial Upwelling Progress Report 1978-79.** Cultivation of the brine shrimp Artemia. Final Report for the work supported by NOAA Sea Grant Project no. NA-79-AA-D-00039
- Sánchez-Saavedra, P. 1994. **Efecto de la luz sobre el crecimiento, la composición Bioquímica y el valor alimenticio de Chaetoceros sp. (Bacillariophyceae).** Tesis de Doctorado. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada., B.C. Méx. 90 pp.
- 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

SEMARNAP, 1995. **Oportunidades de inversión en el sector pesquero Mexicano.**

Subsecretaría de Pesca. Méx. 40 pp.

Sorgeloos, P. 1972. **The influence of light on the growth rate of larvae of the brine shrimp,**

Artemia salina L. *Biolog. Jb. Dodonaea*, 40: 317-322.

Sorgeloos, P. 1977a. Artemia salina as live food in Aquaculture. *Europ. Maricult. Soc. Spec.*

Publ. 2:37-46.

Sorgeloos, P. 1977b. **Ocurrence of Artemia in nature and its morphological development**

from nauplio to adult. *Europ. Maricult. Soc. Spec. Publ. 2:p p. 1-7.*

Sorgeloos, P. 1985. **Potentials of converting microalgae into brine shrimp Artemia.** *Arch.*

Hidrobiol. 20:147-149

Sorgeloos, P., P. Lavens., P. Léger., W. Tackaert., D. Versichele. 1986. **Manual for the culture**

and use of Brine shrimp Artemia in Acuaculture. The Belgian Administration for

Development Cooperation. The Food and Agriculture Organization of the Unites Nation.

State University of Ghent, Belgium Faculty of Agriculture. 319 p.

- Sorokin, C. 1973. **Dry weight, packed cell volume and optical density.** p. 321- 343. En:
Handbook of Physiological Methods. Culture methods and growth measurements. Stein,
J.R. (ed) Cambridge University Press, New York. 394 pp.
- Tackaert, W. y P. Sorgeloos. 1991. **Salt, Artemia and Shrimp.** World Aquaculture 22 (2). pp.
11-17
- Tackaert, W. P. Vanhaecke y P. Sorgeloos. 1987. **Preliminary data on the heritability of some
quantitative characteristics in Artemia sp.** 241- 248. En: Artemia research and its
applications. Vol. 1. P. Sorgeloos et al., (eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium.
380 pp.
- Tacon, A.G.J. 1989. **Nutrición y alimento de peces y camarones cultivados.** Manual de
apacitación. Documento No. 4 FAO-ITALIA. Proyecto Aquila II. Brasil. 572 pp.
- Tapia, V. O. M. 1995. **Caracterización Morfológica, Biométrica y Reproductiva de Artemia
ranciscana de la Salina del Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California México.**
tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja
California nscnada, B.C. Méx 104 pp.

Viana, M. T., Cervantes-Trujano, M., y Solana-Sansores, R. 1994. **Attraction and palatability in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets.** *Aquaculture* 127: 19-28.

Wheaton, W. F. 1982. *Acuacultura*. Ed. AGT Editor, S.A. 1a. ed. México. 704 pp.

Whyte, N.J.C. 1987. **Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves.** *Aquaculture* 60: 231- 241.