

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

BALANCE ENERGETICO DE LOS ADULTOS DE *Artemia franciscana* Kellogg,
1906, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA.

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

presenta el

Biól. Mar. ENRIQUE OLIVARES GONZALEZ

Ensenada, B.C., Enero de 1992

RESUMEN de la tesis del Biól. Mar. Enrique Olivares González presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Enero de 1992.

BALANCE ENERGETICO DE LOS ADULTOS DE *Artemia franciscana* Kellogg, 1906, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA.

Resumen aprobado por:

Este trabajo se realizó con el propósito de estimar el efecto de tres niveles de temperatura (20, 25 y 29 °C) sobre las diferentes funciones fisiológicas implicadas en el balance energético de los machos, de las hembras y de los organismos apareados de *Artemia franciscana*, con el fin de estimar el campo de crecimiento y los índices de utilización de la energía consumida y asimilada que son canalizadas a las diferentes tasas fisiológicas de organismos adultos.

Se midió la cantidad de energía ingerida y asimilada del alimento y el destino de ésta a través del cuerpo del organismo, considerando la porción perdida en las heces, en la excreción amoniacal, en la fracción utilizada en el metabolismo de rutina, en el efecto dinámico específico y en la producción de quistes (organismos apareados). El campo de crecimiento se calculó integrando las respuestas fisiológicas por medio de la ecuación del balance energético.

Los resultados indicaron que los valores estimados del campo de crecimiento fueron positivos para los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, lo cual indica que en el espacio térmico experimental se dispuso de un excedente calórico. La temperatura no tuvo un efecto significativo en el campo de crecimiento calculado para los tres grupos de organismos. El crecimiento y el metabolismo de rutina fueron los principales procesos donde se canalizó la energía asimilada en las tres temperaturas experimentales. El metabolismo de rutina provocó un mayor gasto energético en los machos, lo cual se tradujo en un campo de crecimiento menor.

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

BALANCE ENERGETICO DE LOS ADULTOS DE *Artemia franciscana* Kellogg,
1906, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA.

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

presenta el

Biól. Mar. ENRIQUE OLIVARES GONZALEZ

Ensenada, B.C., Enero de 1992

A Susana, mi Esposa y gran amiga

Por la confianza y apoyo que siempre
me has brindado y por los largos
periodos de ausencia.

A mi madre
y hermanos

con cariño

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el Dr. Luis Fernando Bückle Ramírez por su asesoría y constante apoyo en la realización de esta tesis. Mi más profundo agradecimiento.

A los miembros de mi comité de tesis: Cand. Dr. M. Gregory Hammann K. y Dr. Enrique Mitrani A. por sus observaciones, críticas y aportes en la revisión del escrito. Un reconocimiento especial al Dr. Domenico Voltolina L. por su constante apoyo y enseñanza. Al Dr. Fernando Díaz Herrera quien siempre mostró interés en mi trabajo y sus comentarios fueron de gran importancia.

Al Dr. Francisco Correa y la Cand. Dr. Roxana Rico Mora por sus sugerencias y revisión de la tesis.

A la c. M. en C. Gabriela Montañó por la información proporcionada para la tesis.

A la Cand. Dr. Beatriz Cordero por su apoyo académico y sobre todo por su gran calidad como persona, muchas gracias.

A la Ing. Susana García Ortega por las horas que tuvo que desvelarse durante la fase experimental y por su gran ayuda durante el desarrollo de este estudio.

Al M. en C. Miguel Ángel del Río Portilla por su enseñanza en el manejo de las microcomputadoras pc.

A la M. en C. Clara Caro Caro por los largos ratos de discusión y por su gran amistad.

A mis compañeros del Laboratorio de Acuicultura en el CICESE, por hacer agradable mi estancia en este lugar.

Al personal que labora en el Departamento de Acuicultura, gracias.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por el apoyo brindado para mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado a través del programa de becas.

CONTENIDO

| | | |
|--------|---|----|
| I | INTRODUCCION. | 1 |
| I.1 | Objetivos. | 3 |
| I.2 | Antecedentes. | 3 |
| II | MATERIALES Y METODOS. | 7 |
| II.1 | Obtención de los organismos. | 7 |
| II.2 | Mantenimiento y aclimatación. | 8 |
| II.3 | Producción de alimento. | 8 |
| II.4 | Sistema experimental. | 10 |
| II.5 | Modelo del balance energético. | 11 |
| II.6 | Fase experimental. | 12 |
| II.6.1 | Tasa de ingestión. | 13 |
| II.6.2 | Eficiencia de asimilación. | 14 |
| II.6.3 | Tasa de consumo de oxígeno, excreción amoniacal y efecto dinámico específico. | 16 |
| II.6.4 | Relación atómica O:N. | 17 |
| II.6.5 | Tasa de producción de quistes. | 17 |
| II.6.6 | Campo de crecimiento. | 18 |
| II.6.7 | Indices de utilización de energía consumida y asimilada. | 19 |
| II.7 | Tratamiento estadístico de los datos. | 20 |
| III | RESULTADOS. | 21 |
| III.1 | Tasa de ingestión. | 21 |

CONTENIDO (Continuación)

| | | |
|--------|--|----|
| III.2 | Eficiencia de asimilación. | 25 |
| III.3 | Tasa de consumo de oxígeno. | 26 |
| III.4 | Efecto dinámico específico. | 28 |
| III.5 | Tasa de excreción amoniaca. | 31 |
| III.6 | Relación atómica O:N. | 33 |
| III.7 | Tasa de producción de quistes. | 34 |
| III.8 | Campo de crecimiento. | 35 |
| III.9 | Balance energético. | 37 |
| III.10 | Indices de utilización de energía consumida y asimilada. | 39 |
| IV | DISCUSION. | 41 |
| V | CONCLUSIONES. | 51 |
| | LITERATURA CITADA. | 54 |
| | APENDICE | 64 |



LISTA DE FIGURAS

| <u>Figura</u> | | <u>Página</u> |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Sistema experimental. A. Acuario, B. Cámaras, C. Aireación, D. Termoregulador (las flechas indican la recirculación de los flujos), E. Termómetro, F. Tapa del acuario, G. y H. Nivel del agua en el acuario y en las cámaras respectivamente (modificado de Rico Mora, 1987). | 10 |
| 2 | Tasa de ingestión promedio (T.I.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 22 |
| 3 | Cantidad de peso seco de las microalgas consumidas diariamente por los machos (M) y las hembras (H) de <i>A. franciscana</i> , expresada en porcentaje de peso seco corporal (P.S.C.). | 24 |
| 4 | Eficiencia de asimilación porcentual promedio (E.A.%) de machos, hembras y organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 25 |
| 5 | Tasa de consumo de oxígeno promedio (T.C.O.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en inanición (I) y alimentados (A), en tres temperaturas y los intervalos del 95 % de confianza para la media ($\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot Sx$). | 27 |
| 6 | Efecto dinámico específico promedio (EDE) en los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>A. franciscana</i> , para el alimento (<i>Chaetoceros</i> sp.), en tres temperaturas. | 30 |
| 7 | Tasa de excreción amoniacal promedio (T.E.A.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , en dos temperaturas. | 31 |
| 8 | Relación atómica O:N promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , a 20 y 25°C. | 33 |

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

| <u>Figura</u> | | <u>Página</u> |
|---------------|--|---------------|
| 9 | Tasa de producción promedio de quistes (T.P.Q.) de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas y los intervalos del 95 % de confianza para la media ($\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot Sx$). | 35 |
| 10 | Campo de crecimiento promedio (C.C.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 36 |

LISTA DE TABLAS

| <u>Tabla</u> | | <u>Página</u> |
|--------------|---|---------------|
| I | Tasa de ingestión en $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , alimentadas con <i>Chaetoceros</i> sp. en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$). | 23 |
| II | Eficiencia de asimilación porcentual de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , alimentadas con <i>Chaetoceros</i> sp. en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$). | 26 |
| III | Promedios de las tasas de consumo de oxígeno (μg de $\text{O}_2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$) en organismos en inanición y recién alimentados y el efecto dinámico específico en los machos (M), las hembras (H) y los organismos apareados (O) de <i>Artemia franciscana</i> , en tres temperaturas. En paréntesis el error estándar. | 29 |
| IV | Tasa de excreción amoniacal en μg de $\text{N-NH}_3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$). | 32 |
| V | Relación atómica O:N de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , a 20 y 25 °C. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$). | 34 |
| VI | Campo de crecimiento ($\text{Joules}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$) de los machos, las hembras y los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , alimentadas con <i>Chaetoceros</i> sp. en tres temperatura. Media (\bar{X}) y el error estándar ($S\bar{x}$). | 37 |
| VII | Balance energético de los machos (M), las hembras (H) y los organismos apareados (O) de <i>A. franciscana</i> en tres temperaturas. Las respuestas fisiológicas se expresan en $\text{Joules}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ | 38 |

LISTA DE TABLAS (Continuación)

| <u>Tabla</u> | | <u>Página</u> |
|--------------|---|---------------|
| VIII | Indices de utilización de energía consumida y asimilada en los machos (M), en las hembras (H) y en los organismos apareados (O) de <i>Artemia franciscana</i> , en diferentes temperaturas. | 40 |
| IX | Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de ingestión de <i>Artemia franciscana</i> . | 65 |
| X | Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre la tasa de ingestión de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> . | 65 |
| XI | Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de ingestión de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 66 |
| XII | Análisis de varianza de dos vías no paramétrico (Wilson, 1956). Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la eficiencia de asimilación de <i>Artemia franciscana</i> . | 66 |
| XIII | Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de consumo de oxígeno de <i>Artemia franciscana</i> , en inanición. | 67 |
| XIV | Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperaturas sobre la tasa de consumo de oxígeno de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> , en inanición. | 67 |
| XV | Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de los machos de <i>Artemia franciscana</i> en inanición, entre temperaturas. | 68 |
| XVI | Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de las hembras de <i>Artemia franciscana</i> en inanición, entre temperaturas. | 68 |

LISTA DE TABLAS (Continuación)

| <u>Tabla</u> | | <u>Página</u> |
|--------------|--|---------------|
| XVII | Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en inanición, entre temperaturas. | 68 |
| XVIII | Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre el efecto dinámico específico de <i>Artemia franciscana</i> . | 69 |
| XIX | Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre el efecto dinámico específico de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> . | 69 |
| XX | Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en los machos de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 70 |
| XXI | Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en las hembras de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 70 |
| XXII | Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> en tres temperaturas. | 70 |
| XXIII | Análisis de varianza de dos vías no paramétrico (Wilson, 1956). Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de excreción amoniacal de <i>Artemia franciscana</i> . | 71 |
| XXIV | Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre la tasa de producción de quistes de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> . | 71 |
| XXV | Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre el campo de crecimiento de <i>Artemia franciscana</i> . | 72 |

LISTA DE TABLAS (Continuación)

| <u>Tabla</u> | | <u>Página</u> |
|--------------|---|---------------|
| XXVI | Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre el campo de crecimiento de los organismos apareados de <i>Artemia franciscana</i> . | 72 |

BALANCE ENERGETICO DE LOS ADULTOS DE *Artemia franciscana* Kellogg, 1906, BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA.

I INTRODUCCION.

Artemia es una de las principales fuentes naturales de alimento vivo de alta calidad en la acuicultura, especialmente porque produce una forma de resistencia conocida como quiste (gástrula enquistada), que al ser colocadas en contacto con el agua, eclosiona como nauplius después de 24 horas. Los nauplius o los quistes descapsulados de esta especie se han utilizado exitosamente en la alimentación de estadios larvales y juveniles de crustáceos (camarones, langosta y cangrejos) y peces (Scelzo y Voglar, 1980). También es un transportador de compuestos orgánicos e inorgánicos (nutrimentos, pigmentos, profilácticos y otros), que son almacenados por las artemias y transferidos a las larvas de los crustáceos y peces (Léger *et al.*, 1987).

Sin embargo, *Artemia* no se garantiza como un alimento ideal (Sorgeloos, 1980, Simpson *et al.*, 1983) porque su calidad nutricional es variable. Además, los quistes tienen un alto costo en el mercado, generado por una fuerte demanda que la oferta no cubre (Simpson y Léger, 1987).

Por lo anterior, se han recomendado diversos sistemas de cultivo de *Artemia* para producir quistes, nauplius y adultos (Lavens *et al.*, 1987), con el fin de independizarse

del mercado internacional de quistes (cuyos precios fluctúan) o para competir en el mercado, lo cual se traduce en una alta disponibilidad y calidad de los mismos (Lavens y Sorgeloos, 1987).

Un sistema o planta acuicultural de producción integral de *Artemia* puede producir quistes para ser envasados al vacío y almacenados para su futura utilización, los nauplius vivos o congelados pueden constituir el alimento de larvas de peces y crustáceos y también hacerse crecer hasta la etapa juvenil o adulta para proporcionarlo como alimento durante las etapas de maduración de peces o crustáceos. Estos sistemas de cultivo tienen beneficios en los rendimientos, porque generalmente disminuyen los costos y resultan económicamente factibles (Lai y Lavens, 1987; Lavens y Sorgeloos, 1987).

Para poder establecer la biotecnología de cultivo de un organismo es necesario entender su biología, conocer en particular la biología reproductiva, los procesos fisiológicos que regulan todas sus funciones y la forma en que éstos están relacionados e integrados en el organismo (Bayne, 1985). Para el entendimiento de estos conocimientos, es de fundamental importancia estudiar el balance energético de una especie, ya que ésto ayuda a conocer cual es la respuesta global del organismo a las diferentes condiciones de su ambiente.

I.1 Objetivos.

A) Determinar las tasas de ingestión, respiración, excreción amoniaca, la eficiencia de asimilación y el efecto dinámico específico en los machos, en las hembras y en los organismos apareados de *Artemia franciscana*, así como la producción de quistes en este último grupo, a 20, 25 y 29 °C.

B) Integrar las respuestas fisiológicas por medio de la ecuación del balance energético, para poder determinar el campo de crecimiento.

C) Calcular los índices de utilización de la energía consumida y asimilada que son destinadas a las diferentes tasas fisiológicas.

I.2. Antecedentes.

Históricamente, el balance energético se midió en los peces. Ivlev (1939) y Winberg (1956) propusieron un modelo conocido como balance energético, en donde las tasas fisiológicas se describen en unidades de energía/tiempo.

Este modelo puede ser descrito, al utilizar los términos propuestos por Klekowsky y Duncan (1975) en donde se integran la tasa de ingestión (C), respiración (R), producción de heces (F), excreción de amonio (U) y el crecimiento (P). Al cuantificar la energía utilizada en estos procesos con respecto a la transferida por el alimento, se puede calcular por diferencia la energía destinada al crecimiento o campo de crecimiento.

Posteriormente a los estudios de Ivlev y Winberg, el concepto de balance energético se aplicó a los invertebrados, principalmente moluscos bivalvos (Widdows y Bayne, 1971; Mohlenberg y Kiorboe, 1981; Navarro y Winter, 1982; Davis, 1986; Widdows y Johnson, 1988) y crustáceos (Mootz y Epifanio, 1974; Klein-Breteler, 1975; Logan y Epifanio, 1978; Johns, 1982; Dawirs, 1983; Kurmaly *et al.*, 1989).

En *Artemia*, ubicada sistemáticamente en los crustáceos anóstracos, sólo se han realizado tres trabajos sobre la conversión de energía. Sushchenya (1962) reportó el balance energético en *Artemia salina* durante los primeros 12 días de vida, utilizando como alimento tres concentraciones de levadura. Khmeleva (1967) estudió una población partenogenética y describió el gasto energético durante el ciclo de vida pero no explicó el tipo, ni la concentración de alimento utilizado. Sick (1976) determinó la eficiencia de asimilación, la tasa de respiración y el campo de crecimiento para tres longitudes diferentes de juveniles de *Artemia salina*, alimentados con cinco especies de microalgas diferentes.

En contraste a los pocos estudios sobre la conversión de energía en *Artemia*, se han investigado en mayor número sus diferentes tasas fisiológicas. La tasa respiratoria se estableció para diferentes concentraciones de oxígeno, (Vos *et al.*, 1979; Declair *et al.*, 1980), de salinidad (Gilchrist, 1956; Conte *et al.*, 1980) y diferentes temperaturas (Bernaerts *et al.*, 1987). Gilchrist (1956) reportó que *Artemia* regula su respiración en un amplio intervalo de concentraciones de oxígeno y en las hembras la tasa de consumo de oxígeno no varía en salinidades entre 34 a 140 ‰, mientras que Engel y Angelovic (1968) encontraron que salinidades entre 5 a 200 ‰ afectan la tasa respiratoria de nauplius recién eclosionados.

El costo metabólico asociado con la digestión y la utilización del alimento, es evidenciado por un incremento en la tasa de consumo de oxígeno después de ingerir alimento. Este proceso descrito como efecto dinámico específico (Nelson *et al.*, 1985), no se ha investigado en *Artemia*.

Artemia, al igual que otros invertebrados acuáticos, es esencialmente amoniotélico, o sea que el amonio es el principal producto final del catabolismo de los compuestos nitrogenados (Moffet y Fisher, 1978).

Se ha reportado la tasa de excreción amoniaca en *Artemia* a diferentes densidades de organismos y temperaturas, así como su relación con el índice de crecimiento somático (Hanaoka, 1977; Moffett y Fisher, 1978; Hernandorena y Kaushik, 1981).

La tasa de ingestión se ha calculado en *Artemia* por el método de C^{14} y la asimilación por la relación entre la tasa de ingestión y la actividad de las enzimas digestivas (amilasa y tripsina) sobre los carbohidratos y las proteínas ingeridas (Samain *et al.*, 1981); otro método ha sido el calcular la diferencia en la concentración de alimento ingerido al inicio y al final del experimento (Reeve, 1963). Del estudio de Reeve (1963), se desprende que la tasa de ingestión se incrementa al aumentar la concentración del alimento, pero esta relación sólo se mantiene hasta un determinado límite. La tasa máxima de consumo de alimento se alcanza en bajas densidades de organismos adultos y es inversamente proporcional al tamaño de las microalgas que consume.

Con respecto a la tasa de producción de quistes, se ha determinado que ésta varía con la ración de alimento suministrado (Browne, 1982), con la temperatura y el fotoperiodo (Berthélémy-Okazadi y Hedgecock, 1987), con la heterocigocidad de las hembras progenitoras (Gajardo y Beardmore, 1989) y entre las especies de *Artemia* (Browne y Sallee, 1984).

La literatura relacionada con el balance energético de *Artemia* sp. es escasa e incompleta, se han reportado estudios sobre sus diferentes tasas fisiológicas a condiciones ambientales diversas pero falta integrarlas en la ecuación de balance energético bajo condiciones ambientales constantes y establecer un punto de referencia que permita, posteriormente, determinar el efecto que tiene el cambiar alguna de las condiciones ambientales.

Este estudio pertenece a un proyecto general llevado a cabo en el Departamento de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), en el cual se han investigado diferentes aspectos sobre la biología de una población natural de *Artemia franciscana*. El trabajo que se ha realizado fue sobre la morfología, la biometría, la composición bioquímica, el crecimiento y la genética en condiciones de laboratorio (Correa Sandoval, 1991) y la caracterización de la población natural desde un enfoque ecológico es el tema de otro trabajo en proceso.

II MATERIALES Y METODOS.

II.1 Obtención de los organismos.

Se utilizaron quistes de *Artemia franciscana*, provenientes de la Laguna "A" de San José, que se encuentra ubicado en la porción central de la costa pacífica de la península de Baja California, México (29° 15' Norte y 114° 53' Oeste). Las temperaturas ambientales promedio registradas en la zona de colecta fueron de 18 a 26 °C entre los meses de Diciembre de 1988 a Mayo de 1989, con un máximo de 30 °C y un mínimo de 12 °C (G. Montaña, C.I.C.E.S.E., com. pers.).

La descapsulación de los quistes de *A. franciscana* se hizo según la técnica descrita por la San Francisco Bay Brand, Inc. (1982) modificada por Correa Sandoval (1991) y se incubaron en agua de mar a 20 °C durante 24 h. Después de que eclosionaron, los nauplius se colectaron a las doce horas subsecuentes a la primera eclosión, de tal forma que fueran organismos de una misma cohorte. Los nauplius fueron colocados en acuarios de 15 l y se les alimentó con una concentración de 1.5 a 2.0 X 10⁶ cels/ml de la microalga *Chaetoceros* sp. Todos los días se remplazó el 80% del alimento, hasta completar la concentración inicial. Los organismos utilizados para el experimento tenían 45 días de edad (Adultos).

II.2 Mantenimiento y aclimatación.

Previamente a cualquier experimento, los adultos se mantuvieron bajo las siguientes condiciones:

Temperatura de 20, 25 y 29 °C, salinidad entre 33-34 ‰, pH de 7-8, concentración de oxígeno de 6.0-6.5 ml O₂/l, iluminación continua (24 h) y un suministro de alimento de 1×10^6 cél·ml⁻¹ de la microalga *Chaetoceros* sp.

Se mantuvieron en una densidad aproximada de un individuo por mililitro.

II.3 Producción de alimento.

Como alimento se utilizó la microalga *Chaetoceros* sp., la cual fue aislada de la Bahía de Todos Santos, B.C., por Trujillo Valle, en 1988 (Cepa CH-X-1 del C.I.C.E.S.E.) (Voltolina *et al.*, 1991). Los criterios de la elección de ésta microalga se basaron en que crece rápidamente, se adapta a medios simplificados, puede mantenerse en cultivos masivos y su costo de producción es bajo (López Elias, 1990).

La microalga se cultivó en el medio "f" (Guillard y Ryther, 1962) con 2f de silicatos a nivel Carboy (15 l) en un sistema de cultivo semicontínuo y una razón de dilución diaria de 0.5 (se cosechó el 50%). Con esta dilución, el crecimiento de ésta microalga puede considerarse lento. Las microalgas cosechadas, se suministraron a los organismos, ubicados en los acuarios experimentales.

Al iniciar y finalizar cada experimento se extrajeron muestras de microalgas que se fijaron con una solución Utermöhl y la densidad se midió con un hematocitómetro de 0.1 mm de profundidad con rejilla de Neubauer, empleando un microscopio Olympus modelo BH-2.

El peso seco de las microalgas se midió filtrando 100 ml del cultivo a través de un filtro Whatman GF/C de 4.7 cm de diámetro, que se lavó con Formiato de Amonio al 3% para eliminar las sales. Las muestras se secaron en una estufa a 60 °C durante ocho horas antes de pesarlas. Para obtener el contenido de las cenizas, los filtros ya pesados fueron incinerados en una mufla Lindberg modelo 51894 durante cuatro horas y posteriormente se pesaron en una balanza Mettler HL52. Se determinó el peso seco por octuplicado, con una precisión de 0.01 mg.

La composición bioquímica de las microalgas se determinó utilizando las siguientes metodologías:

Proteínas: según el método de Lowry *et al.* (1951), modificado por Malara y Charra (1972a). Para la extracción, se usó el método descrito por Farber-Lorda (1986) y Mayzaud *et al.* (1985), modificado por López Elias (1990).

Carbohidratos Totales: Para la extracción se siguió la técnica descrita por Whyte (1987) y para la determinación el método de Dubois *et al.* (1956) descrito en Malara y Charra (1972b).

Lípidos: fueron extraídos por el método descrito por Bligh y Dyer (1959) y modificado por Chiaverini (1972). Para la determinación se siguió la técnica de Pande *et al.* (1963).

II.4 Sistema experimental.

Para este trabajo se utilizó una modificación del sistema experimental descrito por Rico Mora (1987), que consistió de un acuario de acrílico en cuyo interior se colocaron 12 cámaras de acrílico de 12.5 X 12.5 X 20.0 cm y 3.125 l de capacidad cada una. El acuario externo se conectó a un termoregulador MGW Lauda, modelo K4K Electronic, para mantener la temperatura experimental (Fig. 1).

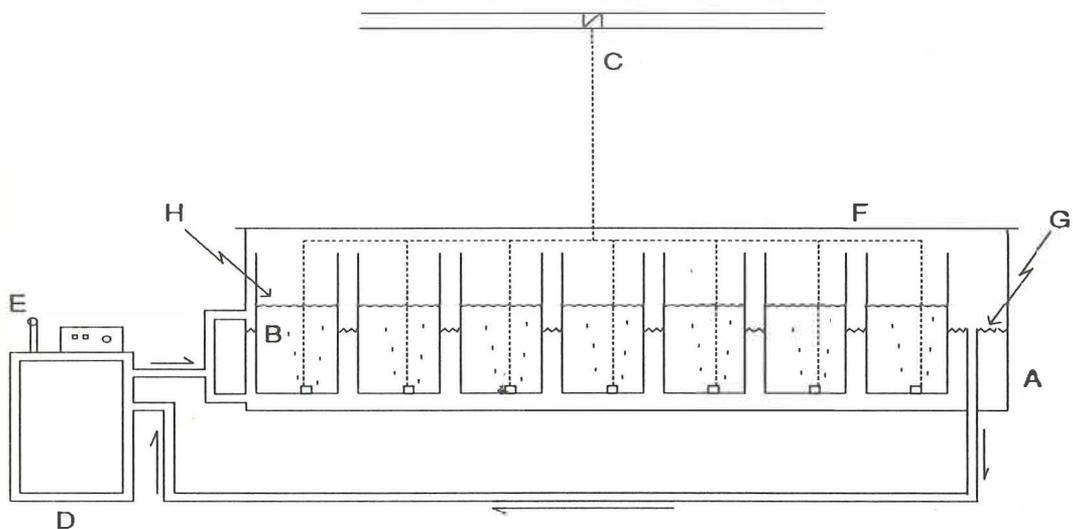


Figura 1. Sistema experimental. A. Acuario, B. Cámaras, C. Aireación, D. Termoregulador (las flechas indican la recirculación de los flujos), E. Termómetro, F. Tapa del acuario, G. y H. Nivel del agua en el acuario y en las cámaras respectivamente (modificado de Rico Mora, 1987).

II.5 Modelo del balance energético.

Para conocer el balance energético se utilizó el siguiente modelo propuesto por Klekowsky y Duncan (1975):

$$C = P + R + U + F \quad (1)$$

donde:

- C = Energía ingerida a través del alimento.
- P = Energía potencial de crecimiento (crecimiento somático y producción de gametos).
- R = Energía utilizada en el metabolismo respiratorio.
- U = Energía perdida en productos de excreción.
- F = Energía perdida en las heces.

A la ecuación 1, se le añadió el término EDE y se modificó el significado de R:

$$C = P + R' + U + F + EDE \quad (2)$$

donde:

- EDE = Energía utilizada para el proceso de alimentación, el trabajo intestinal, la digestión, la absorción y la oxidación de aminoácidos.
- R' = Energía empleada en los procesos metabólicos de rutina.

Klekowsky y Duncan (1975) describieron el termino P como:

$$P = P_g + P_r \quad (3)$$

donde:

- P_g = La energía neta o campo de crecimiento.
 P_r = Energía utilizada en la producción de gametos.

Al sustituir la ecuación 3 en la 2 se tiene:

$$C = P_g + P_r + R' + U + F + EDE \quad (4)$$

El modelo descrito en la ecuación 4 fue el que se utilizó para determinar el balance energético.

II.6 Fase experimental.

Para determinar el efecto de la temperatura sobre la tasa de ingestión, la eficiencia de asimilación, el consumo de oxígeno y la excreción amoniacal en los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, así como la producción de quistes en éstos últimos, se seleccionaron las temperaturas de 20, 25 y 29 °C, porque son cercanos a los valores que se registraron en el área de estudio de donde se colectaron los quistes.

Para cuantificar las tasas de ingestión, la de producción de quistes y la eficiencia de asimilación, se colocaron 450 machos, 450 hembras o 225 organismos apareados por triplicado en las cámaras experimentales. Al finalizar éstas mediciones, se separó de las cámaras antes mencionadas, 90 machos, 90 hembras y 45 organismos apareados respectivamente, para medir la tasa de consumo de oxígeno y la excreción amoniacal.

II.6.1 Tasa de ingestión.

La tasa de ingestión se define como el peso o contenido calórico del alimento ingerido por biomasa de peso seco del animal por tiempo.

Antes de medir la tasa de ingestión, los individuos permanecieron en inanición durante 24 h, para que vaciaran el tracto digestivo y que las heces no interfirieran en las mediciones ulteriores.

La tasa de ingestión se calculó en un sistema cerrado, realizando cuatro recuentos de las microalgas al inicio y al final del experimento en las cámaras donde se ubicaron los organismos y en tres cámaras sin individuos que sirvieron como control. El experimento duró tres horas.

La tasa de ingestión (I) en unidades de células ingeridas $h^{-1} mg^{-1} P.S.$ se obtuvo al utilizar la ecuación propuesta por Marin *et al.* (1986):

$$I = \frac{V K (C_t - C_o e^{kt})}{N (1 - e^{kt})} \quad (5)$$

donde:

- C_o = Concentración celular inicial.
- C_t = Concentración celular final.
- V = Volumen del líquido en la cámara (ml).
- N = Peso seco total del los individuos (mg P.S.).
- t = Duración del experimento (h).
- K = Tasa de crecimiento de *Chaetoceros* sp. en los controles.

La tasa de ingestión se convirtió a peso seco ingerido de microalgas ($\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$), con el resultado del peso seco por millón de células de *Chaetoceros* sp.

Finalmente se transformó a energía ingerida (C) ($\text{Joules}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$) al emplear las mediciones calóricas de diez muestras del alimento. Para esto se usó un calorímetro semimicro, marca Parr modelo 1425.

II.6.2 Eficiencia de asimilación.

Para calcular la eficiencia de asimilación (E.A.) se utilizó la ecuación propuesta por Pederson y Capuzzo (1984):

$$\text{E.A. (\%)} = \frac{F - E}{F} \times 100 \tag{6}$$

donde:

- F = Peso seco del alimento ingerido.
- E = Peso seco de las heces producidas.

Para conocer el peso seco del alimento y de las heces, muestras de éstos se filtraron por filtros de fibra de vidrio Whatman de 4.7 cm de diámetro previamente incinerados a 450 °C en una mufla durante cuatro horas y pesados en una balanza Mettler de 0.01 mg de precisión.

Para calcular F se utilizaron ocho alicuotas de 100 ml del cultivo de microalgas, que se filtraron y se lavaron con Formiato de amonio para eliminar las sales, seguidamente se secaron a 60 °C durante seis horas para obtener el peso seco. Las heces fueron colectadas siete horas después que se inició el experimento, se estimó el peso seco (E) de igual forma que para calcular F.

El alimento asimilado (A), que se define como la cantidad de alimento ingerido que es absorbido a través de las membranas del sistema digestivo de un animal, se calculó como el producto de la tasa de ingestión (C) (expresada en energía ingerida) por la eficiencia de asimilación (E.A.) según la siguiente fórmula:

$$A = C \times E.A. \quad (7)$$

Las unidades de la tasa de asimilación fueron en $\text{Joules} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \text{P.S.}$

II.6.3 Tasa de consumo de oxígeno, excreción amoniacal y efecto dinámico específico.

Antes de iniciar cualquier experimento descrito a continuación, los individuos permanecieron en inanición durante 24 horas (Gilchrist, 1956).

La cuantificación del consumo de oxígeno (R) y de la excreción amoniacal (U) se hizo en la modalidad de sistema cerrado en botellas DBO de 300 ml con agua de mar esterilizada con rayos ultravioleta (U.V.) y filtrada a 0.45 μm . Antes de llenar las botellas el agua de mar se aireó, para saturarla de oxígeno.

En cada botella DBO se colocaron 90 machos, 90 hembras ó 45 organismos en apareamiento por triplicado. Al mismo tiempo se incluyeron cinco botellas sin organismos para que funcionaran como controles. Para mantener la temperatura deseada, las botellas se inmergieron casi en su totalidad en el sistema experimental (ver Fig. 1). La concentración de oxígeno inicial y final se midió en un intervalo de dos horas, con un analizador digital de iones Orion, modelo 901 y con un electrodo para medir oxígeno, marca Orion, modelo 97-08 (precisión de 0.05 ml/l).

Para medir la concentración de amonio, se tomaron dos alícuotas de 100 ml de cada botella DBO. Se le añadió una solución de HCl 1M, hasta obtener un pH menor de seis para fijar el NH_3 y convertirlo a NH_4^+ y se procedió a congelarlas a -20°C . Posteriormente, se agregó 1 ml de NaOH 10 M para transformar el NH_4^+ a NH_3 , antes de efectuar las mediciones con un electrodo marca Orion modelo 95-10. El oxígeno consumido y la excreción amoniacal se calcularon por diferencia entre la concentración inicial y final corregida con las lecturas obtenidas en los controles, y se expresaron en μg de O_2 consumido $\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S}$ y μg de $\text{N-NH}_3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S}$.

Esta tasa fue transformada a energía, al utilizar las mediciones de contenido calórico en 10 muestras de quistes. Para las mediciones se usó un calorímetro semimicro, marca Parr, modelo 1425.

Concluidas las determinaciones de las respuestas fisiológicas, los animales fueron sacrificados para determinar su peso seco, introduciéndolos en una estufa Blue M modelo OV-560.OA-2 a 60 °C durante 48 horas, y así expresar todas las variables fisiológicas medidas a un mg de peso seco de *Artemia* (P.S.).

II.6.6 Campo de crecimiento.

La Energía neta (Pg) conocida como campo de crecimiento, que es considerada como la diferencia entre el alimento ingerido y la suma de las energías utilizadas en la producción de heces, en el consumo de oxígeno, el efecto dinámico específico, la producción de quistes y en la excreción amoniacal, se calculó despejando Pg de la ecuación 4:

$$Pg = C - (F + R' + EDE + Pr + U) \quad (8)$$

En este estudio los resultados de energía se transformaron a Joules·h⁻¹ según el Sistema Internacional de Medidas (1 cal = 4.184 Joules) y se expresaron por mg P.S.

II.6.7 Índices de utilización de energía consumida y asimilada.

Para estimar los índices de utilización de energía consumida y asimilada que son dirigidas a las diferentes tasas fisiológicas, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$K_1 = \frac{Pg}{C} \times 100 \quad (9)$$

$$K_2 = \frac{Pg}{A} \times 100 \quad (10)$$

$$\frac{R'}{A} \times 100 \quad (11)$$

$$\frac{Pr}{A} \times 100 \quad (12)$$

$$\frac{U}{A} \times 100 \quad (13)$$

donde:

- K_1 = Energía ingerida que es utilizada para el crecimiento.
- K_2 = Energía asimilada que es utilizada para el crecimiento.
- R'/A = Energía asimilada que es utilizada en el metabolismo de rutina.
- EDE/A = Energía asimilada que es utilizada en el efecto dinámico específico.
- Pr/A = Energía asimilada que es direccionada a la producción de quistes.
- U/A = Energía asimilada que es perdida en la excreción amoniacal.

II.7 Tratamiento estadístico de los datos.

Con los resultados obtenidos se hicieron pruebas de homoscedasticidad (pruebas de Bartlett y Cochran) para determinar si se usaban métodos estadísticos paramétricos o no paramétricos en el análisis de los datos según Underwood (1981).

Se utilizó un análisis de varianza paramétrico de dos vías para probar el efecto de la temperatura en los machos y las hembras de *A. franciscana* sobre las tasas de ingestión, de consumo de oxígeno en inanición, el efecto dinámico específico y el campo de crecimiento. Para el caso de la eficiencia de asimilación y la tasa de excreción amoniacal, se utilizó el análisis de varianza propuesto por Wilson (1956).

Para los organismos apareados de *A. franciscana*, se aplicó un análisis de varianza paramétrico de una vía para probar el efecto de la temperatura sobre las diferentes tasas fisiológicas, con excepción de la eficiencia de asimilación (Kruskal y Wallis, 1952) y de la tasa de excreción amoniacal (Mann-Whitney).

Todos los resultados fueron probados al nivel de significancia del 5%.

Las pruebas estadísticas se hicieron con los paquetes estadísticos ESIMSL, del Centro de Cómputo del CICESE y el STATGRAPHIC (ver. 4) para microcomputadoras.

III RESULTADOS.

Los organismos adultos de *Artemia franciscana* utilizados en este trabajo tuvieron un peso seco promedio de 0.46 ± 0.021 mg para los machos y 0.74 ± 0.041 mg para las hembras.

La microalga *Chaetoceros* sp. empleada como alimento tuvo por millón de células, un peso seco de 44.5 ± 2.9 μ g, 30.2 ± 1.6 μ g de peso seco libre de cenizas, un contenido de cenizas de 14.3 ± 1.3 μ g y un contenido energético de 746.34×10^{-3} joules. Su composición bioquímica proximal fue de 27.37% de proteínas, 6.29% de carbohidratos, 19.58% de lípidos y 32.08% de cenizas respecto al peso seco total.

Las determinaciones calorimétricas de los quistes producidos en condiciones de laboratorio, dieron un valor calórico de 23.080 ± 0.367 Joules mg^{-1} P.S.

III.1 Tasa de ingestión.

En la figura 2, se presenta la tasa de ingestión promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, en las tres temperaturas experimentales.

La temperatura no tuvo un efecto significativo sobre la tasa de ingestión de los machos y de las hembras.

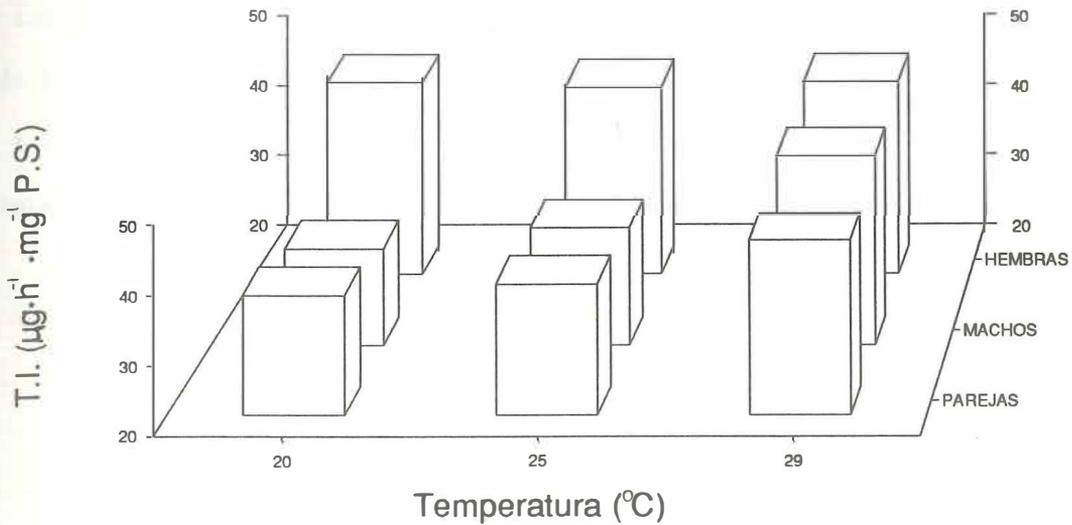


Figura 2. Tasa de ingestión promedio (T.I.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

La cantidad de peso seco de microalgas consumidas por las hembras, fue significativamente mayor que la de los machos ($p < 0.01$, Apéndice, Tabla IX).

En la condición de animales apareados, se observó un incremento significativo de la tasa de ingestión al aumentar la temperatura ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla X).

La prueba de rango múltiple efectuada para los tres niveles de temperatura sobre la tasa de ingestión de los organismos apareados, estableció que hubo diferencias significativas entre las temperaturas de 20-29 °C y 25-29 °C ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla XI), pero no entre las temperaturas de 20-25 °C.

La tasa de ingestión de los tres grupos de organismos fue similar a 29 °C (Tabla I).

La cantidad de peso seco de las microalgas consumidas diariamente, expresada en porcentaje de peso seco corporal, se representa en la figura 3.

Tabla I. Tasa de ingestión en $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, alimentados con *Chaetoceros* sp. en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$).

| TEMPERATURAS (°C) | | MACHOS | HEMBRAS | ORGANISMOS APAREADOS |
|----------------------|------------|--------|---------|-------------------------|
| 20 | \bar{X} | 33.7 | 47.4 | 37.1 |
| | $S\bar{x}$ | 2.1 | 4.5 | 1.3 |
| 25 | \bar{X} | 36.5 | 46.6 | 38.6 |
| | $S\bar{x}$ | 3.5 | 2.2 | 0.9 |
| 29 | \bar{X} | 46.8 | 47.5 | 44.8 |
| | $S\bar{x}$ | 2.4 | 2.3 | 2.3 |

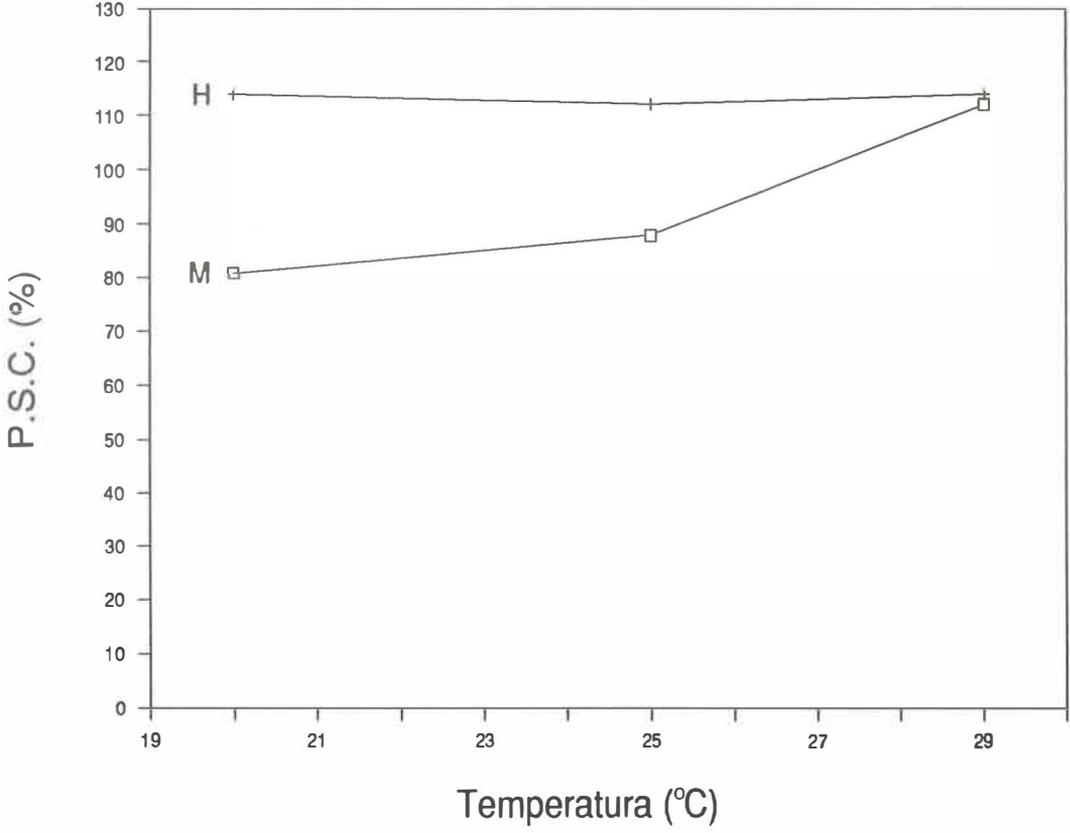


Figura 3. Cantidad de peso seco de las microalgas consumidas diariamente por los machos (M) y las hembras (H) de *A. franciscana*, expresada en porcentaje de peso seco corporal (P.S.C.).

III.2 Eficiencia de asimilación.

En la figura 4, se muestra la eficiencia de asimilación porcentual promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, en las tres temperaturas experimentales.

La temperatura no afectó significativamente la eficiencia de asimilación de los machos y las hembras.

La eficiencia de asimilación en las hembras fue significativamente mayor con respecto a la de los machos ($p < 0.001$, Apéndice, Tabla XII).

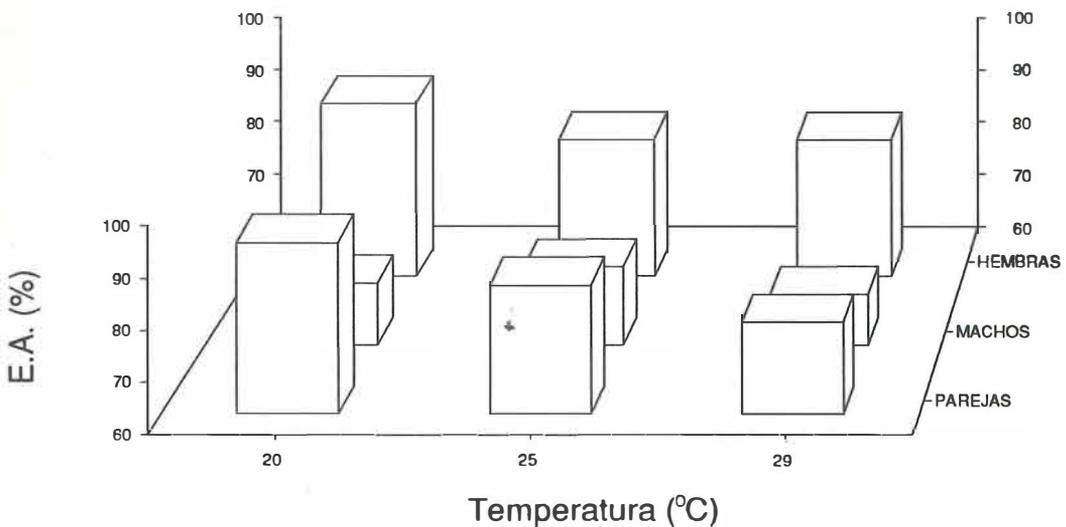


Figura 4. Eficiencia de asimilación porcentual promedio (E.A.%) de machos, hembras y organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

Tabla II. Eficiencia de asimilación porcentual de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, alimentadas con *Chaetoceros* sp. en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$).

| TEMPERATURAS (°C) | | MACHOS | HEMBRAS | ORGANISMOS APAREADOS |
|----------------------|------------|--------|---------|-------------------------|
| 20 | \bar{X} | 71.96 | 92.76 | 92.93 |
| | $S\bar{x}$ | 0.79 | 2.07 | 0.71 |
| 25 | \bar{X} | 75.02 | 85.87 | 84.88 |
| | $S\bar{x}$ | 6.84 | 2.65 | 3.20 |
| 29 | \bar{X} | 69.82 | 85.88 | 77.88 |
| | $S\bar{x}$ | 1.03 | 0.52 | 1.60 |

Con respecto a los organismos apareados, se observó una tendencia a disminuir la eficiencia de asimilación al incrementarse la temperatura de 20 a 29 °C (Tabla II), sin embargo, no hubo diferencias significativas.

III.3 Tasa de consumo de oxígeno.

En la figura 5, se muestra la tasa de consumo de oxígeno promedio de los machos, las hembras y de los organismos apareados de *A. franciscana* en inanición y recién alimentados, en las tres temperaturas experimentales.

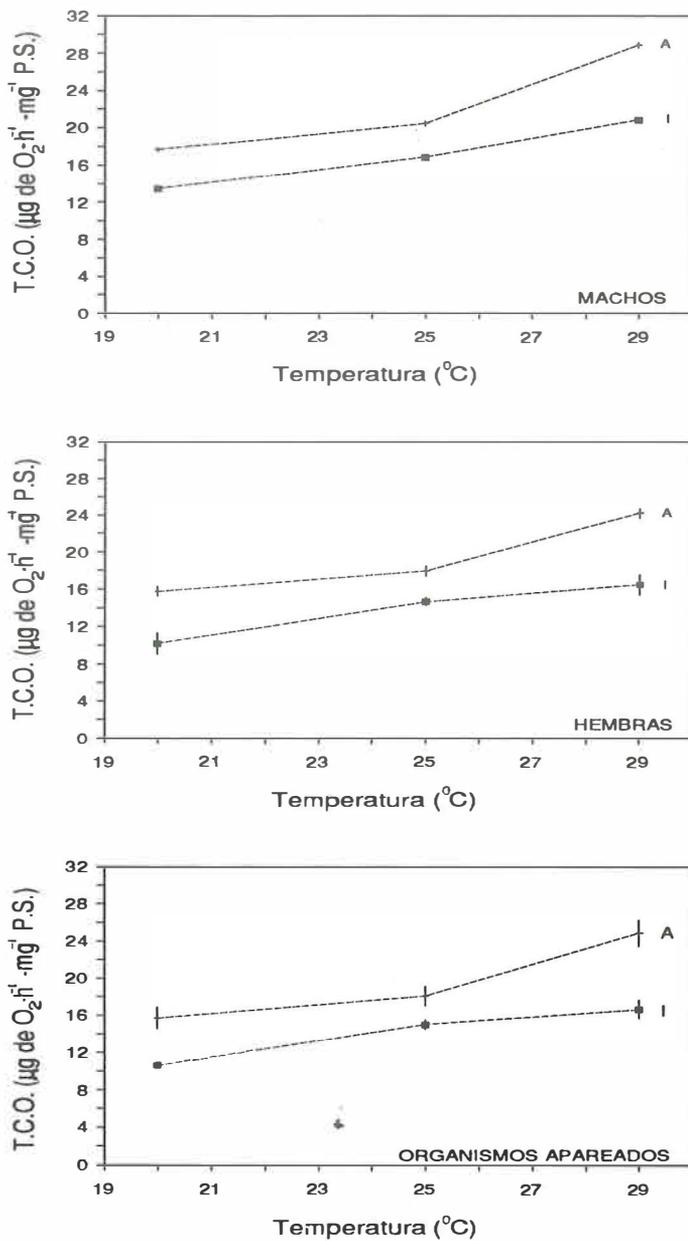


Figura 5.

Tasa de consumo de oxígeno promedio (T.C.O.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana* en inanición (I) y alimentados (A), en tres temperaturas y los intervalos del 95 % de confianza para la media ($\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot S_x$).

Se presentó un incremento del consumo de oxígeno para los tres grupos de organismos, en los tres niveles de temperatura, cuando estos fueron recién alimentados.

Existió una relación directa entre el consumo de oxígeno de *A. franciscana* y la temperatura (Tabla III).

La tasa de consumo de oxígeno de los machos, de las hembras y de los organismos apareados fue modificada significativamente por los tres niveles de temperatura ($p < 0.001$, Apéndice, Tablas XIII, XIV, XV, XVI y XVII).

El consumo de oxígeno de los machos fue significativamente mayor que en las hembras ($p < 0.001$, Apéndice, Tabla XVII).

III.4 Efecto dinámico específico.

El efecto dinámico específico promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, se da en la figura 6.

El efecto calorigénico producido por el alimento (*Chaetoceros* sp.) en los machos y en las hembras fue modificado significativamente por la temperatura ($p < 0.001$, Apéndice, Tablas XVIII), al igual que en los organismos apareados ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla XIX).

Al comparar el efecto dinámico específico entre los machos y las hembras, se encontró que en los primeros fue significativamente menor que en los segundos ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla XVIII) (Tabla III).

Tabla III. Promedios de las tasas de consumo de oxígeno ($\mu\text{g de O}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \text{P.S.}$) en organismos en inanición y recién alimentados y el efecto dinámico específico en los machos (M), las hembras (H) y los organismos apareados (O) de *Artemia franciscana*, en tres temperaturas. En paréntesis el error estándar.

| Temperatura (°C) | | QO ₂ (Alimentados) | QO ₂ (Inanición) | E.D.E (%) |
|---------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|--------------|
| 20 | M | 17.66 (0.22) | 13.49 (0.72) | 30.91 |
| | H | 15.84 (0.28) | 10.24 (0.59) | 54.69 |
| | O | 15.80 (0.58) | 10.64 (0.16) | 48.50 |
| 25 | M | 20.50 (0.26) | 16.91 (0.33) | 21.23 |
| | H | 17.95 (0.29) | 14.73 (0.24) | 21.86 |
| | O | 18.19 (0.53) | 15.13 (0.25) | 20.22 |
| 29 | M | 28.87 (0.13) | 20.89 (0.53) | 38.20 |
| | H | 24.26 (0.27) | 16.55 (0.57) | 46.53 |
| | O | 24.84 (0.71) | 16.79 (0.50) | 48.06 |

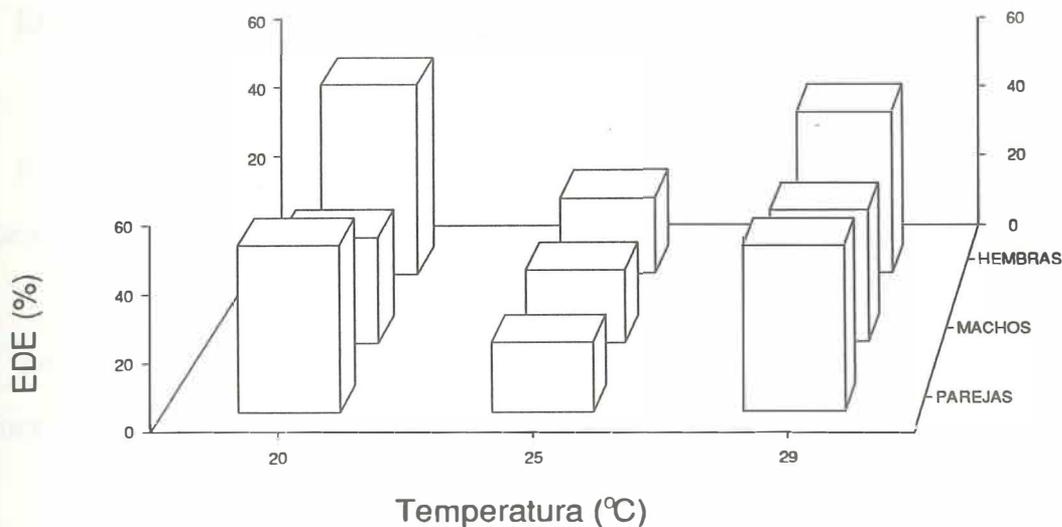


Figura 6. Efecto dinámico específico promedio (EDE) en los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, para el alimento (*Chaetoceros* sp.), en tres temperaturas.

El análisis de rango múltiple estableció diferencias significativas en el efecto dinámico específico de las hembras y de los organismos apareados a temperatura de 20 y 25 °C y de 25 y 29 °C ($p < 0.05$, Apéndice, Tablas XX y XXI), pero no a 20 y 29 °C. Para los machos, las diferencias significativas se encontraron entre 25 y 29 °C ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla XXII), pero no entre 20 y 25 °C y entre 20 y 29 °C.

III.5 Tasa de excreción amoniacal.

En la figura 7, se reporta la tasa de excreción amoniacal promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana* a 20 y 25 °C.

A 29 °C, el instrumento de medición no detectó una excreción amoniacal para ninguno de los grupos de organismos, por lo cual no se calculó la relación atómica O:N (ver próximo inciso).

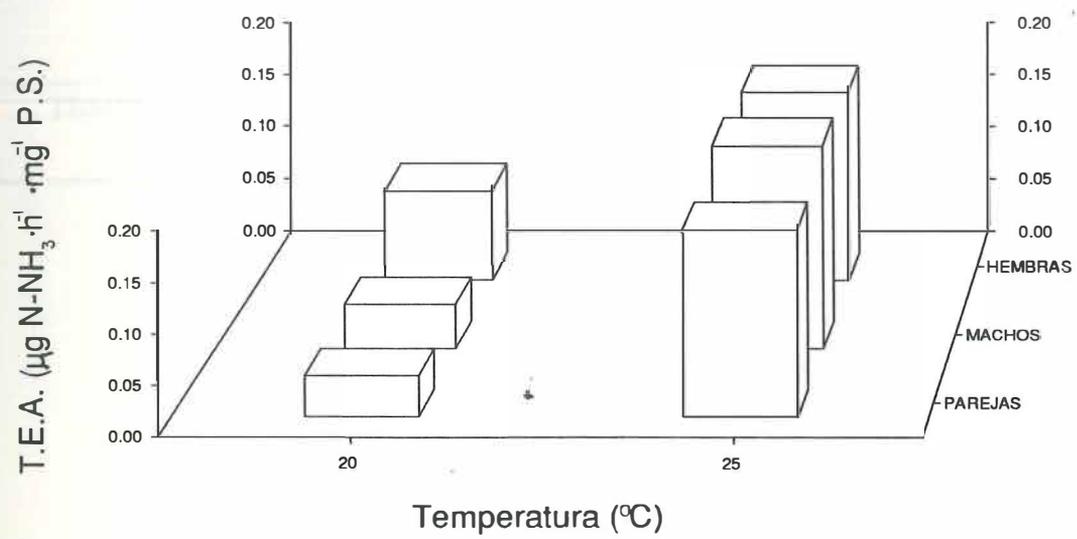


Figura 7. Tasa de excreción amoniacal promedio (T.E.A.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, en dos temperaturas.

La tasa de excreción amoniacal de los machos, las hembras y los organismos apareados, aumentó significativamente cuando la temperatura incrementó de 20 a 25 °C ($p < 0.05$, Apéndice, Tabla XXIII).

No se encontraron diferencias significativas en la tasa de excreción amoniacal de los machos y de las hembras (Tabla IV).

Tabla IV. Tasa de excreción amoniacal en μg de $\text{N-NH}_3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \text{P.S.}$ de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, en tres temperaturas. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$).

| TEMPERATURAS (°C) | | MACHOS | HEMBRAS | ORGANISMOS APAREADOS |
|----------------------|------------|--------|---------|-------------------------|
| 20 | \bar{X} | 0.043 | 0.085 | 0.040 |
| | $S\bar{x}$ | 0.001 | 0.046 | 0.004 |
| 25 | \bar{X} | 0.194 | 0.179 | 0.182 |
| | $S\bar{x}$ | 0.005 | 0.005 | 0.004 |
| 29 | | ND | ND | ND |

ND: no detectado

III.6 Relación atómica O:N.

La relación atómica O:N en los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana* a 20 y 25 °C, se presenta en la figura 8.

Se observó una disminución de la relación atómica O:N en los tres grupos de organismos al aumentar la temperatura de 20 a 25 °C (Tabla V).

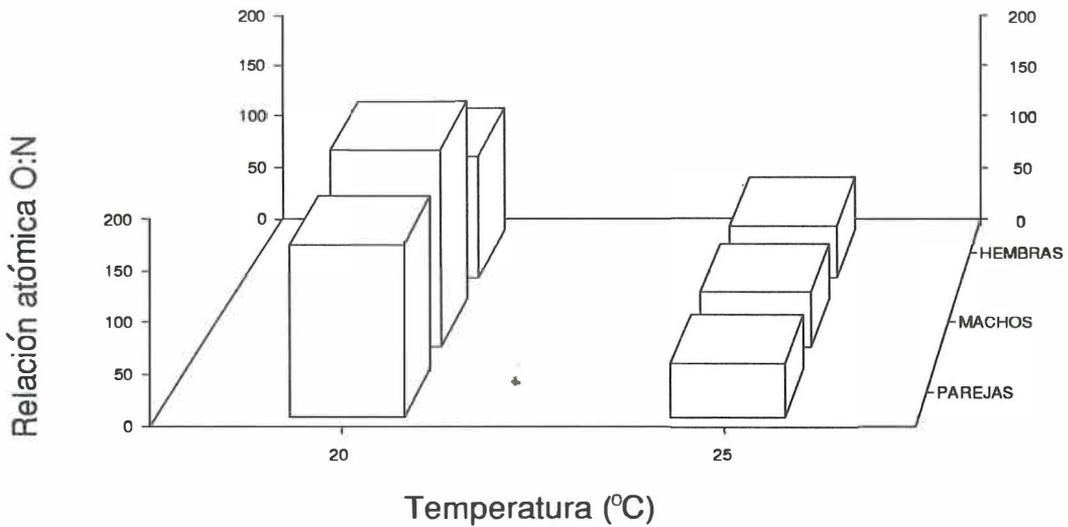


Figura 8. Relación atómica O:N promedio de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, a 20 y 25 °C.

Tabla V. Relación atómica O:N de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, a 20 y 25 °C. Media (\bar{X}) y error estándar ($S\bar{x}$).

| TEMPERATURAS (°C) | | MACHOS | HEMBRAS | ORGANISMOS APAREADOS |
|----------------------|------------|--------|---------|-------------------------|
| 20 | \bar{X} | 191 | 117 | 166 |
| | $S\bar{x}$ | 10 | 42 | 21 |
| 25 | \bar{X} | 53 | 50 | 51 |
| | $S\bar{x}$ | 2 | 1 | 2 |

III.7 Tasa de producción de quistes.

La tasa de producción promedio de quistes de los organismos apareados de *A. franciscana*, se da en la figura 9.

La tasa de producción promedio de quistes fue de $1.1 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ a 25 °C y de $1.3 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ a 20 y 29 °C, y no se encontraron diferencias significativas entre ellas (Apéndice, Tabla XXIV).

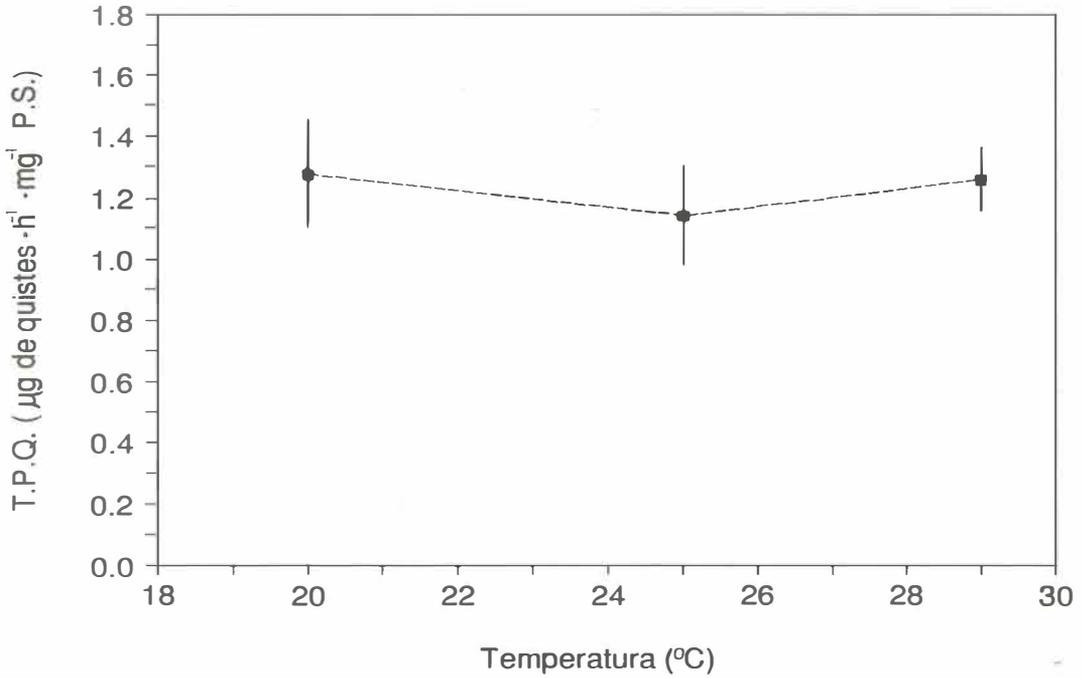


Figura 9. Tasa de producción promedio de quistes (T.P.Q.) de los organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas y los intervalos del 95 % de confianza para la media ($\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot S\bar{x}$).

III.8 Campo de crecimiento.

El campo de crecimiento de los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana*, se da en la figura 10.

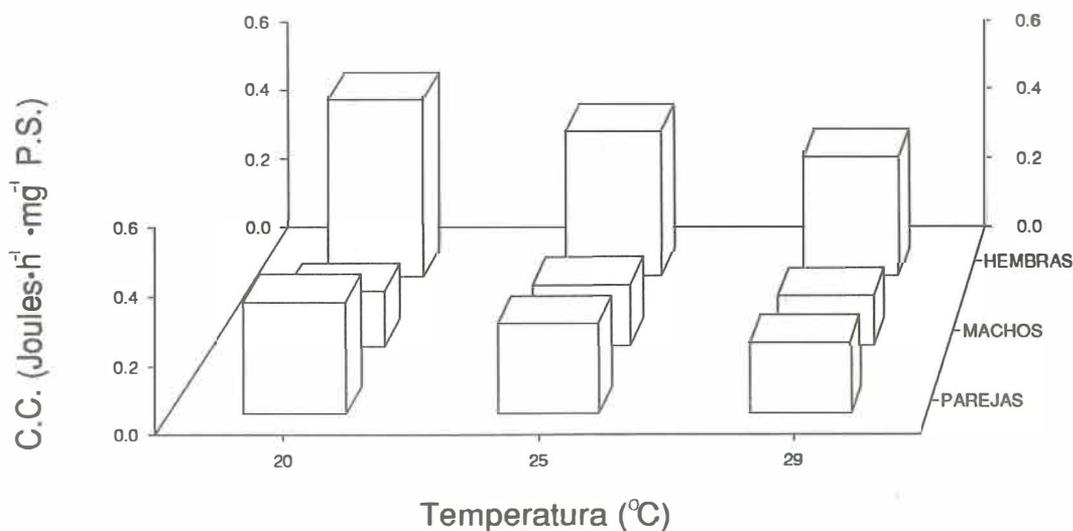


Figura 10. Campo de crecimiento promedio (C.C.) de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

Se observó en las hembras y en los organismos apareados, una tendencia de la energía destinada al crecimiento a disminuir a medida que la temperatura aumentó (Tabla VI), sin embargo, no hubo diferencias significativas en el campo de crecimiento de los tres grupos de organismos (Apéndice, Tablas XXV y XXVI).

En los machos la energía canalizada al crecimiento fue significativamente menor que la de las hembras ($p < 0.001$, Apéndice, Tabla XXV).

Tabla VI. Campo de crecimiento ($\text{Joules}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$) de los machos, las hembras y los organismos apareados de *Artemia franciscana*, alimentados con *Chaetoceros* sp. en tres temperatura. Media (\bar{X}) y el error estándar ($S\bar{x}$).

| TEMPERATURAS (°C) | | MACHOS | HEMBRAS | ORGANISMOS APAREADOS |
|----------------------|------------|--------|---------|-------------------------|
| 20 | \bar{X} | 0.158 | 0.512 | 0.326 |
| | $S\bar{x}$ | 0.032 | 0.064 | 0.028 |
| 25 | \bar{X} | 0.174 | 0.417 | 0.263 |
| | $S\bar{x}$ | 0.089 | 0.049 | 0.017 |
| 29 | \bar{X} | 0.143 | 0.344 | 0.208 |
| | $S\bar{x}$ | 0.033 | 0.033 | 0.052 |

III.9 Balance energético.

El mayor gasto energético ocurrió en los procesos metabólicos de los machos y de las hembras de *A. franciscana* al igual que en la condición de organismos apareados, en las tres temperaturas (Tabla VII).

Tabla VII. Balance energético de los machos (M), las hembras (H) y los organismos apareados (O) de *A. franciscana* en tres temperaturas. Las respuestas fisiológicas se expresan en Joules·h⁻¹·mg⁻¹P.S.

| Temperatura (°C) | | C | F | A | R' | EDE | Pr | U | Pg |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20 | M | 0.565 | 0.158 | 0.407 | 0.190 | 0.059 | - | 0.001 | 0.158 |
| | H | 0.796 | 0.059 | 0.737 | 0.144 | 0.075 | - | 0.002 | 0.512 |
| | O | 0.623 | 0.044 | 0.579 | 0.150 | 0.073 | 0.030 | 0.001 | 0.326 |
| 25 | M | 0.614 | 0.146 | 0.467 | 0.238 | 0.051 | - | 0.005 | 0.174 |
| | H | 0.782 | 0.109 | 0.673 | 0.207 | 0.045 | - | 0.005 | 0.417 |
| | O | 0.649 | 0.099 | 0.550 | 0.213 | 0.043 | 0.026 | 0.005 | 0.263 |
| 29 | M | 0.785 | 0.237 | 0.549 | 0.294 | 0.112 | - | ND | 0.143 |
| | H | 0.797 | 0.112 | 0.685 | 0.233 | 0.108 | - | ND | 0.344 |
| | O | 0.752 | 0.165 | 0.587 | 0.236 | 0.113 | 0.029 | ND | 0.208 |

- C = Energía ingerida a través de alimento
 F = Energía perdida en las heces
 A = Energía asimilada
 R = Energía utilizada en el metabolismo de rutina
 EDE = Energía utilizada para el proceso de digestión del alimento
 Pr = Energía utilizada en la producción de quistes
 U = Energía perdida por excreción de amonio
 Pg = Energía disponible para el crecimiento
 ND = No detectado

III.10 Índices de utilización de energía consumida y asimilada.

Al determinar los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para el crecimiento K_1 y K_2 los valores de estos índices fueron más altos en las hembras que en los machos a las tres temperaturas (Tabla VIII).

El metabolismo de rutina en los machos ocupó un mayor porcentaje de la energía asimilada que en las hembras, a las tres temperaturas experimentales.

En los machos el porcentaje de energía asimilada empleada en el efecto dinámico específico fue más alto que el de las hembras.

La energía destinada para la producción de quistes fue del 5 % de la energía asimilada en los tres niveles de temperatura.

En general, la energía que se perdió en la excreción amoniacal, fue igual o menor del 1 % de la energía asimilada a 20 y 25 °C.

Tabla VIII. Índices de utilización de energía consumida y asimilada en los machos (M), en las hembras (H) y en los organismos apareados (O) de *Artemia franciscana*, en diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | | K ₁ (%) | K ₂ (%) | R'/A (%) | EDE/A (%) | Pr/A (%) | U/A (%) |
|---------------------|---|-----------------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| 20 | M | 27 | 38 | 47 | 14 | - | 0.3 |
| | H | 64 | 69 | 20 | 11 | - | 0.3 |
| | O | 52 | 56 | 26 | 13 | 5 | 0.2 |
| 25 | M | 26 | 33 | 54 | 12 | - | 1.0 |
| | H | 53 | 62 | 31 | 7 | - | 0.7 |
| | O | 41 | 48 | 39 | 8 | 5 | 0.8 |
| 29 | M | 18 | 26 | 57 | 20 | - | ND |
| | H | 43 | 50 | 34 | 16 | - | ND |
| | O | 27 | 35 | 41 | 20 | 5 | ND |

K₁ = Energía ingerida que es utilizada para el crecimiento.

K₂ = Energía asimilada que es utilizada para el crecimiento.

R'/A = Energía asimilada que es utilizada en el metabolismo de rutina.

EDE/A = Energía asimilada que es utilizada en el efecto dinámico específico.

Pr/A = Energía asimilada que es direccionada a la producción de quistes.

U/A = Energía asimilada que es perdida en la excreción amoniacal.

ND = No detectado

IV DISCUSION.

La tasa de ingestión en los crustáceos planctónicos filtro alimentadores es influenciada por la concentración del fitoplancton del medio (Hassett y Landry, 1990), la calidad nutricional de las microalgas consumidas (Samain *et al.*, 1981), la edad de los organismos (Moloney y Field, 1989) y el sexo (Daborn, 1975).

En base a los datos de Khmeleva (1967) se calculó que las hembras de *A. parthenogenetica* cultivadas a 25 °C, consumen en promedio 14.3 μg de P.S. $\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$, mientras que las hembras de *A. franciscana* ingirieron más alimento (46.6 $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$). Esta cantidad no es grande si se le compara con la información dada por Sushchenya (1962) quien determinó que organismos de *A. salina*, cuyos pesos secos variaron entre 0.4 y 0.7 mg al ser alimentados con levadura a una temperatura de 20 °C, consumieron un equivalente entre 60 y 118 % de su peso seco corporal por día, mientras que Nimura (1980) describió que *A. franciscana* de 3, 5 y 10 mm en longitud consumieron un equivalente de 794, 282 y 102 % de la biomasa corporal por día respectivamente, a una temperatura de 28 °C. En el presente estudio se observó que *A. franciscana* llegó a consumir un equivalente del 80 a 112 % en los machos y del 112 a 114 % en las hembras de su peso corporal, en un intervalo de temperatura entre 20 y 29 °C.

Sushchenya (1962) estimó que en *A. salina* la eficiencia de asimilación disminuyó a medida que aumenta la tasa de ingestión (33 a 78 %), mientras que en *A. parthenogenetica* la eficiencia de asimilación fue del 50 % (Khmeleva, 1967).

Sick (1976) observó que para *A. salina* alimentada con cinco especies de microalgas a una temperatura de 25 °C, los juveniles cuyas tallas fueron entre 0.95 y 6.30 mm tuvieron una eficiencia de asimilación promedio de 59.2 % cuando se utilizó como alimento *Chlamydomonas sphagnicola*, 49.17 % para *Platymonas elliptica*, 42.8 % para *Dunaliella viridis*, 42.6 % para *Nitzschia closterium* y 11.3 % para *Chlorella conductrix*.

Hanaoka (1977) mencionó una eficiencia de asimilación entre 62.3 a 91.4 % para *A. salina* (origen desconocido) alimentada con *Chlorella* a 23 °C y Braun (1980) una eficiencia de asimilación para adultos de *Artemia* sp. alimentados con *Phaeodactylum tricornutum* de 91-92 %.

Los resultados de eficiencia de asimilación obtenidos en el presente estudio se encontraron entre el 70 y el 75 % para los machos, de 86 a 93 % para las hembras y de 78 a 93 % para la condición de organismos apareados de *A. franciscana* entre 20 y 29 °C.

Una posible explicación por la que se encuentran diferencias en la eficiencia de asimilación en los distintos trabajos, es el tipo, la cantidad y la calidad del alimento proporcionado, el estadio de desarrollo de los organismos, las condiciones ambientales y el tipo de metodología utilizada para su determinación (Vernberg, 1987).

En los crustáceos, la tasa de consumo de oxígeno es influenciada por factores bióticos, tales como la actividad locomotora, el tamaño corporal, el sexo, el proceso de alimentación, la presencia de parásitos, etc., así como por factores abióticos como la concentración de oxígeno, la temperatura del agua, la salinidad y el fotoperiodo, entre los más importantes (Vernberg, 1987).

La influencia de la temperatura ambiental sobre la tasa de consumo de oxígeno es una de las respuestas simples más intensamente estudiadas en la fisiología de la

respiración. En los organismos poiquiloterms, generalmente existe un incremento en el consumo de oxígeno con el aumento de la temperatura (Yagi *et al.*, 1990; Aarset y Aunaas, 1990).

La tasa de consumo de oxígeno aumentó significativamente por un incremento de la temperatura entre 20 y 29 °C. Esta influencia de la temperatura sobre el consumo de oxígeno se ha encontrado en otras poblaciones de *A. franciscana*, por ejemplo en organismos del Gran Lago Salado (Great Salt Lake) (Estados Unidos), de un lote comercial de la San Francisco Bay Brand, de Macau (Brasil) y de Sfax (Túnez) (Engel y Angelovic, 1968; Declair *et al.*, 1980; Bernaerts *et al.*, 1987).

Con respecto a las diferencias encontradas en las tasas de consumo de oxígeno entre los machos y las hembras, los valores más elevados de los primeros, se deben probablemente al hecho que éstos tienen una mayor velocidad de desplazamiento, que necesitan para poder perseguir y acoplarse con las hembras durante la etapa reproductiva, mientras que las hembras no tienen este comportamiento de persecución hacia los machos. Un comportamiento similar fue encontrado para el anóstraco *Branchinecta gigas* por Daborn (1975), quién sugirió que dicho comportamiento podría ser causado por la producción de feromonas por las hembras receptoras.

El consumo de oxígeno en los organismos apareados fue similar al descrito para las hembras de *A. franciscana*, probablemente porque la velocidad de desplazamiento de los machos en apareamiento fue menor que cuando son libres, lo que provocaría probablemente una disminución del consumo de oxígeno.

La magnitud del efecto dinámico específico para *A. franciscana* expresado como un incremento en el porcentaje de la tasa de consumo de oxígeno, fue similar al obtenido en otros crustáceos a diferentes temperaturas. En este estudio, entre 20 y 29 °C la tasa de consumo de oxígeno en organismos recién alimentados fue del 20

al 55 % mayor que los mantenidos en inanición. Para el langostino *Macrobrachium rosenbergii* se encontró un incremento de 7 al 39 % a 28 °C (Nelson *et al.*, 1977). Para diferentes etapas del desarrollo larval de la langosta americana *Homarus americanus*, se observó un aumento entre el 23 al 64 % en la tasa metabólica en organismos recién alimentados a una temperatura de 20 °C (Capuzzo y Lancaster, 1979). Pederson y Capuzzo (1984) hallaron que el anfípodo *Calliopus laeviusculus* al ser alimentado, incrementó en un 38 % la tasa metabólica en comparación con la medida en condiciones de inanición entre 20 y 23 °C, mientras *Penaeus esculentus* cuando fue nutrido a 25 °C, su tasa metabólica subió de un 24 a un 29 %, comparado a organismos en inanición (Dall y Smith, 1986).

Se ha reportado por Krebs (1964) que el efecto dinámico específico incluye potencialmente el costo del proceso de alimentación, el trabajo intestinal, la digestión, la absorción y el transporte, la oxidación de aminoácidos, la síntesis de urea y la formación de nueva biomasa (crecimiento) (Kiorboe *et al.*, 1985).

Beamish y Trippel (1990) sostienen que el efecto dinámico específico está relacionado al metabolismo de las proteínas, ya que de ocurrir una deaminación de los aminoácidos, ésta conduciría a un incremento en la tasa de excreción de amonio. Sin embargo, esta relación no se encontró en este estudio para *A. franciscana*.

Una revisión de los trabajos publicados sobre el efecto dinámico específico en peces realizada por Beamish y Trippel (1990) concluye que este efecto no sigue un patrón consistente cuando se varía la temperatura. En la presente investigación se observó que a una temperatura de 25 °C el efecto calorigénico del alimento fue menor que en 20 y 29 °C, por lo que esta temperatura puede considerarse como óptima para este proceso, dado que su gasto energético fue menor.

Medir la excreción amoniacal en organismos zooplanctónicos es muy difícil y en particular en experimentos de laboratorio, ya que las microalgas utilizadas como alimento y las bacterias que se encuentran en el medio, utilizan como fuente de energía el amoniaco excretado por los animales (Hernandorena y Kaushik, 1981).

En *Artemia*, la tasa de excreción amoniacal está directamente relacionada con la temperatura, así como con el índice de crecimiento, e inversamente relacionada con la densidad de los adultos (Moffett y Fisher, 1978; Hernandorena y Kaushik, 1981). En el presente estudio, se encontró una relación directa entre la tasa de excreción amoniacal y la temperatura entre 20 y 25 °C. Sin embargo, no se detectó una excreción amoniacal a una temperatura de 29 °C, lo cual no pudo ser explicado.

La tasa de excreción amoniacal varía entre diferentes poblaciones de *Artemia*. Por ejemplo, para juveniles de *A. franciscana* (proveniente de Utah, Estados Unidos), varió entre 0.0375 a 0.048 μg de NH_4^+ excretado $\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{individuo}^{-1}$ (Hernandorena y Kaushik, 1981). Para *A. franciscana* (lote comercial de la San Francisco Bay Brand), Moffett y Fisher (1978) dieron cuenta de una excreción amoniacal de 0.261 y 0.3956 μg $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ a 20 y 25 °C respectivamente. En la presente investigación se encontraron valores intermedios donde el promedio fue de 0.064 y 0.187 μg de $\text{N-NH}_3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P.S.}$ a 20 y 25 °C respectivamente. Las diferencias reportadas en la tasa de excreción entre las diferentes poblaciones puede deberse a la calidad del alimento, ya que si éste contiene un mayor contenido de proteínas, tendría como consecuencia una mayor deaminación de los aminoácidos, conduciendo con esto a un incremento de la excreción amoniacal.

De las mediciones utilizadas para determinar las tasas de consumo de oxígeno y de excreción amoniacal, se derivaron los cálculos que definieron los valores de la relación atómica oxígeno-nitrógeno. Esta variable fisiológica se define como un índice

que mide el balance entre las tasas de catabolismo de las proteínas, los carbohidratos y los lípidos; por lo tanto, un valor bajo de la tasa catabólica de las proteínas en relación a la tasa catabólica de los carbohidratos y de los lípidos, dan como consecuencia resultados que indican que los organismos se encuentran en una condición de estrés.

En el presente estudio, la temperatura modificó en una forma significativa el tipo de sustrato metabólico empleado por *A. franciscana*, ya que a 20 °C, el sustrato metabólico utilizado fueron los carbohidratos y a 25 °C fue una mezcla de proteínas y lípidos, según los intervalos propuestos por Mayzaud y Conover (1988), donde un catabolismo de proteínas se verifica cuando la relación atómica O:N se encuentra de 3 a 16, mientras que valores de 50 a 60 corresponden a una utilización de proteínas y lípidos.

Se ha mencionado que la reproducción ovípara (producción de quistes) en *Artemia* se encuentra regulada por una condición de estrés en los organismos. Los valores de la relación atómica O:N ayudaron a conocer que para los machos, las hembras y los organismos apareados de *A. franciscana* cultivados bajo las condiciones de laboratorio en el presente estudio, no se encontraban en estado de estrés. Sin embargo, las hembras en apareamiento produjeron quistes en las tres temperaturas experimentales.

Un segundo factor que Gajardo y Beardmore (1989) encontraron relacionado directamente con la tasa de producción de quistes para *A. franciscana*, fue la heterocigocidad de las hembras progenitoras. Para la misma población de *A. franciscana* de este estudio, Correa Sandoval (1991) determinó una alta heterocigocidad, lo que podría ser la causa de la continua producción de quistes bajo las tres temperaturas experimentales.

Por otra parte, se ha determinado que sólo a temperaturas entre 16 y 22 °C aunado a un fotoperíodo de 12 h o menos de luz, se obtuvo un 99 % de hembras productoras de quistes (Berthélémy-Okazadi y Hedgecock, 1987). En la presente investigación, se encontró que a las tres temperaturas experimentales (20, 25 y 29 °C), hubo un 100 % de hembras productoras de quistes, bajo una iluminación continua (24 h), pero el intervalo de temperatura experimental no afectó la tasa de producción de quistes. Brown *et al.* (1988) también encontraron que la temperatura no ejerció un cambio en la producción de quistes a temperaturas entre 15 y 32.5 °C para *A. franciscana* (lote comercial de la San Francisco Bay Brand).

Khmeleva (1967) reportó que las hembras de *Artemia parthenogenetica* produjeron de cinco a seis veces su peso seco corporal en quistes, durante el período reproductivo. En el presente estudio, la tasa de producción de quistes de los organismos apareados fue menor a la reportada por Khmeleva (1967). La causa de dicha diferencia se debió a que en la presente investigación, se midió la producción de quistes por organismos apareados, en donde se considera la suma del peso seco del macho y el de la hembra en cópula, ya que fue imposible separarlos. La baja tasa de producción de quistes también se vio reflejada en el balance energético, dado que sólo el 5 % de la energía asimilada fue canalizada para esta actividad, mientras que Khmeleva (1967) calculó un porcentaje mayor (16 % de energía asimilada) para *A. parthenogenetica* durante todo el período reproductivo. Esta diferencia se debe probablemente a que los organismos de *A. franciscana* se encontraban en el inicio de su etapa reproductiva (15 días de madurez sexual) a comparación de los organismos estudiados por Khmeleva (1967), cuyo período reproductivo duró en promedio 100 días.

Al realizar una comparación del contenido de energía por mg de peso seco de quistes producidos, se encontró que el valor de 23.080 J·mg⁻¹P.S. de los quistes para *A. franciscana* fue similar a los obtenidos por Khmeleva (1967) quién reportó 21.757 J·mg⁻¹P.S. de quistes para *A. parthenogenetica* y por Von Henting (1971) de 23.217 J·mg⁻¹P.S. de quistes para *A. franciscana* (Utah, Estados Unidos).

Con respecto al campo de crecimiento, las diferencias encontradas entre los machos y las hembras de *A. franciscana* fueron corroboradas, ya que a una misma edad, las hembras alcanzaron una biomasa mayor que la de los machos. Esto probablemente se debió a que las hembras consumieron y asimilaron en las tres temperaturas experimentales una mayor cantidad de energía que los machos. Información similar sobre las diferencias en las tasas de ingestión y asimilación se ha descrito para los machos y las hembras del anostraco *Brachinecta gigas* por Daborn (1975), quién además observó patrones diferentes de crecimiento entre los machos (asintótico) y las hembras (continuo pero menor que en la etapa juvenil).

Otra causa de la diferencia en el campo de crecimiento entre las hembras y los machos de *A. franciscana* fue que el porcentaje de energía asimilada que es utilizada para el metabolismo de rutina fue más alto en los machos (47 a 57 %) que en las hembras (20 a 34 %), provocando con esto que una menor cantidad de energía fuera dirigida al crecimiento de los machos. Resultados similares fueron reportados para otras especies de *Artemia*, siendo un 60 % de la energía asimilada la que fue utilizada para el metabolismo (Sushchenya, 1962; Khmeleva, 1967).

Para organismos apareados de *A. franciscana* se determinó que los valores del campo de crecimiento se encontraron dentro del intervalo obtenido entre los machos y las hembras, por lo que la condición de apareamiento probablemente no afectó el campo de crecimiento de los individuos acoplados.

La magnitud del efecto dinámico específico contribuyó a una disminución del campo de crecimiento de *A. franciscana*, ya que utilizó un 6 al 15 % y del 7 al 20 % de la energía ingerida y asimilada. Porcentajes similares en base a los datos de Abou Debs (1984) se calcularon para el copepodo *Temora stylifera*, para el cual el porcentaje de carbono ingerido y asimilado que fue empleado para el efecto dinámico específico fue de 11.2 y 15.6 % respectivamente; en *Acartia tonsa* Kiorboe *et al.* (1985) encontraron un 7 y 17 % respectivamente.

Para varios invertebrados, la energía perdida a través de la excreción amoniacal es considerada insignificante (Capuzzo y Lancaster, 1979). Paul y Fuji (1989) también encontraron que un porcentaje bajo (0.3 %) de la energía asimilada se perdió en la excreción amoniacal en los machos y las hembras del cangrejo *Chionecetes bairidi*. Dentro del balance energético de *A. franciscana* la pérdida de energía por la excreción amoniacal no afectó significativamente el campo de crecimiento, ya que involucró <1 % de la energía asimilada.

Los índices K_1 y K_2 en *A. franciscana* fueron altos tanto para las hembras (43-64% y 50-69%) como para los machos (18-27% y 26-69% respectivamente). Estos porcentajes K_1 y K_2 , para *A. franciscana* fueron distintos a otras especies, ya que Khmeleva (1967) reportó que para las hembras de *A. parthenogenetica* los valores de K_1 y K_2 fueron de 18 y 36 % respectivamente durante toda la etapa reproductiva, mientras que Braun (1980) determinó que los valores de estos índices para adultos de *Artemia* sp. alimentados con *Phaeodactylum tricornutum*, fueron de 37-38 % y 40-41 %. Las diferencias encontradas para las K_1 y K_2 entre las especies de *Artemia* se debieron posiblemente a sus diferentes edades. Se ha reportado en crustáceos, que al alcanzar la etapa de madurez sexual los organismos, canalizan la gran mayoría de

la energía asimilada hacia la reproducción, sin embargo, se observó que en esta investigación los adultos sexualmente maduros de *A. franciscana* siguieron creciendo, pero en menor velocidad.

La importancia que tienen los estudios con enfoque bioenergético como el realizado con adultos de *A. franciscana* radica en que éste es un índice cuantitativo, el cual permite describir, explicar y predecir la condición o estado fisiológico de los organismos, por lo que este tipo de estudios debieran de ser utilizados como una guía para determinar la factibilidad del cultivo de un organismo de importancia económica en México.

V CONCLUSIONES.

- 1.- En las condiciones establecidas en la presente investigación, la temperatura no afectó la tasa de ingestión de los machos y de las hembras.
- 2.- El incremento de temperatura de 25 a 29 °C provocó un aumento en la tasa de ingestión de los organismos apareados.
- 3.- Las hembras tuvieron una tasa de ingestión y una eficiencia de asimilación mayor que los machos, porque requieren más energía para el crecimiento y la producción de quistes.
- 4.- La temperatura no influyó en la eficiencia de asimilación y el crecimiento de los machos, las hembras y los organismos apareados.
- 5.- La tasa de consumo de oxígeno de los organismos se relacionó directamente con la temperatura.
- 6.- El aumento de 20 a 25 °C modificó el sustrato metabólico utilizado por *Artemia franciscana* de carbohidratos a una mezcla de lípidos y proteínas.
- 7.- El efecto dinámico específico fue mayor en las hembras que en los machos a las temperaturas de 20 y 29 °C.

- 8.- A 25 °C el efecto dinámico específico fue menor, por tanto es una temperatura óptima, ya que el gasto energético de la transformación del alimento fue mínimo.
- 9.- La pérdida de energía por la excreción amoniacal fue mínima (<1 % de la energía asimilada) en las tres temperaturas experimentales.
- 10.- Los machos consumieron más oxígeno que las hembras, posiblemente porque los primeros tienen una mayor velocidad de desplazamiento.
- 11.- Las condiciones de laboratorio, en las cuales fue cultivada *A. franciscana*, no provocó un estrés en los organismos.
- 12.- Las hembras en condición de apareamiento, siempre produjeron quistes a las tres temperaturas experimentales.
- 13.- Los valores estimados del campo de crecimiento fueron positivos en los machos, las hembras y en la condición organismos apareados, indicativo de que en el espacio experimental se dispone de un excedente calórico.
- 14.- El crecimiento y el metabolismo de rutina son los principales procesos donde se canalizó la energía asimilada a las tres temperaturas experimentales.
- 15.- El campo de crecimiento fue menor en los machos porque gastaron más energía en el metabolismo que las hembras.

- 16.- Los resultados de esta investigación determinan que las condiciones ambientales y nutricionales, en las cuales fueron cultivados los organismos, favorecen el crecimiento y la producción de quistes de *A. franciscana*.

LITERATURA CITADA:

- Aarset, A.V. y T. Aunaas. 1990. Metabolic responses of the sympagic amphipods *Gammarus wilkitzkii* and *Onismimus glacialis* to acute temperature variations. *Mar. Biol.*, 107: 433-438.
- Abou Debs, C. 1984. Carbon and nitrogen budget of the calanoid copepod *Temora stylifera*: effect of concentration and composition of food. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 15: 213-223.
- Bayne, B.L. 1985. Biological effects of stress and pollution in marine animals: ideas and techniques. Praeger Press., New York. 384 pp.
- Beamish, F.W.H. y E.A. Trippel. 1990. Heat increment: A static or dynamic dimension in bioenergetic models?. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 119: 649-661.
- Bernaerts, F., R. Blust, C. Thoeve y A. Van der Linden. 1987. Comparison of the aerobic metabolism for four strains of *Artemia*. p. 3-9. En: *Artemia* research and its applications (Decleir, W., L. Moens, H. Slegers, P. Sorgeloos y E. Jaspers, eds.). Vol. 2. Physiology, Biochemistry, Molecular biology. Universa Press, Wetteren, Belgium. 562 pp.
- Berthélémy-Okazadi, N.J. y D. Hedgecoçk. 1987. Effect of environmental factors on cyst formation in the brine shrimp *Artemia*. p. 167-182. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos, P., D.A. Bengtson, W. Decleir y E. Jaspers, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 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.

- Braun, J.G. 1980. The feeding of *Artemia* on *Phaeodactylum tricornutum*. p. 195-208.
En: The brine shrimp *Artemia* (Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers, eds.). Vol. 2. Physiology, Biochemistry, Molecular Biology. Universa Press, Wetteren, Belgium. 664 pp.
- Browne, R.A. 1982. The costs of reproduction in brine shrimp. *Ecology* 63: 43-47.
- Browne, R.A., L.E. Davis y S.E. Sallee. 1988. Effects of temperature and relative fitness of sexual and asexual brine shrimp *Artemia*. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 124: 1-20.
- Browne, R.A. y S.E. Sallee. 1984. Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia*. *Ecology*, 65: 949-960.
- Capuzzo, J.M. y B.A. Lancaster. 1979. Some physiological and biochemical considerations of larval development in the american lobster, *Homarus americanus* Milne Edwards. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 40: 53-62.
- Chiaverini, J. 1972. Techniques d'extraction et d'analyse des lipides. Université de Paris. Station Zoologique Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail No. 12. 12 pp.
- Conte, F.P., J. Lowry, J. Carpenter, A. Edwards, R. Smith y R.D. Ewing. 1980. Aerobic and anaerobic metabolism of *Artemia* nauplii as a function of salinity. p. 125-136.
En: The brine shrimp *Artemia* (Persoone *et al.*, eds.). Vol. 2. Physiology, Biochemistry, Molecular Biology. Universa Press, Wetteren, Belgium. 664 pp.
- Correa Sandoval, F. 1991. Caracterización biológica y bioquímica de algunas poblaciones de *Artemia franciscana* Kellogg, 1906. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), Ensenada, México, Tesis de Doctorado en Ciencias. 126 pp.
- Daborn, G.R. 1975. Life history and energy relations of the giant fairy shrimp *Branchinecta gigas* Lynch 1937 (Crustacea: Anostraca). *Ecology*, 56: 1025-1039.

- Dall, W. y D.M. Smith. 1986. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawns, *Penaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture*, 55: 23-33.
- Davis, J.P. 1986. Energetics of sterile triploid oysters uncouple the reproductive and somatic effort of diploids. *J. Shellfish Res.*, 7: 114.
- Dawirs, R.R. 1983. Respiration, energy balance and development during growth and starvation of *Carcinus maenas* L. larvae (Decapoda: Portunidae). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 69: 105-128.
- Decleir, W., J. Vos, F. Bernaerts y C. Van den Branden. 1980. The respiratory physiology of *Artemia*. p. En: *The brine shrimp Artemia* (Persoone *et al.*, eds.). Vol. 2. Physiology, Biochemistry, Molecular Biology. Universa Press, Wetteren, Belgium. 644 pp.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers y F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- Elliot, J.M. y W. Davidson. 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. *Oecologia (Berl.)*, 19: 195-201.
- Engel, D.W. y J.W. Angelovic. 1968. The influence of salinity and temperature upon the respiration of brine shrimp nauplii. *Comp. Biochem. Physiol.*, 26: 749-752.
- Farber Lorda, J. 1986. Etudes biologiques, energetiques et biochimiques du krill antarctique *Euphasia superba* et *Thysanoessa macrura* recolte au cours de la campagne Fibex. Université de Aix-Marseille. These de Doctorat. 214 pp.
- Gajardo, G.M. y J.A. Beardmore. 1989. Ability to switch reproductive mode in *Artemia* is related to maternal heterozygosity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 55: 191-195.
- Gilchrist, B.M. 1956. The oxygen consumption of *Artemia salina* (L.) in different salinities. *Hydrobiologia*, 8: 54-56.

- Gnaiger, E. 1983. Calculation of energetic and biochemical equivalents of respiratory oxygen consumption. p. 337-345. *In*: Gnaiger E. y H. Forstner (eds.) Polarographic oxygen sensors. Springer, Berlin.
- Guillard, R.R.L. y J.H. Ryther. 1962. Studies on marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve). *Can. J. Microbiol.*, 8: 229-239.
- Hanaoka, H. 1977. Harmful effect of ammonia on growth of the brine shrimp *Artemia salina* and inhibition of ammonia accumulation with an alga *Chlorella*. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 24: 99-107.
- Hassett, R.P. y M.R. Landry. 1990. Seasonal changes in feeding rate, digestive enzyme activity, and assimilation efficiency of *Calanus pacificus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 62: 203-210.
- Hernandorena, A. y S.J Kaushik. 1981. Ammonia excretion of *Artemia* sp. (Crustacea: Branchiopoda) under axenic conditions. *Mar. Biol.*, 63: 23-27.
- Ivlev, V.S. 1939. Balance of energy in carps. *Zool. Zh.*, 18: 303-318.
- Johns, D.M. 1982. Physiological studies on *Cancer irroratus* larvae. III. Effects of temperature and salinity on the partitioning of energy resources during development. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 8: 75-85.
- Khmeleva, N.N. 1967. Conversion of energy in *Artemia salina* (L.). *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 175: 934-937.
- Kiorboe, T., F. Mohlenberg y K. Hamburger. 1985. Bioenergetics of the planktonic copepod *Acartia tonsa*: relation between feeding, egg production and respiration, and composition of specific dynamic action. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 26: 85-97.
- Klein Breteler, W.C.M. 1975. Food consumption, growth and energy metabolism of juvenile shore crabs, *Carcinus maenas*. *Neth. J. Sea Res.*, 9: 255-272.

- Klekowski, R.Z. y A. Duncan. 1975. Physiological approach to ecological energetics. p. 15-64. En: Methods for ecological energetics (Grodzinski, W., R.Z. Klekowski y A. Duncan, eds.). IBP Handbook No. 24. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 367 pp.
- Krebs, H.A. 1964. The metabolic fate of amino acids. p. 125-176. En: Mammalian protein metabolism (Munro, H.N. y J.B. Allison, eds.). Academic Press, London.
- Kruskal, W.H. y W.A. Wallis. 1952. Use of ranks in one-criterion analysis of variance. J. Amer. Statist. Assoc., 47: 583-621.
- Kurmaly, K., A.B. Yule y D.A. Jones. 1989. An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). Aquaculture, 81: 13-25.
- Lai, L. y P. Lavens. 1987. Workshop report: *Artemia* as a business perspective. p. 517-518. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 pp.
- Lavens, P., A. De Meulemeester y P. Sorgeloos. 1987. Evaluation of mono- and mixed diets as food for intensive *Artemia* culture. p. 309-318. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 pp.
- Lavens, P. y P. Sorgeloos. 1987. Design, operation, and potential of a culture system for the continuous production of *Artemia* nauplii. p. 339-345. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 pp.

- Léger, Ph., D.A. Bengtson, P. Sorgeloos, K.L. Simpson y A.D. Beck. 1987. The nutritional value of *Artemia*: a review. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 pp.
- Logan, D.T. y C.E. Epifanio. 1978. A laboratory energy balance for the larvae and juveniles of the american lobster *Homarus americanus*. Mar. Biol., 47: 381-389.
- López Elias, J.A. 1990. Cultivos semicontinuos de cuatro especies de microalgas con medios simplificados: evaluación de técnicas analíticas y de producción. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), Ensenada, México, Tesis de Maestría en Ciencias. 163 pp.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr y R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193: 265-275.
- Malara, G. y R. Charra. 1972a. Dosage des protéines particulières selon la méthode de Lowry. Université de Paris. Station Zoologique. Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail. No. 5, 11 pp.
- Malara, G. y R. Charra. 1972b. Dosage des glucides particulières de phytoplancton selon la méthode de Dubois. Université de Paris. Station Zoologique. Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail. No. 6, 12 pp.
- Marin, V., M.E. Huntley y B. Frost. 1986. Measuring feeding rates of pelagic herbivores: analysis of experimental design and methods. Mar. Biol., 93: 49-58.
- Mayzaud, P., J. Farber Lorda y M.C. Corre. 1985. Aspects of the nutritional metabolism of two antarctic euphausiids: *Euphausia superba* and *Thysanoessa macrura*. En: Antarctic nutrient cycles and food webs (Siegfried, W.R., R.R. Condy y R.M. Laws. (eds.). Proc. 4th SCAR. Symp. Antarctic Biol., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

- Mayzaud P. y R.J. Conover. 1988. O:N atomic ratio as a tool to describe zooplankton metabolism. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 45: 289-302.
- Moffett, W.L. y W.S. Fisher. 1978. Ammonia production rates of *Artemia salina* under various culture conditions. *J. Fish. Res. Board Can.*, 35: 1643-1648.
- Mohlenberg, F. y T. Kiorboe. 1981. Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. *Ophelia*, 20: 79-90.
- Moloney, C.L. y J.G. Field. 1989. General allometric equations for rates of nutrient uptake, ingestion, and respiration in plankton organisms. *Limnol. Oceanogr.*, 34: 1290-1299.
- Mootz, C.A. y C.E. Epifanio. 1974. An energy budget for *Menippe mercenaria* larvae fed *Artemia* nauplii. *Biol. Bull.*, 146: 44-55.
- Navarro, J.M. y J.E. Winter. 1982. Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Mar. Biol.*, 67: 255-266.
- Nelson, S.G., A.W. Knight y H.W. Li. 1977. The metabolic cost of food utilization and ammonia production by juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 57A: 67-72.
- Nelson, S.G., M.A. Simmons y A.W. Knight. 1985. Calorigenic effect of diet on the grass shrimp *Crangon franciscorum* (Crustacea : Crangonidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 82A: 373-376.
- Nimura, Y. 1980. Retarded growth of *Artemia salina* by overfeeding. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46: 681-687.
- Pande, S.V., R.P. Khan y T.A. Venkatasubramanian. 1963. Microdetermination of lipids and serum total fatty acid. *Analyt. Biochem.*, 6: 415-423.

- Paul, A.J. y A. Fuji. 1989. Bioenergetics of the alaskan crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda: Majidae). *J. Crust. Biol.*, 9: 25-36.
- Pederson, J.B. y J.M. Capuzzo. 1984. Energy budget of an omnivorous rocky shore amphipod, *Calliopius laeviusculus* (Kroyer). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 76: 277-291.
- Reeve, M.R. 1963. The filter-feeding of *Artemia* I. In pure cultures of plant cells. *J. exp. Biol.*, 40: 195-205.
- Rico Mora, R. 1987. Efecto interactivo de la temperatura y de la concentración de microalgas en la fisiología alimenticia y la energía potencial para el crecimiento de *Modiolus capax* (Conrad) (Bivalvia: Mytilidae). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), Ensenada, México, Tesis de Maestría en Ciencias. 91 pp.
- Samain, J.F., J. Moal, J.Y. Daniel y J.R. Le Coz. 1981. Possible processes of nutritive adaptations for zooplankton: a demonstration on *Artemia*. *Kieler Meeresforsch.*, 5: 218-228.
- San Francisco Bay Brand, Inc. 1988. Tips on cyst decapsulatin. 2 pp.
- Scelzo, M.A. y J.F. Voglar. 1980. Ecological study of the *Artemia* populations in Boca Chica salt lake, Margarita Island, Venezuela. p. 115-125. En: *The brine shrimp Artemia* (Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers, eds.). Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 456 pp.
- Sick, L.V. 1976. Nutritional effect of five species of marine algae on the growth, development, and survival of the brine shrimp *Artemia salina*. *Mar. Biol.*, 35: 69-78.

- Simpson, K.L., Klein-MacPhee, G. y A.D. Beck. 1983. Zooplankton as a food source. p. 180-201. En: Proceeding of the Second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological Approaches to Shellfish Nutrition (Pruder, G.D., C. Langdon y D. Conklin, eds.). Spec. Publ. no. 2. World Maricult. Soc., Div. Cont. Educ., Louisiana State Univ., Baton Rouge, Louisiana, USA. 444 pp.
- Simpson, K.L. y P. Léger. 1987. Workshop report: The use of *Artemia* as a food in aquaculture. p. 515-516. En: *Artemia* research and its applications (Sorgeloos *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 556 pp.
- Sorgeloos, P. 1980. The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. p. 25-46. En: The brine shrimp *Artemia* (Persoone *et al.*, eds.). Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Universa Press, Wetteren, Belgium. 456 pp.
- Sushchenya, L.M. 1962. Quantitative data on nutrition and energy balance in *Artemia salina* (L.). Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 143: 1205-1207.
- Underwood, A.J. 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 19: 513-605.
- Vernberg, F.J. 1987. Crustacea. p. 301-372. En: Animal energetics (Pandian, T.J. y F.J. Vernberg, eds.). Vol. 1. Protozoa through insecta. Academic Press, Inc.
- Von Hentig, R. 1971. Einfluß von Salzgehalt und Temperatur auf Entwicklung, Wachstum, Forpflanzung und Energiebilanz von *Artemia salina*. Mar. Biol., 9: 145-182.
- Voltolina, D., M. de L. Trujillo Valle y M.I. González Leonardo. 1991. La colección de cepas de microalgas del Departamento de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Comunicaciones Académicas. CTATC-9101. 50 pp.

- Vos, J., F. Bernaerts, I. Gabriels y W. Decler. 1979. Aerobic and anaerobic respiration of adult *Artemia salina* L., acclimated to different oxygen concentrations. Comp. Biochem. Physiol. 62A: 545-548.
- Whyte, J.N.C. 1987. Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. Aquaculture, 60: 231-241.
- Widdows, J. y B.L. Bayne. 1971. Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. J. mar. biol. Ass. U.K., 51: 827-843.
- Widdows, J. y D. Johnson. 1988. Physiological energetics of *Mytilus edulis*: Scope for growth. p. 113-121. En: Biological effects of pollutants. Results of a practical workshop (Bayne, B.L., K.R. Clarke y J.S. Gray, eds.). Mar. Ecol. Prog. Ser.
- Wilson, K.V. 1956. A distribution-free test of analysis of variance hypotheses. Psychological Bulletin, 53: 96-101.
- Winberg, G.G. 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. Fish. Res. Bd. Canada, Translation Ser., 194: 202.
- Yagi, H., H.J. Ceccaldi y R. Gaudy. 1990. Combined influence of temperature and salinity on oxygen consumption of the larvae of the pink shrimp, *Palaemon serratus* (Pennant) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Aquaculture, 86: 77-92.

APENDICE

Tabla IX. Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de ingestión de *Artemia franciscana*.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------------|
| Efectos principales | 450.60 | 3 | 150.20 | 5.718 | 0.012 |
| Temperatura | 150.56 | 2 | 75.28 | 2.866 | 0.096 |
| Sexos | 300.04 | 1 | 300.04 | 11.422 | 0.006 |
| Interacción | | | | | |
| Temperatura-sexos | 135.66 | 2 | 67.83 | 2.582 | 0.117 |
| Residuo | 315.23 | 12 | 26.27 | | |
| Total (corr.) | 901.49 | 17 | | | |

Tabla X. Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre la tasa de ingestión de los organismos apareados de *Artemia franciscana*.

| Fuente de error | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|------------------|-------------------|------|------------------|-------|------------------|
| Entre grupos | 98.83 | 2 | 49.41 | 6.515 | 0.031 |
| Dentro de grupos | 45.50 | 6 | 7.58 | | |
| Total (corr.) | 144.33 | 8 | | | |

Tabla XI. Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de ingestión de los organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 37.1 | * |
| 25 | 3 | 38.6 | * |
| 29 | 3 | 44.8 | * |

Tabla XII. Análisis de varianza de dos vías no paramétrico (Wilson, 1956). Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la eficiencia de asimilación de *Artemia franciscana*.

| Fuente de Variación | g.l. | Valor de X^2 | Nivel de signif. |
|------------------------|------|----------------|------------------|
| Factor 1 (Temperatura) | 2 | 0.000 | 1.000 |
| Factor 2 (Sexos) | 1 | 10.888 | 0.001 |
| Interacción 1x2 | 2 | 1.777 | 0.411 |

Tabla XIII. Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de consumo de oxígeno de *Artemia franciscana*, en inanición.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------------|
| Efectos principales | 189.84 | 3 | 63.28 | 77.337 | 0.000 |
| Temperatura | 142.14 | 2 | 71.07 | 86.860 | 0.000 |
| Sexos | 47.69 | 1 | 47.69 | 58.289 | 0.000 |
| Interacción | | | | | |
| Temperatura-sexos | 3.49 | 2 | 1.75 | 2.140 | 0.161 |
| Residuo | 9.82 | 12 | 0.82 | | |
| Total (corr.) | 203.16 | 17 | | | |

Tabla XIV. Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperaturas sobre la tasa de consumo de oxígeno de los organismos apareados de *Artemia franciscana*, en inanición.

| Fuente de error | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------------|
| Entre grupos | 60.81 | 2 | 30.40 | 89.763 | 0.000 |
| Dentro de grupos | 2.03 | 6 | 0.34 | | |
| Total (corr.) | 62.84 | 8 | | | |

Tabla XV. Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de los machos de *Artemia franciscana* en inanición, entre temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 13.49 | * |
| 25 | 3 | 16.91 | * |
| 29 | 3 | 20.89 | * |

Tabla XVI. Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de las hembras de *Artemia franciscana* en inanición, entre temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 10.24 | * |
| 25 | 3 | 14.73 | * |
| 29 | 3 | 16.55 | * |

Tabla XVII. Prueba de rango múltiple aplicada a la tasa de consumo de oxígeno de los organismos apareados de *Artemia franciscana* en inanición, entre temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 10.64 | * |
| 25 | 3 | 15.13 | * |
| 29 | 3 | 16.79 | * |

Tabla XVIII. Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre el efecto dinámico específico de *Artemia franciscana*.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------------|
| Efectos principales | 0.239 | 3 | 0.080 | 11.397 | 0.001 |
| Temperatura | 0.184 | 2 | 0.092 | 13.176 | 0.001 |
| Sexos | 0.055 | 1 | 0.055 | 7.839 | 0.016 |
| Interacción | | | | | |
| Temperatura-sexos | 0.043 | 2 | 0.021 | 3.05 | 0.085 |
| Residuo | 0.084 | 12 | 0.007 | | |
| Total (corr.) | 0.365 | 17 | | | |

Tabla XIX. Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre el efecto dinámico específico de los organismos apareados de *Artemia franciscana*.

| Fuente de error | Suma de cuadrados | g.l.* | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|------------------|-------------------|-------|------------------|-------|------------------|
| Entre grupos | 0.157 | 2 | 0.079 | 9.976 | 0.012 |
| Dentro de grupos | 0.047 | 6 | 0.008 | | |
| Total (corr.) | 0.204 | 8 | | | |

Tabla XX. Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en los machos de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 30.91 | * * |
| 25 | 3 | 21.23 | * |
| 29 | 3 | 38.20 | * |

Tabla XXI. Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en las hembras de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 54.69 | * |
| 25 | 3 | 21.86 | * |
| 29 | 3 | 46.53 | * |

Tabla XXII. Prueba de rango múltiple aplicada al efecto dinámico específico en los organismos apareados de *Artemia franciscana* en tres temperaturas.

| Temperatura (°C) | n | \bar{x} | Grupos homogéneos |
|------------------|---|-----------|-------------------|
| 20 | 3 | 48.50 | * |
| 25 | 3 | 20.22 | * |
| 29 | 3 | 48.06 | * |

Tabla XXIII. Análisis de varianza de dos vías no paramétrico (Wilson, 1956). Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre la tasa de excreción amoniacal de *Artemia franciscana*.

| Fuente de Variación | g.l. | Valor de X^2 | Nivel de signif. |
|------------------------|------|----------------|------------------|
| Factor 1 (Temperatura) | 2 | 5.333 | 0.021 |
| Factor 2 (Sexos) | 1 | 0.000 | 1.000 |
| Interacción 1x2 | 2 | 1.333 | 0.248 |

Tabla XXIV. Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre la tasa de producción de quistes de los organismos apareados de *Artemia franciscana*.

| Fuente de error | Suma de cuadrados | g.l. * | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|------------------|-------------------|-----------|------------------|-------|------------------|
| Entre grupos | 0.033 | 2 | 0.017 | 0.737 | 0.517 |
| Dentro de grupos | 0.138 | 6 | 0.023 | | |
| Total (corr.) | 0.172 | 8 | | | |

Tabla XXV. Análisis de varianza de dos vías. Efecto de la temperatura y la diferencia en sexos sobre el campo de crecimiento de *Artemia franciscana*.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|------------------|
| Efectos principales | 0.344 | 3 | 0.115 | 13.053 | 0.000 |
| Temperatura | 0.025 | 2 | 0.013 | 1.447 | 0.274 |
| Sexos | 0.318 | 1 | 0.318 | 36.264 | 0.000 |
| Interacción | | | | | |
| Temperatura-sexos | 0.019 | 2 | 0.009 | 1.080 | 0.371 |
| Residuo | 0.105 | 12 | 0.009 | | |
| Total (corr.) | 0.468 | 17 | | | |

Tabla XXVI. Análisis de varianza de una vía. Efecto de la temperatura sobre el campo de crecimiento de los organismos apareados de *Artemia franciscana*.

| Fuente de error | Suma de cuadrados | g.l. | Cuadrados medios | F | Nivel de signif. |
|------------------|-------------------|------|------------------|-------|------------------|
| Entre grupos | 0.021 | 2 | 0.011 | 2.753 | 0.142 |
| Dentro de grupos | 0.023 | 6 | 0.004 | | |
| Total (corr.) | 0.044 | 8 | | | |