

00361
17



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**"ESTRUCTURA Y COMPOSICION QUIMICA DE
QUISTES DE *Artemia franciscana* DE DIFERENTES
POBLACIONES MEXICANAS".**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS**

**BIOLOGIA
PRESENTA:**

BIOL. AIDA DEL ROSARIO MALPICA SANCHEZ

Directores de tesis: Dra. Thalía Castro Barrera
Dr. A. Horacio Sandoval Trujillo

MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicada a:

Mis padres: Félix y Billa

Mis Hermanos: Estela B., Frida P. y Félix I.

Mis Tías: Pura y Margarita

Mis seres queridos ausentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADEZCO A:

A cada uno de uno de los sinodales por su tiempo y orientación a esta tesis

Dra. Thalía Castro Barrera

Dr. A. Horacio Sandoval Trujillo

Dr. José Luis Arredondo Figueroa

Dr. José Antonio Serrano Romero

Dra. Ruth Cecilia Vanegas Pérez

Dra. Gabriela Gaxiola Cortes

Dr. Rolando Gelabert Fernández

A todos aquellos que de una u otra manera apoyaron la finalización de esta tesis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO	PAGINAS
1. RESUMEN/ ABSTRACT	1
2. INTRODUCCION	3
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos particulares	6
4. HIPÓTESIS	7
5. MARCO TEORICO	8
5.1. Formación de quistes en las hembras de <i>Artemia franciscana</i>	8
5.2. Estructuras de la cáscara que envuelven al embrión enquistado de <i>Artemia franciscana</i> .	11
5.3. Inducción de la oviparidad en <i>Artemia franciscana</i> .	12
5.4. Activación del embrión enquistado de <i>Artemia franciscana</i> .	14
6. ANTECEDENTES	17
6.1. Utilización de <i>Artemia franciscana</i> en la acuicultura.	17
6.2. Distribución y características ecológicas de las poblaciones mexicanas de <i>Artemia franciscana</i>	19
7. MATERIALES Y MÉTODOS	21
7.1. Obtención de las muestras	21
7.2. Técnica de descapsulamiento de quistes	22
7.3. Medición de quistes y huevos descapsulados (Morfometría)	23
7.4. Análisis de Morfología	23
7.5. Análisis Químicos	24
7.5.1. Determinación de proteína	24
7.5.2. Determinación de carbohidratos totales	24
7.5.3. Determinación lípidos totales	25
7.5.4. Determinación de aminoácidos	25
7.5.5. Determinación de ácidos grasos esenciales	25
7.5.6. Determinación de cationes	26
7.6. Análisis estadístico	26
8. RESULTADOS	27
8.1. Morfometría de quistes y huevos	27
8.2. Análisis de la composición química de quistes y huevos	30
8.2.1. Proteína, carbohidratos y lípidos	30
8.2.2. Aminoácidos	31
8.2.3. Ácidos grasos	34
8.2.4. Cationes	36
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
10. CONCLUSIONES	44
11. REFERENCIAS	45

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

1. RESUMEN

En este estudio se planteó determinar, con base a las características estructurales y la composición química de los quistes y los huevos descapsulados de *Artemia franciscana* provenientes de seis poblaciones mexicanas, si hay otra variedad de este crustáceo. Caracterizando la estructura por medio del grosor del corion, y del análisis de la morfología externa del quiste y de los huevos descapsulados, utilizando microscopio de barrido. Para establecer la composición química se evaluó el contenido de proteínas, carbohidratos totales, lípidos totales, perfil de aminoácidos, perfil de ácidos grasos metilésteres y la determinación del perfil de cationes. Los resultados obtenidos indican que el grosor del corion es menor en poblaciones de *Artemia* de aguas epicontinentales (4.35 a 5.0 μm), a diferencia de las poblaciones de las Costas del Pacífico y la del Golfo de México aquí estudiadas (7.1 a 7.5 μm), quienes están dentro del intervalo de grosor del corion reportado para este crustáceo (6 a 8 μm). La población de "La Colorada", Oaxaca, fue diferente ($P < 0.001$), en el grosor del corion del resto de las poblaciones. Las imágenes fotográficas de la estructura externa de los quistes y la de los huevos descapsulados, tuvieron la misma apariencia en las seis poblaciones. Los huevos descapsulados presentaron una membrana, compuesta de estructuras pentagonales y hexagonales, semejante a la que presentan otros artrópodos; la membrana (embrionaria interna) permite el paso de las moléculas que activan el embrión en diapausa. Los resultados de la composición química se analizaron con estadística no paramétrica, mostrando que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), en la concentración de los nutrientes evaluados, no así en el tipo de moléculas, por lo que no se pudo establecer un patrón de nutrientes por zona geográfica, afirmando que las características de clima y alimentación son determinantes en la concentración química en cada población. Los quistes y huevos descapsulados originarios de Texcoco y los de "Real de las salinas", mostraron los valores más altos en todos los nutrientes. La composición de cationes en el corion de los quistes de *Artemia* indican las características del agua. Este tipo de estudio pretendió aportar información para planear el aprovechamiento y la conservación de las poblaciones aquí analizadas.

Palabras claves: *Artemia*, quistes, estructura quística

ABSTRACT

In this study he thought about to determine, with base to the structural characteristics and the chemical composition *Artemia franciscana* of the cysts and the descapsulated eggs of coming from six Mexican populations, if there is another variety of this crustacean. Characterizing the structure by means of the thickness of the chorion, and of the analysis of the external morphology of the cyst and of the descapsulated eggs, using scanning electron microscopy. To establish the chemical composition it was evaluated the content of proteins, total carbohydrates, total lipids, profile of amino acids, profile of acids fatty methylesters and the determination of the cationes profile. The obtained results indicate that the thickness of the chorion is smaller in *Artemia* populations of waters epicontinental (4.35 at 5.0 μ m), contrary to the Pacific Costa populations and that of the Gulf of Mexico here studied (7.1 at 7.5 μ m) who are inside the interval of thickness of the chorion reported for this crustacean (6 at 8 μ m). The "La Colorada", Oaxaca, population was different ($P < 0.001$), in thickness of the chorion of the rest of the populations. The photographic images of the external structure of the cysts and that of the eggs descapsulated, they had the same appearance in the six populations. The eggs descapsulated presented a membrane, made up of pentagonal and hexagonal structures, similar to present other arthropods; the membrane (embryonic internal) it allows the step of the molecules that activate the embryo in diapausa. The results of the chemical composition were analyzed with non parametric statistic, showing that there were significant differences ($P < 0.05$), in the concentration of the evaluated nutrients, I didn't seize in the type of molecules, for what a pattern could not settle down of nutritious for geographical area, affirming that the climate characteristics and feeding are decisive in the chemical concentration in each population. The Texcoco and those of "Real of the salines" cysts and eggs descapsulated natives of, they showed the values but high in all the nutrients. The cationes composition in the chorion of the *Artemia* cysts of indicates the characteristics of the water. This study type sought to contribute information to plan the use and the conservation of the populations here analyzed.

Key words: *Artemia*, cysts, structures cystic.

2. INTRODUCCIÓN

El género *Artemia* en cualquiera de sus etapas de desarrollo, forma parte importante en la práctica de la acuicultura a nivel mundial, principalmente en los aspectos de nutrición. Castro y Gallardo (1993), mencionan que *Artemia* en términos generales, tiene los macro y micronutrientes que requieren las especies marinas y dulceacuícolas de peces y crustáceos, aunque, existen deficiencias en su composición dependiendo de su lugar de origen.

La etapa de desarrollo enquistada de este crustáceo llamada también, quiste, huevo quístico, huevo de duración, embrión enquistado ó embrión inactivo en fase de vida latente (diapausa), es ampliamente comercializada debido a que tiene la ventaja de que puede guardarse por períodos prolongados y estar disponibles cuando se requieren, por lo que su formación es importante de considerar, para llegar a dominar la inducción del oviparismo, ya sea en condiciones de laboratorio ó en cultivo comercial.

Conocer la formación de los quistes de este crustáceo, hace fundamental saber por una parte, como algunos parámetros físicos y químicos, así como las características bioquímicas y de estructura influyen en su formación, proporcionando al embrión enquistado habilidades de osmoregulación y resistencia a cambios extremos que se presentan en su hábitat donde se encuentre (Clegg *et al.* 1999; Clegg *et al.* 2000). Por otra parte, es el saber utilizar los quistes en la alimentación de alevines de peces y larvas de crustáceos en cultivo (Vinatea, 1999), considerando su procedencia geográfica, sobre todo cuando se someten al proceso de descapsulación (García *et al.* 1998; García, 1999; García *et al.* 2000) Estos huevos representan una fuente nutritiva, para casi todas las especies acuáticas sean de agua marina, salobre ó dulce.

Otro aspecto de interés en el uso de estos quistes, es desde el punto de vista práctico, en la actividad acuícola, ya que se pueden adquirir enlatados al alto vacío y mediante técnicas fáciles se obtienen larvas llamadas nauplios. Excelentes y a veces insustituibles en la alimentación de etapas primeras de desarrollo de numerosos organismos acuáticos.

Gallardo (2000), menciona que la calidad de los quistes depende, entre otras características, de los tratamientos que se apliquen en su eclosión. La calidad de la eclosión se mide contando el número de nauplios que nacen de un gramo de quistes; esta calidad va a repercutir en los costos de producción de los acuicultores que requieren de nauplios de *Artemia*, como es el caso de los productores de postlarvas de camarón.

A medida que la acuicultura se ha expandido, la demanda de quistes de *Artemia* ha aumentado y las empresas que producen y comercializan *Artemia*, no logran suplir la gran demanda mundial. Al respecto Hontoria y colaboradores (1996), señalan que en los últimos años, el número de empresas de acuicultura marina en el mundo, han aumentado, requiriendo de un suministro considerable de quistes de este crustáceo así mismos, indican que existía una diferencia entre el consumo de quistes y la producción de *Artemia*. En los 70 para disminuir este problema de escasez, se hicieron diversas introducciones de quistes de *Artemia* para su cultivo en países llamados del Tercer Mundo. En 1987, en el municipio Acaraú, Brasil, se obtuvieron producciones espectaculares de 0.5kg de quistes procesados/ha/día y 10kg de biomasa fresca/ha/día (3,650 kg/ha/año) de *Artemia franciscana* (cepa Macau), (Vinatea, 1999).

Sorgeloos y colaboradores (1991), señalan que en 1990, más de 700 toneladas de quistes de *Artemia* fueron consumidos en los cultivos de larvas Cámara (1996), estima que la demanda mundial de quistes de *Artemia* supera las 2,000 toneladas/año, y que sus principales demandantes son los cultivos de camarón seguidos de los peces y de las tiendas de acuarios, con consumos de 85, 10 y 5% respectivamente. Castro *et al.* (2000), destacan que en México, *Artemia* es consumida principalmente en los cultivos de postlarvas de camarón, citando las estadísticas de SEMARNAP (1997), donde se muestra que 27 laboratorios están operando en la producción de camarón en etapa postlarva y 10 laboratorios producen 3.1 billón de postlarvas cada año. Estos autores calculan con base a estos datos, que la demanda de quistes de *Artemia* de estos 10 laboratorios, sería de aproximadamente 8.96 toneladas al año.

En el mercado internacional se comercializan quistes, tanto de buena como de mala calidad de eclosión y de contenido nutritivo. Los mayores proveedores comerciales de *Artemia* se encuentran en el Gran Lago Salado, Utah, USA (Correa *et al.* 2000).

Artemia, tiene amplios intervalos de tolerancia, a diferentes parámetros ambientales y por lo tanto se le puede encontrar en diferentes hábitats, como son salinas, charcos, lagunas costeras y aguas interiores ó epicontinentales, tolerando diferentes intervalos de temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y disponibilidad de alimento. Triantaphyllides *et al.* (1998) y Van Stappen *et al.* (1998) citado en Clegg *et al.* (1999), mencionan que en el mundo se tienen registrados más de 500 lugares para este crustáceo, que están situados desde el nivel del mar hasta 4,500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas desde 5 hasta 40°C, y salinidades desde 75 a 240 g/l.

El origen geográfico de las poblaciones de *Artemia* influye en su composición bioquímica y su valor nutritivo. Numerosos estudios han demostrado que el aislamiento geográfico, así como las condiciones del hábitat intervienen en los distintos fenotipos, características bioquímicas, biológicas y fisiológicas (Correa *et al.* 1993; Sorgeloos *et al.* 1998). Por esta razón autores como Gozalbo y Amat (1988), comentan que es difícil, establecer un criterio de agrupar o aislar poblaciones basándose solamente en diferencias bioquímicas. Por ejemplo en Correa *et al.* (1993), mencionan un estudio en donde analizaron diferentes poblaciones de *Artemia* de Portugal y encontraron diferencias tanto en la concentración como en el perfil de ácidos grasos en quistes y nauplios de la misma población, discrepando con Schauer *et al.* (1980) quien señala que los perfiles de ácidos grasos son similares en los quistes y nauplios de las poblaciones que estudió.

Considerando la importancia que tiene el conocer y manejar los factores que intervienen en la formación del quiste, este estudio se planteó determinar la existencia de otra variedad de *Artemia franciscana* en México, en caso de que existan diferencias significativas en las características estructurales y en la composición química entre los quistes y huevos descapsulados de este crustáceo, provenientes de seis diferentes ubicaciones geográficas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar con base a las características estructurales y la composición química de los quistes y los huevos descapsulados, de seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*, si hay otra variedad de este crustáceo.

3.2. Objetivos Particulares

- Determinar por morfometría y morfología las diferencias en los quistes y huevos descapsulados de cada una de las seis poblaciones del crustáceo *Artemia franciscana* estudiadas, tomando en cuenta las condiciones de cada hábitat en donde se colectaron los quistes
- Evaluar el contenido de proteínas, carbohidratos totales, lípidos extraíbles, aminoácidos, ácidos grasos esenciales y cationes, en quistes y huevos descapsulados, de seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*, para determinar las posibles diferencias.
- Relacionar las posibles diferencias en la composición morfométrica, morfológica y química de los quistes y huevos descapsulados y vincularlas con su origen geográfico ó con las condiciones ambientales en la época que se colectaron.

4. HIPÓTESIS

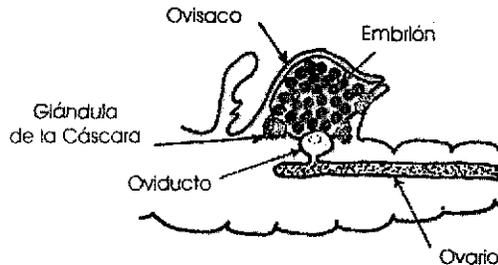
Con base a la determinación de las diferencias que existen en las características estructurales (composición morfológica, y morfométrica) y en la composición química, entre los quistes y huevos descapsulados de seis diferentes poblaciones mexicanas del crustáceo *Artemia franciscana*, hay más de una variedad de este crustáceo debido a su ubicación geográfica.

5. MARCO TEORICO.

5.1. Formación de quistes en las hembras de *Artemia franciscana*.

El ciclo de vida del género *Artemia* puede durar de 2 a 4 meses. La etapa en que se presenta la maduración sexual en sus individuos, va a depender principalmente de la temperatura del medio en que se encuentren. En temperaturas menores a los 25°C se obtendrá en 1 ó 2 meses, en temperaturas mayores a esta, puede darse en 2 semanas (Vinatea, 1999)

Las hembras adultas de *Artemia* producen sucesivos grupos de ovocitos ó huevos, siendo capaces de producir más de 200 cada 5 días, durante 1 mes (Vinatea, 1999). De cada ovario sale un oviducto que conduce los huevos al ovisaco ó útero, en donde, en caso de haber reproducción sexual serán fecundados los óvulos maduros (figura 1). En la reproducción partenogenética se da la reproducción amictica (Vinatea, 1999).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1. Aparato reproductivo de hembras maduras de *Artemia*

Los huevos fecundados, aún ubicados en el ovisaco, van teniendo una serie de procesos los cuales han sido descritos por autores como Anderson *et al.* (1970), quienes señalan que el destino de algunos grupos de huevos va a depender principalmente de la naturaleza y la cantidad de secreción que descarguen las glándulas de la cáscara en el útero; en el género *Artemia* las hembras, tiene tres pares de éstas glándulas, localizadas en la base del ovisaco ó útero ((figura 1), cada glándula tiene la apariencia de un racimo de uvas, con una abertura por donde a través de conductos se comunican con el interior del útero. Las glándulas de la cáscara están compuestas de numerosas unidades, cada una de las cuales

consisten de dos células grandes, cada célula con un núcleo con numerosos nucleólos, presentando un alto grado de poliploidía, mostrada también por una gran cantidad de cromatina (porción del núcleo de una célula que forma una red de fibrillas compuestas de ADN y proteínas). La descarga de la secreción dentro del útero, es un proceso gradual, que ocurre aproximadamente entre las 8 y 25 horas del ciclo (tabla 1).

Tabla 1. Principales eventos en el útero de hembras maduras de poblaciones bisexuales de *Artemia franciscana*, y la activación de las glándulas de la cáscara.

Horas (después de la muda y cópula).	Útero	Glándulas de la cáscara
0-4	Empieza la entrada de los óvulos provenientes de los oviductos. Los espermatozoides son depositados en la parte distal	El líquido secretado se mantiene en las glándulas
4-25	Continúa la entrada de los óvulos. Los espermatozoides inician la fertilización de los óvulos. Se forman los cuerpos polares y se inicia la división celular.	Las glándulas de la cáscara secretan el líquido que va a envolver a los huevos con una secreción y empieza la formación de la cáscara
25-30	La cáscara continúa formándose alrededor de los huevos	Disminuye la secreción en las glándulas.
30-36	Durante este período, la envoltura terciaria finaliza y se completan las envolturas en los huevos	Se detiene la secreción y se acumula en el citoplasma
36 horas-4 días	Los huevos enquistados pueden desarrollarse al estadio de gástrula, y otros que son los huevos ovovivíparos desarrollan un estadio naupliar	Las glándulas de la cáscara inician nuevamente la secreción del líquido que envolverá a los huevos que se enquistarán, acumulándose en el citoplasma
Dos horas después del 4º día	Se encuentran huevos enquistados y/o nauplios vivos. Se desprende la membrana uterino-cuticular, al mismo tiempo que se presenta la muda	Citoplasma lleno de la secreción Las glándulas están listas para otro proceso
Hora cero, el ciclo se detiene y vuelve a iniciarse		

Anderson *et al.* (1970)

La sustancia que segregan las glándulas de la cáscara, su composición química está relacionada con el hierro (Fe) llamada hematina, derivada de la hemoglobina, la cual recubre el huevo (probablemente como un resultado del constante movimiento del útero),

formando el corion de grosor irregular (6-8 μm de grosor), y se forma el huevo enquistado. Si la secreción es abundante, el quiste tiene un color pardo rojizo con diversas tonalidades dependiendo de las cepas. El quiste puede permanecer así largos períodos, deteniendo su desarrollo en etapa de gástrula (modo reproductivo ovíparo). Si la secreción es menos abundante se forma una membrana delgada que cubre un nauplio, el cual emerge a las pocas horas ó días, después de haber sido expulsados por la hembra (modo reproductivo ovovivíparo).

Comparando la descripción anterior referente a la vía que pueden seguir los ovocitos fecundados, Amat (1985), menciona que varios autores consideran que las hembras de *Artemia* forman 2 tipos de quistes: a) los que tienen una eclosión inmediata, con la aparición de los nauplios, poco después de haber sido expulsados por la hembra, y b) los que están en estado de criptobiosis o de diapausa, que no eclosionan hasta que son activados. Independientemente de quién describa el destino de los huevos, el destino ó vía que siguen se muestra en la figura 2

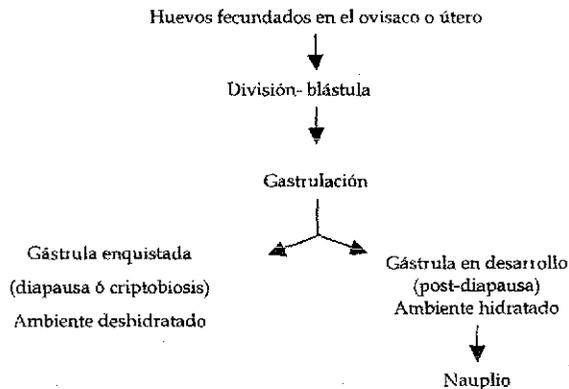


Figura 2. Destino de los huevos fertilizados de *Artemia franciscana*

Anderson *et al.* (1970), menciona que Ludwig en 1874 indicó, que la cobertura del huevo de *Artemia* era producida por la secreción de las glándulas de la cáscara a través, del trabajo en conjunto del retículo endoplásmico y el complejo de Golgi. Las glándulas

secretoras están formada principalmente de lipoproteínas, algunos carbohidratos que se sintetizan en el aparato de Golgi (Anderson *et al.* 1970).

El quiste tiene un peso aproximado entre 2.8 a 4.0 μg ; la constitución química esta dada básicamente por lipoproteínas (rica en tirosina), quitina y hematina, esta última va a dar la coloración a el corion (Berthélémy y Hedgecock (1987); Amat (1982b), señala que el diámetro de los quistes de *Artemia* varía entre 200 y 270 μm según la procedencia geográfica y, a la salinidad del medio en que fueron producidos.

5.2 Estructuras de la cáscara que envuelven al embrión enquistado de *Artemia*.

Formados los embriones enquistados, el interés ha sido conocer que estructuras se presentan cubriendo la etapa de desarrollo en diapausa. Las estructuras dentro del quiste (ultraestructuras) han sido descritas como menciona Khalaf *et al.* (1978) principalmente por Humphreys *et al.* (1967) y Morris y Afzelius (1968). Después las describe Anderson *et al.* (1970) y en 1985 Amat.

En el esquema propuesto por Khalaf *et al.* (1978), se ha ubicado las estructuras del quiste y determinado su espesor en micras (figura 3), pudiéndose distinguir que la cáscara está constituida de un corion externo (6-8 μm de grosor), que empieza a formarse alrededor del huevo después de la fertilización y la primera división celular, originándose una envoltura terciaria con estructura homogénea de espesor irregular a grueso quedando totalmente formada después de 30 a 36 horas de haber dado la fertilización; en el interior del corion se diferencian dos capas, una periférica que consiste de una membrana externa y una capa cortical (0.7 a 1.5 micras de espesor), recorrida por finos canaliculos que contienen aire que permiten la flotabilidad del quiste deshidratado; la segunda capa es denominada alveolar, compuesta de un patrón de unidades hexagonal (4 a 6 micras) conteniendo en su interior espacios o canaliculos orientados en sentido envolvente. Después de la envoltura terciaria hay una membrana cuticular externa (0.5 μm de grosor), la cual tiene tres capas, seguida de una cutícula embrionaria interna, que es aproximadamente 1.8-2.2 μm de grosor y uede estar dividida en una capa fibrosa superior con grosor de 1.6 micras y una membrana

cuticular inferior ó interna (0.5 micras de espesor). El embrión queda en fase de blástula tardía, constituida aproximadamente por 3000 a 4000 células, alcanzando poco después la fase de gástrula, protegidas por el espacio subcuticular (0.5 micras de espesor) y la membrana embrionaria interna (0.4 micras), permeable a moléculas de tamaño reducido como el oxígeno, bióxido de carbono, agua y amonio. La cutícula embrionaria no es sintetizada por el embrión en desarrollo hasta que se ha formado la envoltura terciaria.

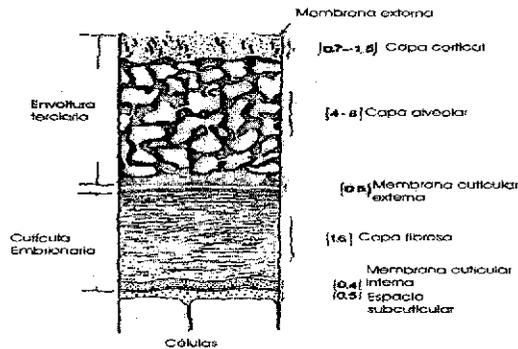


Figura 3 Estructuras (en micras) de la cáscara de un quiste de *Artemia franciscana* conteniendo en su interior la etapa embrionaria gástrula (células), en diapausa, según Khalaf *et al.* (1978).

5.3. Inducción a la oviparidad en *Artemia*.

La oviparidad para *Artemia* es descrita por Vinatea (1999), como un mecanismo de adaptación, responsable para la preservación de la especie debido a que en las estaciones más cálidas del año, cuando los cuerpos de agua hipersalinas se secan, los individuos adultos y en estadios inmaduros mueren. Cuando son recuperadas las condiciones ambientales que permitan hidratar los quistes, se obtendrá la eclosión de los nauplios, dándose una nueva población.

El proceso de la inducción de la oviparidad en poblaciones de *Artemia* es complejo,

controvertido, discutido y muy poco conocido (Amat *et al*, 1992 y Newmark 1992, citados en Vinatea, 1999) Para conocer cuales son los factores que inducen la activación de las glándulas de la cáscara, desde 1960 con los trabajos de Dutrieu, y recientemente con información que se proporciona Vinatea 1999, se establece la posibilidad de que el resultado dependa de ciertas combinaciones en las condiciones del medio. Según sea la salinidad, concentración de oxígeno, tipo y abundancia de alimentación (bacteriana, alga y presencia de clorofila), se pueden sintetizar cantidades distintas de hemoglobina, variando igualmente su incorporación a la elaboración de la sustancia base del corion de los huevos enquistados por parte de las glándulas de la cáscara. Menciona este autor que en otros trabajos, relacionan la formación del corion con la concentración del oxígeno en el medio, para oviparidad, 0-4 ppm y para ovoviviparidad 4-8 ppm ; también afirma que hay una relación de la hipoxia con la síntesis de hemoglobina, la excreción de la hematina y la activación de las glándulas de la cáscara, habiendo producción de quistes

Amat (1985), señala que la baja concentración de oxígeno y la acción de iones de Fe^{++} presentes en el medio, parecen inducir una acentuada producción de huevos quísticos. Aunque la elevada salinidad y proporcional baja tensión de oxígeno, pueden favorecer la producción de quistes. Otros parámetros pueden influir también, como son: el tipo de alimentación, la densidad de la población, la edad de la hembra y el origen de la población. Estudios hechos en España sobre factores que influyen en la formación de quiste, han mostrado que en la población heterosexual, un factor desencadenante del oviparismo es la ausencia del alimento y bajas temperaturas; y para el caso de la población partenogenética además de la ausencia del alimento, lo es la temperatura alta. También D'Agostino y Provasoli (1968), observaron que cuando se daban condiciones de ausencia de alimento en las poblaciones heterosexuales, se presentaba la ovoposición

Estudios hechos por Clegg (1962 1964, 1965, 1974) y Mc Dermott (1974), han explicado los procesos bioquímicos y fisiológicos de los carbohidratos en *Artemia*, a consecuencia de los efectos que produce la escasez de alimentos y señalan que las hembras adultas de *Artemia* almacenan glucógeno como material de reserva, que será empleado, durante el proceso de ovulación, cuando carecen de una alimentación adecuada. En las hembras mal

alimentadas, el glucógeno de reserva sufrirá una glucogenólisis con incorporación de glucosa a la hemolinfa, que será utilizada como fuente de energía por la propia hembra y como fuente de energía en las células nutritivas de los oocitos, en los oviductos. Por otro lado, los bajos niveles de glucógeno en las hembras, estimulan y ponen en marcha caminos biosintéticos alternativos, conducentes a la biosíntesis y almacenamiento de trealosa, que es un carbohidrato de reserva, propio de los estados de criptobiosis.

5.4. Activación del embrión enquistado de *Artemia*.

El corion protege al embrión, entre otras cosas de las radiaciones solares, le da al quiste flotación y permite su transportación por medio del viento y de los animales. Anderson *et al* (1970), indica que posiblemente la criptobiosis del embrión depende en algún grado, de la impermeabilidad de la cáscara del huevo. Otros factores investigados anteriormente, y que podrían involucrarse son la densidad, microestructura, ó composición química de las capas de la cáscara.

El corion presenta gran higroscopicidad, de tal forma que cuando esta ante un aire saturado de humedad, puede captar agua hasta un 200% de su peso, y se hidrata, proceso que reinicia el metabolismo del huevo. Su forma invaginada se transforma en esférica, pierde flotabilidad y se sedimenta o permanece en el agua (Amat, 1985). (figura 4).

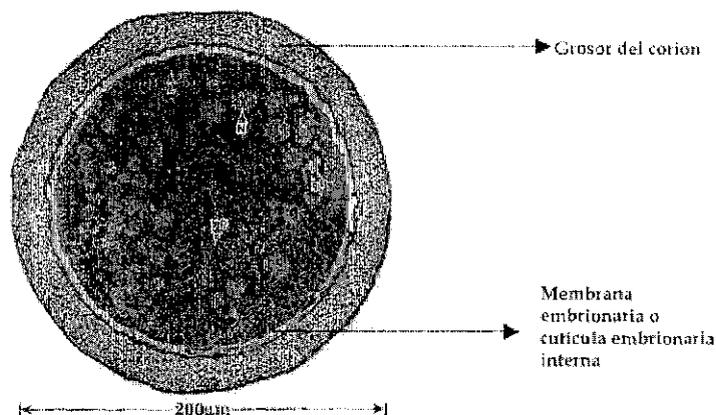


Figura 4. Esquema de un embrión enquistado, activado (post-diapausa) de *Artemia*. En el centro se distinguen los organelos activados (Clegg *et al.* 1999)

El embrión enquistado contiene reservas de carbohidratos constituidas por la trealosa (disacárido), que es la forma no reductora de la glucosa. Al hidratarse el quiste, se inicia el metabolismo de dicho glúcido, transformándose una parte en glucógeno, y el resto en glicerina, que se suma a la ya existente contenida en el embrión enquistado. La glicerina presenta una serie de propiedades fisicoquímicas que la convierten en un protector del embrión dentro del quiste. Es un buen disolvente, protector de la desnaturalización de las proteínas y enzimas por acción del pH y de temperaturas extremas, a concentraciones altas no presenta toxicidad, baja volatilidad a temperaturas ordinarias, buen anticongelante y antioxidante. El incremento de glicerina en el interior del quiste aumenta la presión osmótica interna, hasta el punto de originar la ruptura del corion y por consiguiente la salida del embrión protegido aún por la cutícula embrionaria. En pocas horas, se da la eclosión y el nauplio rompe la cáscara y nada libremente en el medio (Clegg, 1974).

Léger *et al.* (1986), mencionan que hay estudios donde se muestra el contenido energético de los diferentes estadios de desarrollo de *Artemia*; el quiste es el que conserva la mayor cantidad de energía potencial, la cual el embrión gasta al continuar su desarrollo y al

eclosionar al nauplio.

Abreu (1984), comenta que el valor nutritivo en las diferentes etapas de desarrollo de *Artemia*, cambia durante el crecimiento, como en el caso de nauplio a adulto, que el contenido de grasa se reduce de aproximadamente de 20% a menos de 10% mientras que el contenido de proteína aumenta de 42% a más del 60%. Los adultos, son ricos en aminoácidos y ácidos grasos poliinsaturados, esenciales para el crecimiento y desarrollo gonadal de sus depredadores.

6. ANTECEDENTES

6.1. Utilización de *Artemia* en la acuicultura.

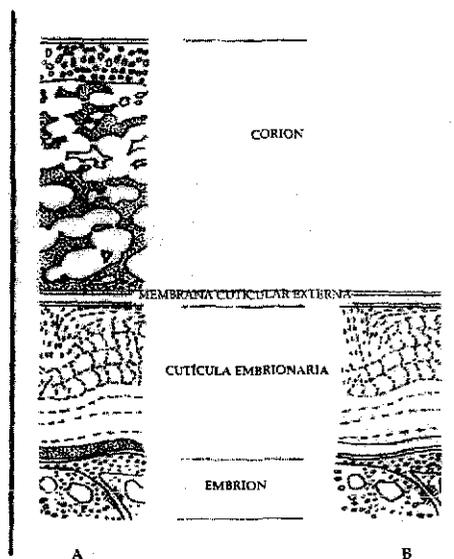
La importancia de *Artemia* en la acuicultura es reconocida desde los años 30 en EUA por Séale 1933, y en Noruega por Rollefsen 1939

Mediante una técnica sencilla de hidratación de los quistes de *Artemia*, se logra obtener en unas cuantas horas, la larva recién nacida ó eclosionada llamada nauplio, conteniendo reservas vitelinas como lípidos, carbohidratos y pigmentos (Vinatea, 1999). La calidad de estos nauplios varían entre lotes y poblaciones de *Artemia*. En 1977 Kinne menciona, que el uso de este crustáceo principalmente en etapa naupliar, es prácticamente insustituible en la larvicultura marina y dulceacuícola, ganando importancia a nivel mundial como alimento con un alto valor nutricional para diversos organismos marinos (Bardach *et al* 1986; Leal y Gelabert, 1986; Watanabe, 1987; López, 1998.; Vinatea, 1999; Gallardo, 2000).

Navarro (1992), resalta en base a otros autores, que en la década de los 70s, fue cuando se intensificó el uso de los quistes de *Artemia* y que se presentaron mortalidades masivas de larvas de diferentes especies de peces y crustáceos, cuando se emplearon como su único alimento nauplios de *Artemia* de determinadas regiones geográficas, al inicio de la comercialización de los quistes, la cepa cosechada en las salinas de la bahía de San Francisco, California, USA era la única y su producción resultó insuficiente para satisfacer la demanda; además la calidad de los quistes era variable debido a deficiencias en los procesos de colecta ó tratamiento de limpieza y almacenamiento. Posteriormente, se inició el aprovechamiento de las poblaciones del Gran Lago Salado de Utah, USA, y la del Lago Little Manitou, en Saskatchewan, Canadá.

En al década de los 80s, se intensificaron los trabajos de investigación sobre los contenidos de ácidos grasos y aminoácidos de las distintas cepas de *Artemia* (Fujita *et al*. 1980; Watanabe *et al*. 1980 y Léger *et al*. 1987a) Simultáneamente se establecieron criterios de eclosión que permitieron seleccionar a las poblaciones con mejor viabilidad y velocidad de emergencia (Sorgeloos *et al* 1986).

Los quistes descapsulados (liberados del corion) de *Artemia* (figura 5), se utilizaron para alimentar larvas de peces y crustáceos, ya que tienen la ventaja de que su tamaño es 50% menor que el del nauplio recién eclosionado; además de que en estos huevos, se elimina el corion y los microbios patógenos que pudieran llevar adheridos los quistes; por otra parte, estos huevos tienen más energía que los nauplios (de 30 a 40%), debido a que tienen la energía que se gasta en la eclosión del nauplio (Gallardo, 2000).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5. Posición de las membranas externas en el quiste de *Artemia* A) Sin descapsular. B) Descapsulado (Castro y Gallardo, 1993)

La *Artemia* adulta y juvenil también son utilizadas y se recomiendan en la alimentación de especies en etapas de desarrollo más avanzadas, debido a que contienen mayor cantidad de proteínas con los aminoácidos esenciales (Sorgeloos *et al.* 1986; Castro, 1993; Castro *et al.* 1994). *Artemia* adulta se consume viva, seca, liofilizada y congelada, aunque se ha demostrado que la mejor presentación es la *Artemia* viva, porque no provoca la descomposición del agua (Conklin *et al.* 1978).

En México, el estadio de desarrollo de *Artemia* que más se utiliza para la producción de postlarvas de camarón, es el nauplio. La *Artemia* adulta, se utiliza ampliamente en la acuafilia sobre todo en el Distrito Federal, que es donde esta más difundida esta actividad (Castro, 1993; Castro *et al.* 2000).

6.2. Distribución y características ecológicas de las poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*.

Las poblaciones de *Artemia* se encuentran distribuidas en zonas climáticas diversas de temperatura tropical, subtropical y continental, pero principalmente áridas, a lo largo del litoral ó bien en el interior de los continentes, algunas veces a varios kilómetros del mar (Vinatea, 1999).

La dinámica poblacional de los organismos zooplanctónicos, como *Artemia franciscana* se ve afectada, tanto por las interacciones biológicas, como por las condiciones abióticas del medio, donde habita, y los cambios estacionales del ambiente (Wear y Haslett 1987, citado en Castro *et al.* 1996). Lavens y Sorgeloo, (1991) y Tackaert y Sorgeloo (1991), señalan que la temperatura y la salinidad desempeñan un papel importante en el crecimiento y la sobrevivencia de *Artemia*, aún cuando es considerado un organismos eurihalino.

La ubicación y evolución geográfica del territorio mexicano, ha permitido la formación de cuerpos de agua con diferentes niveles de salinidad e intervalos de temperaturas. En una reciente revisión y análisis de las poblaciones mexicanas de *Artemia*, hecha por Castro *et al.* (2000), señalan diferentes ecosistemas donde se ha encontrado este crustáceo y se pueden distribuir en:

- **Aguas Epicontinentales** como 1. *Zona de Cuatro Ciénegas* que tiene aguas estacionales que brota de suelos altamente salinos, tienen altas cantidades de sulfatos. El fitoplancton que ahí se encuentra contiene *Chlorophyceae* (*Euglena* y *Chlorella*), *Cyanophyceae* (*Oscillatoria*, *Choococcus*, *Heliothrix*, *Chlorodesmus*, *Microcystis*), *Diatoms* (*Cocconeis*, *Aomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia*), *Phyrophyta* (*Protoperidinium*) 2. *Salinas de Hidalgo*, en San Luis Potosí en donde se extrae la sal a

partir de vasos evaporadores y modernos equipos de extracción del agua salada, la sal dominante es el cloruro de sodio. Por último 3. *Exlago de Texcoco, México*, aquí la población de *Artemia* fue introducida, su población originaria es de la Bahía de San Francisco (California, EUA). El agua tiene sales de cloruro de sodio, en una concentración de 5 g/l. El fitoplancton ahí presente es *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Nostoc* y *Ctenocladus*, *Nitzschia*, *Navicula* y *Amphora*

➤ **Aguas Costeras como 1. *Altamira, Tamauulipas*, cerca del Lago San Andrés**, esta cerca del Golfo de México y tiene una alta precipitación (100 mm por año) 2. *San Crisanto, Yucatán*, esta establecida su salina en la costa de Yucatán, desde Progreso a Dzilam de Bravo. El agua salada proviene del Caribe. 3. *Ejido de San José, Baja California*, es una marisma con aguas altamente saladas, provenientes de las costas del Pacífico. Es un sistema de lagunas, las cuales no tienen comunicación con el mar. 4. *Pichilingue, Baja California*, esta al final de la península en la costa del Golfo de California. El sitio es conocido como San Juan Nepomuceno y está completamente rodeado de dunas. 5. *Isla del Carmen, Baja California*, está en el Golfo de California. 6. *Yavaros, Sonora*, es una laguna costera situada en el Estado de Sonora en el Golfo de California, y se conecta al mar por un canal, a esta laguna se le conectan un grupo de salina. El fitoplancton presente es *Dunaliella*, *Nitzschia*, *N. Longissima*, *Oscillatoria*, *Anabbaenopsis*, *Navicula*, *Schoederia setigera*, *Amphora*, *Spirulina*. 7. *Bahía de Ceuta, Sinaloa*, en donde por el tipo de manejo del lugar llega a tener altos niveles de evaporación, incrementando la salinidad, favoreciendo el crecimiento de *Artemia*. 8. *En el Estado de Oaxaca*, desde Salina Cruz hasta Puerto Ángel, uno de estos lugares es "La Colorada", donde se ha encontrado a este microcrustáceo. El agua de mar viene por filtración. Durante la temporada de lluvia decrece la salinidad y los quistes de *Artemia* se cosechan. El fitoplancton dominante es *Dunaliella*

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Obtención de las muestras

Los quistes de *Artemia franciscana* utilizados, fueron obtenidos del banco de reserva de quistes a través del laboratorio "Alimento vivo para la Acuicultura", perteneciente al Departamento "El Hombre y su Ambiente", Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X).

Los quistes fueron colectados en diferentes zonas geográficas del país (tabla 2 y figura 6).

Tabla 2. Zonas de colecta de quistes de poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*

ZONA	ESTADO	SALINA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	REFERENCIA
AGUAS INTERIORES O EPICONTINENTALES	San Luis Potosí	"Salinas de Hidalgo"	22° 39' N 101° 43' W	Castro <i>et al.</i> 1989
	Coahuila	Cuatro Ciénegas	29° 36' N 99° 20' W	Castro <i>et al.</i> 1997
	Estado de México	Texcoco	19° 32' N 99° 00' W	Castro, 1993
COSTA DEL OCEANO PACIFICO	Oaxaca	Salina "La Colorada"	15° 33' N 95° 33' W	Castro <i>et al.</i> 1995
	Sonora	Salina "Tres Hermanos"	26° 40' N 109° 35' W	Castro <i>et al.</i> 1987
GOLFO DE MEXICO	Campeche	Salina "Real de las salinas"	20° 02' N 90° 25' W	Castro <i>et al.</i> (en prensa)



Figura 6. Ubicación geográfica de las salinas (●) donde se colectaron los quistes de *Artemia franciscana*, utilizada en este trabajo.

7.2. Técnica de descapsulación de quistes

Se hidrataron 30g de quistes de cada una de las poblaciones, durante 30 minutos; posteriormente fueron tratados con una solución de hipoclorito de sodio al 100% durante un periodo de 5 a 8 minutos, con el fin de retirar el corion. Los huevos descapsulados, fueron lavados y sumergidos por un minuto en una solución de tiosulfato de sodio al 0.1% y finalmente lavados (Castro y De Lara, 1991).

Los quistes y huevos descapsulados (liberados del corion), se pesaron en una balanza analítica (Sartorius-Modelo NOMI 3597), con escala de 0.0001g a 160g, para el análisis químico proximal. Para las muestras mayores a 1g peso seco, se utilizó una balanza granataria (Marca Ohaus) con capacidad de 2610g.

7.3. Medición de quistes y huevos descapsulados. (Morfometría)

Se hidrataron 0.5g de quistes durante una hora y se tomaron 100 muestras para determinar el diámetro con un microscopio estereoscópico a 40X, con ayuda de una reglilla micrométrica, adaptada en uno de sus oculares. Después se descapsularon y se midió el diámetro, del mismo modo antes descrito.

Para determinar el grosor del corion, se obtuvo a través de la siguiente ecuación (Castro y De Lara ,1991).

$$\text{Grosor del corion} = \frac{\theta Qh - \theta Qd}{2}$$

θQh = diámetro de quiste
 θQd = diámetro de quiste descapsulado

7.4. Análisis de Morfología

Para este análisis, se tomaron 0.5g de quistes y 0.5g de huevos descapsulados de cada población, las muestras se fijaron por inmersión en una solución de formaldehído al 3 %, en solución amortiguadora de fosfato de sodio a pH 6.3, durante 60 minutos y a 4° C. Transcurrido este tiempo, las muestras se lavaron tres veces con la solución amortiguadora antes mencionada, dando intervalos de 5 minutos entre cada lavado. La post-fijación se logró por inmersión en solución de hidrato de cloro al 3 % durante 30 minutos y a 4° C. Después, las muestras fueron lavadas tres veces con la solución amortiguadora y la deshidratación se alcanzó, con etanol-acetona en escala ascendente la concentración de la acetona, con un tiempo aproximado de 5 minutos en cada paso (Zalokar *et al.* 1971). Para el secado, las muestras se colocaron en una cámara de vacío, durante 24 horas aproximadamente. Posteriormente, las muestras fueron cubiertas con plata, utilizando un cubridor iónico a 18 mA de corriente, a una presión de 0.3 mbar, y con una exposición de 90 segundos. Finalmente, las observaciones fueron realizadas en un Microscopio Electrónico de Barrido (Hitachi S-2500), en el Laboratorio de Análisis Químico y Estructural de Materiales, de la Facultad de Ciencias en la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

7.5. Análisis Químicos

Los análisis químicos, fueron hechos en los laboratorios de Producción de Biológicos del Departamento de Sistemas Biológicos; en los laboratorios de Productos Lácteos y de Bromatología del Departamento de Producción Agrícola y Animal, en la UAM-Xochimilco.

Los quistes y los huevos descapsulados utilizados en las pruebas químicas, fueron secados utilizando lámparas de 60 watts, durante 24 horas y conservados a 8.0 °C hasta que fueron analizados

7.5.1. Determinación de proteína

Se aplicó el Método macro-Kjedhal, empleando 9.0 g peso seco de quistes y la misma cantidad de huevos descapsulados; en ambas casos se hicieron cinco repeticiones para cada población de *Artemia*. Las muestras se sometieron a digestión con H₂SO₄ concentrado y sulfato de cobre como catalizador, a temperatura de 80°C, hasta obtener un líquido color ambar. Las mezclas obtenidas, se destilaron y se obtuvo el amoniaco que se colectó en una solución de 3% de H₃BO₃ y posteriormente titulada con una solución de 0.1N de NaOH.

7.5.2. Determinación de carbohidratos totales

Se aplicó la Técnica de Dubois (1956), citada en Sandoval (1974), 1.0mg peso seco se utilizó por muestra de quistes y huevos descapsulados, con cinco repeticiones respectivamente. Cada muestra, se colocó en tubos de vidrio de 3.5X200 mm, y se añadió a cada uno 1ml de fenol al 5% y 5 ml de ácido sulfúrico. Después de haber obtenido el color ambar que se produce por la reacción, se determinó la concentración de carbohidratos totales en el fotocolorímetro Spectronic 20D a 500nm.

Para calcular la concentración de carbohidratos totales en las muestras de quistes y huevos descapsulados, se utilizó una solución patrón con sacarosa.

7.5.3. Determinación de lípidos totales.

La Técnica de Soxhlet (Rubinson y Rubinson, 1998) se utilizó para extracción de lípidos, en donde se utilizaron 100mg peso seco de quistes y huevos descapsulados de cada una de las poblaciones de *Artemia* estudiadas, se hicieron cinco repeticiones. Los solventes utilizados se ocuparon en el siguiente orden: hexano, cloroformo y acetona, de cada uno fueron 20 ml, durante 2 horas. Finalizada la extracción, las muestras se colocaron en un desecador con sílica gel con indicador, para evitar se impregnaran las muestras de humedad; transcurridas 10 horas, se registró el peso en cada muestra (siguiente ecuación), se determinó el porcentaje de lípidos.

$$\% \text{ de lípidos totales} = \frac{\text{Peso de la muestra final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

7.5.4. Determinación de aminoácidos

En el laboratorio de producción de biológicos, se empleó el analizador automático marca Beckman System Gold 6300, se aplicó la cromatografía de líquidos de alta presión en resina de intercambio catiónico, utilizando 2.0g peso seco de quistes y de huevos descapsulados de cada muestra, con tres repeticiones cada una.

7.5.5. Determinación de ácidos grasos esenciales

Para esta determinación por triplicado, primero se extrajeron los lípidos por la Técnica de Soxhlet (antes descrita), y se esterificaron los ácidos grasos por medio del ácido sulfúrico al 6% en metanol, y se calentó a temperatura entre 85°C y 90°C, añadiendo 1.5 ml de agua destilada y 2.0 ml de hexano. De la capa superior se extrajo 1 µL para inyectar en el cromatógrafo de gases Marca Perkin Elmer (Autosistem 9000) y columna polar Restek Stabilwax 30mX0.53mmX0.50µm, con fase de polietilenglicol; también se utilizó un integrador de áreas PENelson (Modelo 1022)

7.5.6. Determinación de cationes

Esta determinación sólo se hizo en quistes, utilizando 0.01g de quistes peso seco por muestra, se hicieron tres repeticiones, utilizando el Sistema de Espectrometría por Energía Dispersiva de Rayos X Energy Dispersive Spectrometry- EDS ó EDX-), marca Hitachi (Modelo S-2500).

7.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los diámetros de los quistes y huevos descapsulados de *Artemia franciscana*, fueron normales y hubo homogeneidad de varianza, por lo que la comparación entre los valores de las distintas poblaciones se hizo con ANOVA, el contraste entre las medias por la prueba de Tukey, en presencia de diferencias significativas será ($P < 0.001$). Los datos obtenidos de los análisis químicos no tuvieron homogeneidad de varianza, teniendo que emplear las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Newman-Keuls, en presencia de diferencias significativas será ($P < 0.05$) (Zar, 1999)

8. RESULTADOS

8.1. Morfometría de quistes y huevos

En la **tabla 3**, se presentan los resultados sobre la medición de quistes tratados por hidratación y liberados del corion, con el fin de conocer el grosor del mismo en seis poblaciones de *Artemia*.

Tabla 3. Análisis biométrico de quistes y huevos descapsulados

LUGAR	Quiste hidratado (μm)		Huevo descapsulado (μm)		Grosor del corion (μm)
	Diámetro	Desv. Est	Diámetro	Desv. Est	
AGUAS INTERIORES O EPICONTINENTALES					
Cuatro Ciénegas	230.8	20.54	221.0	33.56	4.90a
"Salinas de Hidalgo"	240.61	11.32	231.90	11.30	4.35a
Texcoco	234.8	1.58	224.8	11.3	5.0a
COSTAS DEL PACIFICO					
"Tres Hermanos"	214.2	19.3	199.2	15.9	7.5a
"La Colorada"	240.0	0.013	225.0	0.031	7.5b
GOLFO DE MEXICO					
"Real de las Salinas"	242.78	17.06	228.53	15.78	7.12a

Datos del grosor del corion con letra diferente significa poblaciones donde hay diferencias significativas ($P < 0.001$)

El análisis cualitativo de los datos relacionados con el grosor del corion muestra que, las población de *Artemia* de aguas epicontinentales, con excepción de Texcoco, son las que tienen un corion de menor grosor. El ANOVA muestra que la única población diferente, es la de la salina "La Colorada", Oaxaca

En el laboratorio la preparación que se hizo a las muestras con el fin de conocer su estructura a través del microscopio de barrido (aumentos 1X y 700X), permitió que se observaran con mayor detalle los quistes (**figura 5**), y los huevos descapsulados (**figura 6**). Las imágenes son de tres de las seis poblaciones de *Artemia franciscana* en estudio, ya que las otras imágenes de las poblaciones faltantes no se aprecian claramente pero no impidió distinguir semejanzas entre las poblaciones mexicanas y las reportadas en bibliografía. La imágenes de los huevos descapsulados muestran una membrana compuesta de células con formas geométricas de pentágonos y hexágonos que seguramente dan flexibilidad en el desarrollo del embrión.

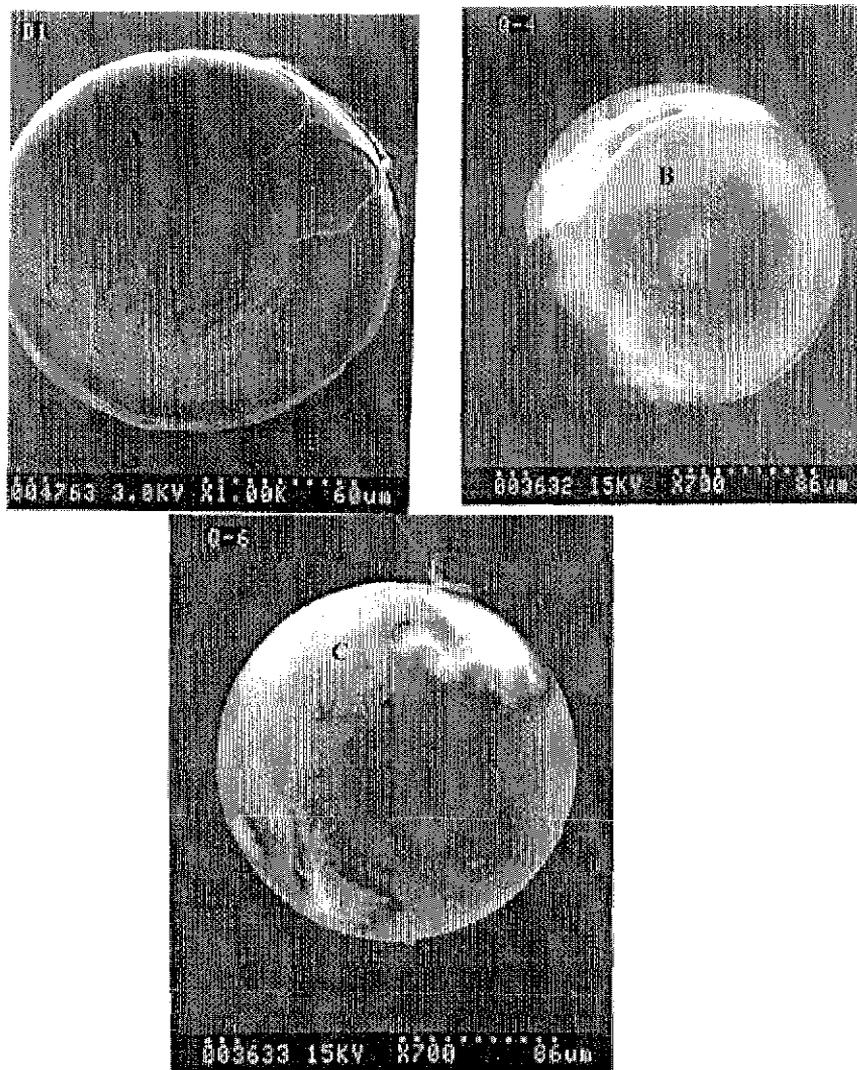


Figura7 Micrografía de quistes de las diferentes poblaciones de *Artemia* (A) "Real de Salinas", Campeche; (B) "Salinas de Hidalgo", San Luis Potosí; (C) "Tres Hermanos", Sonora.

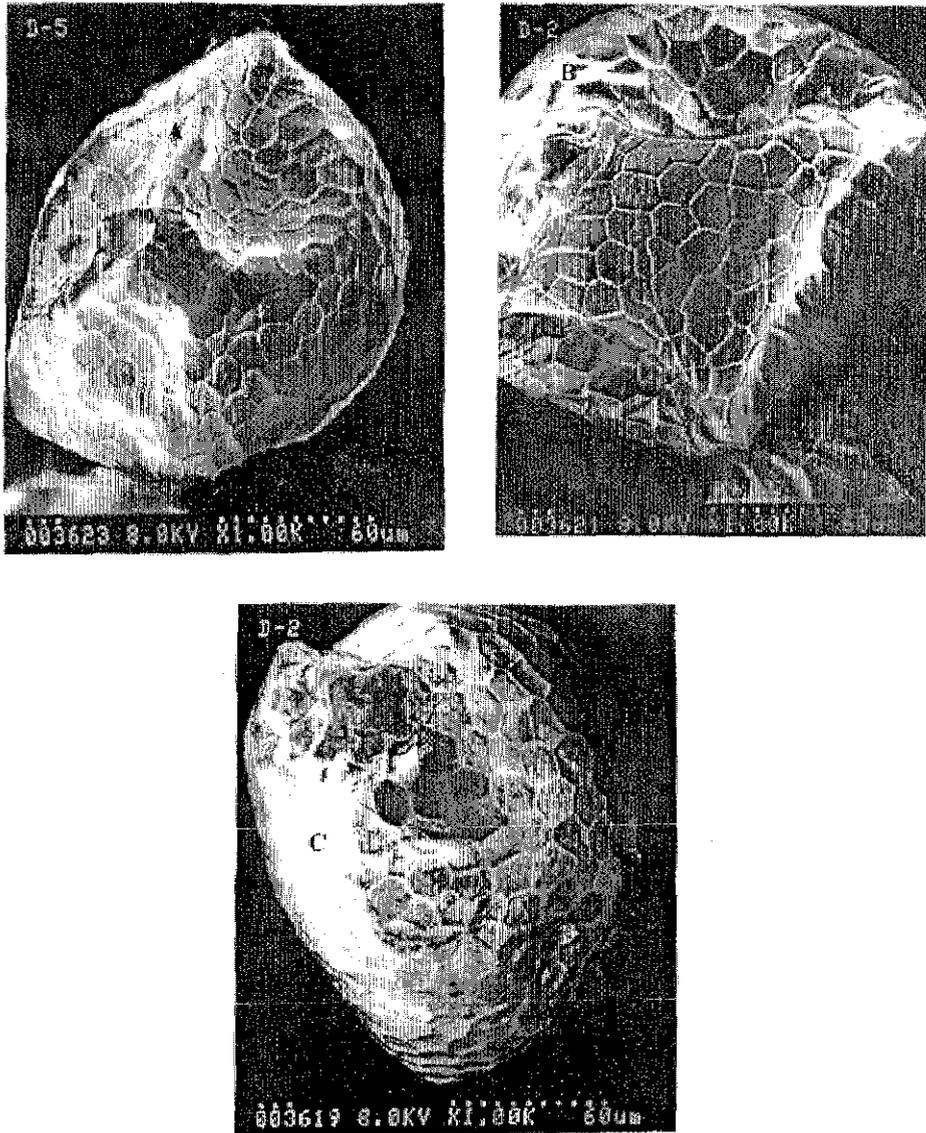


Figura 8. Micrografía de huevos descapsulados tres diferentes poblaciones de *Artemia* (A) "Real de Salinas", Campeche; (B) "Salinas de Hidalgo", San Luis Potosí; (C) Texcoco, Estado de México

8.2. Análisis de la composición química de quistes y huevos

8.2.1. Proteína, Carbohidratos y Lípidos

El análisis químico del contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos en quistes y huevos descapsulados, se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos promedio en quistes y huevos descapsulados de seis poblaciones de *Artemia franciscana*

LUGAR	PROTEÍNA 1g/100g muestra		CARBOHIDRATOS 1g/100g muestra		LÍPIDOS 1g/100g muestra	
	Quiste	Huevo Descapsulado	Quiste	Huevo Descapsulado	Quiste	Huevo Descapsulado
AGUAS EPICONTINEN TALES						
a Cuatro Ciénegas	bcd 0.480±0.0058	cf 0.456±0.0076	0.106±0.0011	bc 0.132±0.0080	bcd 0.010±0.0004	c 0.030±0.0031
b "Salinas de Hidalgo"	abcd 0.475±0.0089	cdf 0.456±0.0040	0.388±0.1811	a 0.286±0.1462	acd 0.009±0.0008	c 0.028±0.0017
c Texcoco	ab 0.560±0.0084	abde 0.526±0.0125	0.108±0.0022	ad 0.152±0.0071	abd 0.016±0.0022	abd 0.055±0.0107
COSTAS DEL PACIFICO						
d "Tres Hermanos"	ab 0.502±0.0313	bc 0.476±0.0084	0.098±0.0138	c 0.138±0.0201	abc 0.010±0	ce 0.032±0.0093
e "La Colorada"	f 0.488±0.0254	c 0.474±0.0076	0.098±0.0152	0.134±0.0152	0.010±0.0004	df 0.032±0.0017
GOLFO DE MÉXICO						
f "Real de las Salinas"	be 0.519±0.0214	be 0.498±0.0111	0.268±0.1632	e 0.146±0.0196	0.008±0.0017	e 0.032±0.0102

n=5

Se presenta (X±ES) en los promedios reportados

Las letras indican, entre que poblaciones hay diferencias significativas (P<0.05)

El análisis no paramétricos (Kruskal Wallis y Newman Keuls), con (P<0.05) indican que, con respecto a los quistes, existe diferencia en el contenido de proteínas, sin apreciarse una concentración de este nutriente, por lugar. En relación al contenido de carbohidratos totales sólo hubo diferencias entre las salinas de "La Colorada" y "Real de las Salinas".

En lípidos hubo diferencias entre las salinas de las aguas epicontinentales y, éstas con la salina de "Tres Hermanos", Sonora.

En el caso de los huevos descapsulados, el análisis no paramétrico indica en el contenido de proteínas, diferencias significativas ($P < 0.05$), principalmente de la población de Texcoco con todas las demás salinas. En carbohidratos mostró diferencias principalmente entre las salinas de las aguas epicontinentales y estas con la de "Tres Hermanos". En concentración de lípidos hubo diferencia principalmente entre huevos descapsulados de Texcoco y las otras dos salinas de la misma zona, y con la de los "Tres Hermanos"

Cabe resaltar que la presencia y ausencia del corion estadísticamente no presentaron diferencias ($P > 0.05$), considerando que la presencia de esta envoltura, no altera en gran medida el contenido de los diferentes nutrientes.

8.2.2. Aminoácidos

Los resultados sobre el análisis de aminoácidos de las diferentes poblaciones de *Artemia franciscana* (tabla 5), muestran que no hay presencia de cisteína, excepto en la población proveniente de "La Colorada", resaltando que todos presentan los aminoácidos esenciales. Existe una variabilidad notoria en el contenido de los diferentes aminoácidos ($P > 0.05$), indicando en la tabla las poblaciones entre las que no hay diferencia ($P < 0.05$).

Por otro lado, se observa una disminución notable en el contenido de aminoácidos esenciales, en huevos descapsulados (tabla 6). Esto indica que a pesar de que el contenido de proteína disminuye en poca medida, el aporte de aminoácidos se ve afectado considerablemente, indicando que la mayor cantidad de éstos es aportada por la cáscara ó corion la cual no contiene cisteína, pero al ser retirado el corion, la presencia de este aminoácido se registra en el huevo descapsulado, indicando en la tabla las poblaciones entre las que no hay diferencia ($P < 0.05$).

Tabla 5 Promedio de concentración de aminoácidos (mg/g), en quistes de seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*

LUGAR	AGUAS EPICONTINENTALES			COSTAS DEL PACIFICO		GOLFO DE MEXICO
	a Cuatro Ciénegas	b "Las Salinas de Hidalgo"	c Texcoco	d "Tres Hermanos"	e "La Colorada"	f "Real de las Salinas"
Ac. Aspartico	e 11.62±.1789	e 17.62±.0150	f 21.60±.0098	20.23±.0086	a b 15.32±.0069	c d 31.42±.0086
Treonina	e 5.09±.2655	e d 9.11±.0036	11.30±.0230	b 9.79±.0057	a b 7.02±.0069	b c 15.22±.0086
Serina	e 9.09±.0461	e d 17.87±.0652	20.73±.0178	b 17.67±.0271	a b 12.45±.0069	b c 25.23±.0034
Ac. Glutamico	e 13.66±.0750	e f 20.04±.0398	f 26.47±.0034	f 28.65±.0525	a b 14.58±.0219	b c,d 29.68±.0230
Glicina	e 9.01±.1443	e d 14.68±.0230	22.48±.0069	b 21.41±.0069	a b 12.59±.0352	b c 25.81±.0098
Alanina	e f 12.75±.1616	e f d 21.19±.0202	f 27.78±.0254	b f 25.97±.0334	a b 20.66±.0034	a b c d 26.67±.021
Cisteina	NR	NR	NR	NR	2.22±.0086	NR
Valina	e 5.39±.138	e f 7.85±.0202	f 8.61±.0098	f 12.01±.0098	a b 7.01±.0069	b c d 14.38±.0069
Metionina	1.27±.0998	d e f 2.54±.002	3.25±.0144	b 2.71±.0069	a b 2.11±.0086	b c 4.30±.0069
Isoleucina	e 3.49±.069	e f 4.86±.0086	5.12±.0069	f 7.13±.0088	a b 4.82±.0034	b c d 8.68±.0034
Leucina	e f 6.02±.0115	e f 10.22±.0034	f 12.29±.0323	12.98±.0282	a b 9.0±.0034	b c d 18.49±.0069
Tirosina	e 4.13±.0173	e f 11.02±.0167	12.68±.0415	a 6.0±.0034	a b 8.28±.0115	b c 19.36±.0057
Fenilalanina	c d e f 2.28±.0461	c d e f 3.99±.0057	a b d e f 4.85±.0098	a b c e f 5.0±.0034	a b c d f 5.74±.0.0	a b c d e 12.68±.0069
Histidina	e 0.96±.0034	e 5.26±.0098	3.82±.0034	9.32±.0086	a b 2.93±.0034	a c d 4.54±.0115
Lisina	e d 7.50±.0577	e d 11.54±.0115	18.73±.0086	15.68±.0057	a b 6.77±.0069	a c 20.79±.0069
Arginina	d e f 10.97±.0219	d e f 14.01±.0057	d e f 17.01±.0098	a b 22.91±.0098	a b 6.85±.0034	a b c 5.55±.0034

(n=3)

Se presenta (X± ES) en los promedios reportados

NR= No Registrado

Las letras indican, entre que poblaciones no hay diferencias significativas (P>0.05)

Tabla 6. Promedio de concentración de aminoácidos (mg/g), en huevos descapsulados de seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*

LUGAR	AGUAS EPICONTINENTALES			COSTAS DEL PACIFICO		GOLFO DE MEXICO
	a Cuatro Ciénegas	b "Las Salinas de Hidalgo"	c Texcoco	d "Tres Hermanos"	e "La Colorada"	f "Real de las Salinas"
Ac. Aspartico	d e f 0.49±.0034	ef 2.56±.0404	ef 0.76±.0386	a 1.09±.0030	a b c 1.75±.0069	a b c 1.11±.0819
Treonina	d e f 0.54±.002	ef 1.53±.0207	a 0.44±.0663	a 0.56±.0167	a b c 1.11±.0490	a b c 0.67±.032
Serina	c d f 0.53±.0034	ef 2.07±.0034	a f 0.67±.0034	a 0.89±.0230	b 1.63±.0577	a b c 0.91±.1050
Ac. Glutámico	c d f 0.47±.0184	ef 4.21±.0132	a 1.24±.0034	a 1.63±.0334	b 2.90±.0132	a b c 1.28±.0352
Glicina	c d f 0.60±.0132	ef 2.54±.0069	a 0.71±.0115	a 0.92±.0178	b 1.88±.0271	a b c 1.0±.0132
Alanina	c d f 1.0±.0086	ef 1.0±.0381	a 1.0±.0034	a 1.0±.0473	b 1.0±.0207	a b c 1.0±.1050
Cisteina	NR	ef 1.03±.0069	a 0.08±.0144	a 0.02±.0034	b 0.85±.0034	a b c NR
Valina	c d f 0.63±.0034	ef 1.59±.0034	a 0.41±.0132	a 0.63±.0034	b 1.0±.0069	a b c 0.65±.0230
Metionina	c d f 0.56±.0034	ef 0.28±.0069	a 0.12±.0167	a 0.19±.0069	b (0.27±.0259)	a b c 0.11±.0132
Isoleucina	c d f 0.52±.0265	ef 1.17±.0150	a 0.31±.0034	a 0.44±.0265	b 0.73±.0167	a b c 0.45±.0202
Leucina	c d f 0.57±.0207	ef 2.04±.0034	a 0.59±.0069	a 0.72±.0150	b 1.55±.0640	a b c 0.86±.0369
Tirosina	c d f 0.64±.0034	ef 0.65±.0034	a 0.32±.0334	a 0.40±.0034	b 1.22±.1252	a b c 0.52±.2829
Fenilalanina	c d f 0.58±.0034	ef 1.11±.0207	a 0.32±.0	a 0.36±.0034	b 0.91±.0057	a b c 0.53±.0098
Histidina	c d f 0.74±.0034	ef 0.42±.0098	a 0.13±.0121	NR	b 0.57±.0404	a b c 0.18±.0496
Lisina	c d f 0.54±.0184	ef 1.52±.0254	a 0.44±.0098	a 0.37±.0490	b 1.0±.0207	a b c 0.88±.2355
Arginina	c d f 0.32±.0288	ef 0.53±.0098	a 0.17±.0167	a 0.50±.1154	b 0.54±.0098	a b c 0.21±.0254

(n=3)

 Se presenta ($\bar{X} \pm ES$) en los promedios reportados

NR= No Registrado

 Las letras indican, entre que poblaciones no hay diferencias significativas ($P > 0.05$)

8.2.3. Ácidos Grasos

El contenido promedio de ácidos grasos de las diferentes poblaciones de *Artemia franciscana*, se observan en la tabla 7 y tabla 8, para quistes y huevos descapsulados. Los ácidos grasos presentes corresponden principalmente a estructuras hidrocarbonadas de tamaño C_{14} a C_{20} , con ácidos hasta de C_{22} , de tipo saturado e insaturado. Es notable la presencia de ácidos grasos con tres insaturaciones (poliinsaturados) y de tamaño C_{22} .

No se pudieron plantear comparaciones, ya que no se obtuvieron registros de los ácidos de manera homogénea.

Tabla 7. Contenido promedio (%) de ácidos grasos en quistes de seis poblaciones de *Artemia franciscana*.

LUGAR	AGUAS EPICONTINENTALES			COSTAS DEL PACIFICO		GOLFO DE MEXICO
	Cuatro Ciénegas	"Las Salinas de Hidalgo"	Texcoco	"Tres Hermanos"	"La Colorada"	"Real de las Salinas"
C8	NR	NR	NR	NR	NR	11.23±.2661
C14	17.01±.4139	NR	NR	NR	NR	NR
C15	NR	NR	21.96±.3902	NR	NR	NR
C16	62.86±.3169	32.78±.1166	19.84±.3296	34.84±.4601	36.88±.4543	17.48±.2245
C16:1	20.11±.4532	28.98±.5161	13.57±.2811	15.57±.3579	18.31±.3464	7.37±.7713
C17	NR	NR	NR	NR	NR	NR
C17:1	NR	NR	NR	NR	NR	5.85±.2066
C18	NR	NR	8.77±.2586	NR	NR	21.32±.2557
C18:1	NR	38.22±.1628	16.49±.3689	49.57±.2794	44.79±.1010	7.90±.1241
C18:2	NR	NR	NR	NR	NR	4.66±.2655
C18:3	NR	NR	10.63±.3100	NR	NR	NR
C20	NR	NR	8.70±.1974	NR	NR	NR
C20:4W6	NR	NR	NR	NR	NR	16.93±.1916
C22:6W3	NR	NR	NR	NR	NR	7.23±.1252

(n=3)

Se presenta ($\bar{x} \pm ES$) en los promedios reportados

NR= no registrado

En negritas los ácidos grasos de interés en la acuicultura

Tabla 8. Contenido promedio (%) de ácidos grasos en huevos descapsulados de seis poblaciones de *Artemia franciscana*

LUGAR	AGUAS INTERIORES			COSTAS DEL PACIFICO		GOLFO DE MEXICO
	Cuatro Ciénegas	"Las Salinas de Hidalgo"	Texcoco	"Tres Hermanos"	"La Colorada"	"Real de las Salinas"
Acidos Grasos (mg/ghuevos)						
C12	NR	9.20±.0040	NR	NR	NR	11.9±.4312
C14	0.218±.0040	33.40±.0080	4.40±.2090	2.82±0.0	5.59±.2973	1.57±.0109
C14:1	NR	5.78±.0213	NR	NR	NR	0.776±.0115
C15	0.836±.0294	6.85±.0184	NR	3.57±.0211	2.46±.0282	14.17±.1957
C16	24.96±.5582	21.41±0.0	3.19±.0321	13.16±.0692	8.90±.0623	19.58±.6166
C16:1	10.63±.0946	5.56±.0040	9.67±.3441	34.99±.4688	36.81±.4399	NR
C17	2.14±.1264	NR	3.61±0.0	4.68±.2199	NR	1.22±.1628
C17:1	NR	NR	NR	NR	NR	2.34±.2159
C18	14.90±.3874	13.27±.0427	4.59±.0346	12.26±.3279	13.04±.1859	6.80±.4809
C18:1	44.83±.3365	NR	5.74±.2344	2.14±.0554	2.60±.2632	17.96±.3417
C18:2	0.290±.0346	NR	5.15±.0929	17.08±.0161	20.66±.3059	5.80±.1374
C18:3	NR	NR	9.32±.1732	NR	NR	12.99±.1685
C20	0.484±.0109	NR	10.74±.0265	2.65±.0155	3.99±.0190	NR
C20:1	NR	NR	NR	2.23±.0144	1.92±.0375	NR
C20:2	NR	NR	5.22±.1252	NR	NR	NR
C20:3W6	NR	NR	4.43±.1304	NR	NR	NR
C20:4W6	NR	4.49±.1212	NR	NR	NR	NR
C20:5W3	0.254±.0277	NR	11.48±.1431	NR	NR	0.64±.0334
C22	0.193±.0040	NR	14.36±.0202	2.09±.0265	2.29±.0121	NR
C22:1W9	0.230±.0121	NR	NR	1.28±.0369	1.68±.1281	3.43±.3325
C22:6W3	NR	NR	7.31±.4041	NR	NR	1.48±.0427

(n=3)

Se presenta (X± ES) en los promedios reportados

NR= No Registrado

En negritas los ácidos grasos de interés en la acuicultura

Es notable, que existe el mismo comportamiento protector del corion como lo fue con los aminoácidos, ya que se registraron más ácidos grasos principalmente, de importancia en la

nutrición acuícola en huevos descapsulados con respecto al quiste (tabla 7 y 8), siendo las poblaciones provenientes de Texcoco y "Real de las Salinas", las que más ácidos registraron

8.2.4. Cationes

El contenido de cationes de las muestras de *Artemia* se presentan en la tabla 9, y se reportan solo los contenidos correspondientes a los quistes, ya que es en la cáscara donde se depositan estas sales.

Tabla 9 Contenido promedio (%) de cationes en quistes de seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana*

LUGAR	AGUAS INTERIORES			COSTAS DEL PACIFICO		GOLFO DE MÉXICO
	a Cuatro Ciénegas	b "Las Salinas de Hidalgo"	c Texcoco	d "Tres Hermanos"	e "La Colorada"	
Sodio (Na)	b c d 10.70± 4.28	a c d 27.71± 1.51	a b e 55.83± 6.31	a b e f 53.59± 1.76	c d 11.87± 3.70	d 50.84± 2.25
Magnesio (Mg)	6.75± 2.48	c d 7.02± 2.81	b d 9.84± 9.12	b c e 3.06± 7.67	d f 12.20± 2.50	e 3.03± 6.46
Aluminio (Al)	b c 27.49± 9.90	a d e 2.08± 5.19	a d e 1.36± 2.71	b c 6.88± 1.32	b c f 14.78± 6.76	e 5.20± 1.01
Silice (Si)	b c 16.14± 3.88	a c 5.80± 3.50	a b d e 1.93± 5.08	c 8.56± 4.56	c f 8.00± 1.13	e 4.48± 9.58
Fósforo (P)	b c 3.05± 3.98	a c e 1.11± 1.55	a b d e 0.63± 2.88	c e 1.70± 5.13	b c d f 23.00± 9.24	e 1.16± 4.67
Azufre (S)	b c 28.83± 5.86	a c (24.34± 4.37)	a b d f 16.48± .74	c f 21.65± 1.57	f 21.17± 1.28	c d e 28.51± 1.41
Potasio (K)	b c 0.98± .508	a d 3.25± .623	a d e f 4.38± 1.35	b c e 1.61± .305	c d f 3.01± 1.01	c e 1.72± .352
Calcio (Ca)	b c 3.29± .427	a d e 9.08± 2.33	a d e 6.99± 1.56	b c f 2.91± .715	b c f 3.62± .646	d e 5.03± .329
Hierro (Fe)	b 2.73± 2.73	a c 9.01± 3.79	b 2.51± .889	NR	2.31± 1.18	NR
Manganeso (Mn)	NR	10.54± 4.57	NR	NR	NR	NR

(n=3)

Se presenta (X± ES) en los promedios reportados

NR= No Registrado

Las letras indican, entre que poblaciones hay diferencias significativas (P<0.05)

La presencia de cationes en el corion esta relacionada con el lugar de procedencia de las muestras de *Artemia franciscana*, azufre en el caso de "Cuatro Ciénegas" y de sodio en la de Texcoco, "Tres Hermanos" y "Real de las Salinas", lo cual corresponde a los diferentes hábitat reportados por Castro *et al.* (2000).

Las salinas epicontinentales principalmente mostraron diferencias entre ellas, y con la de "Tres Hermanos"; "Real de Campeche"; fue con la que no mostraron diferencias ($P > 0.05$), excepto Texcoco en el catión potasio. La salina Texcoco fue la salina que más diferencias tuvo con respecto a las otras salinas. La salina "Real de Campeche", fue la que menos diferencias tuvo con las otras salinas.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Un aspecto en los quistes de *Artemia* es el grosor del corion, el cual se forma en respuesta a varios aspectos de adaptación de las hembras a su ambiente. Los quistes de las poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* utilizados en este estudio, colectados en las Costas del Pacífico y el Golfo de México, presentaron el grosor del corion (7.12 y 7.5 μm), reportado para este crustáceo (6 a 8 μm), por algunos autores como Khalaf *et al.* (1978) y Amat, 1985. Los quistes de las poblaciones de las aguas epicontinentales quedaron por debajo del intervalo (4.35 a 5.0 μm), lo que indica posiblemente que el grosor de los quistes de las poblaciones mexicanas respondan a aspectos físicos y químicos del ambiente, ya que en el caso de la población de Texcoco, los quistes se obtuvieron de un cultivo controlado, inclusive la alimentación, teniendo un grosor fue de 5.0 μm . Estadísticamente la población de la salina "La Colorada", de Oaxaca, fue la que mostró diferencia en el grosor del corion con el resto de las poblaciones, posiblemente es una población sometida a permanentes cambios drásticos del ambiente.

Un corion grueso, da al uso de los quistes de *Artemia* dificultad al tratar de obtener los nauplios, ya que la activación del desarrollo de los embriones requiere más tiempo, no disponiendo de manera inmediata, del alimento para los animales en cultivo. Anderson *et al.* (1970) indica la posibilidad que la criptobiosis del embrión depende de la impermeabilidad del corion. La técnica de descapsulación es una alternativa para retirar el corion y obtener los nauplios en menos tiempo.

Hoy en día, aunque se han hecho estudios acerca de la formación del quiste, aún falta bastante para llegar a conocer los factores que intervienen en la parte bioquímica para que la glándula de la cáscara se active y secrete la sustancia que enquiste al embrión. Vinatea (1999), señala que en los últimos años se ha reducido la producción de quistes en el medio natural, de tal manera que este autor postula como una hipótesis que <la constante extracción de quistes para su comercialización ha provocado en estas poblaciones algún tipo de selección artificial, tornándose a ser una población ovovivípera>. Por otra parte están los trabajos recientes de Clegg *et al.* (1999), y Clegg *et al.* (2000), donde mencionan

que el enquistamiento de los embriones del crustáceo *Artemia*, puede deberse a la ausencia de la proteína α -proteína cristalina (p26), la cual no está en el núcleo de los embriones enquistados.

Considerando que el enquistamiento es parte de la estrategia de invertebrados como *Artemia* a su medio ambiente, se argumentaba en este trabajo la posibilidad de que las imágenes (fotografías de barrido) de los quistes por una parte, y de los huevos descapsulados por otra, mostrarían particularidades dadas por su ubicación geográfica, no siendo así, ya que entre las fotografías no se visualizan diferencias.

La estructura del huevo, después de retirar el corion, es semejante a la que muestran otros artrópodos, como son algunos insectos terrestres. La membrana que los envuelve está compuesta por yuxtaposiciones de polígonos con formas pentagonales y hexagonales, algunas estructuras irregulares por la tensión que se ejerce en la construcción del corion (Valiente *et al.* 2001). Wentworth (1968), comenta que este conjunto de formas geométricas se presentan como parte de esqueletos de diferentes radiolarios, ó en paredes internas de cáscaras muertas de algunos protozoarios como los Rhizopoda de aguas dulces de Norte América, en donde la forma de malla permite la adsorción de sustancias orgánicas e inorgánicas y de algunos gases disueltos en el agua o presentes en la atmósfera y que la tensión que establecen estas estructuras en su conjunto es tan fuerte como la de una colmena, pero también es flexible. Este autor al igual que Kanaseki y Kadota (1969) estos últimos citados en Valiente *et al.* (2001), mencionan, que si hubiera sólo la presencia de hexágonos, éstos no podrían matemáticamente cerrarse en forma de una esfera, pero al combinarse con pentágonos, permiten tomar formas redondas. Las yuxtaposiciones de los polígonos en la membrana seguramente, permite el paso de moléculas activadoras del desarrollo embrionario detenido; estas moléculas de tamaño reducido son las de oxígeno, bióxido de carbono, agua y amonio como lo menciona Amat (1985), quién denomina a esta membrana como embrionaria interna. Las estructuras poliédricas de pentágonos y hexágonos ofrecen estabilidad energética frente a cualquier otra (Henser, 1980 citado en Valiente *et al.* 2001)

La disponibilidad de alimento para las poblaciones de *Artemia*, es otro de los aspectos que la literatura considera que interviene en la presencia de oviparidad en las hembras, así también la caracterización del contenido bioquímico de los quistes y de los huevos descapsulados, permite tener referencia para decidir la selección de la población que cubra los requerimientos de las especies acuáticas en cultivo

Las poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* ocupadas en este estudio, mostraron en promedio de proteína, que los embriones enquistados tienen ligeramente más concentración de proteína que los huevos descapsulados, esto por la presencia del corion, el cual como lo menciona Sorgeloos *et al.* (1986), contiene lipoproteínas, quitina, y hematina, haciendo mayor su contenido en proteína al determinarla como nitrógeno proteico. Es importante señalar que la salina de Texcoco tanto para quiste como para huevo descapsulado tuvo la mayor concentración de proteína (0.56 y 0.52 g/100g, respectivamente); esta población estuvo bajo condiciones de cultivo, alimentada con alga *Spirulina*, quien le confiere un mejor crecimiento y cantidad de proteína (Léger *et al.* 1986); por lo que la salina de Texcoco, presentó principalmente diferencias con las otras salinas de origen epicontinental.

Con respecto al contenido de carbohidratos y lípidos, el contenido de ambos nutrientes, fue mayor en los huevos descapsulados que en los quistes con excepción de las poblaciones "Salinas de Hidalgo" y "Real de las salinas", quienes tuvieron menor su concentración de carbohidratos en los huevos descapsulados", esto podría deberse a que el corion de los quistes resiste los solventes utilizados y no permite la determinación de ellos; en los huevos descapsulados se observa lo contrario y porque al quedar libres de la cáscara estos nutrientes se encuentran en las membranas que cubren al embrión. García (1999), muestra valores de lípidos parecidos a los obtenidos en este trabajo, sin embargo, él registra el mayor valor en los quistes, probablemente en la técnica que siguió García (1999), se utilizó algún reactivo que modificara los valores, aunque señala que las diferencias no alteran la composición bioquímica de ambas etapas.

Comparando los valores de los carbohidratos y lípidos entre las poblaciones estudiadas, la de Texcoco presentó valores en algunos casos, mayores de ambos nutrientes en quistes y huevos descapsulados, seguida de la población silvestre de Campeche. La población de San Luis Potosí fue la que registró valores menores. Con esta información puede decirse que la variación de los contenidos de estos nutrientes está más relacionada con su origen geográfico que entre el quiste y el huevo descapsulado, lo que está de acuerdo con Sorgeloos *et al.* (1986); Navarro (1993) y García (1999).

En lo que se refiere al perfil de aminoácidos se pudo observar que en los quistes de las diferentes poblaciones, destaca la ausencia de cisteína, excepto en la población de Oaxaca. En los huevos descapsulados sí hay presencia de este aminoácido, con excepción de las poblaciones de Campeche y Cuatro Ciénegas. Este aminoácido se considera precursor de la metionina, que junto con arginina, valina, treonina, isoleucina, leucina, lisina, histidina, fenilalanina y triptofano son esenciales para el desarrollo de crustáceos (Kanazawa, 1983).

Puede decirse, en base a las pruebas estadísticas aplicadas que cada población mostró diferencias específicas según el aminoácido a evaluar, no pudiendo observarse un patrón de aminoácidos para quistes, ni para huevos descapsulados. Bajo este criterio no pudo encontrarse algún otro tipo de asociaciones entre las poblaciones, suponiendo que el factor ambiental de cada temporada de colecta también está jugando un papel importante en las características bioquímicas de los quistes y huevos descapsulados (Amat, 1985; Sorgeloos *et al.* 1986; Navarro, 1993).

Con respecto al perfil de ácidos grasos, los huevos descapsulados, mostraron mayor número de ácidos, que los quistes. Posiblemente se debe a la técnica de extracción de lípidos y a la metanolización que se aplicó y que no identifica en el cromatógrafo de gases, la totalidad de los ácidos grasos. Con los ácidos grasos reportados se puede observar que en los huevos descapsulados todas las poblaciones presentan los ácidos grasos más importantes como son 16:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:4w6, 20:5w3 y 22:6w3 (Navarro, 1993).

Kanazawa *et al.* (1979), señalan cuatro ácidos grasos considerados como esenciales para crustáceos y peces que son linoleico (18:2n6), linolénico (18:3n3), eicosapentaenoico (20:5n3) y docosahexaenoico (22:6n3), estos dos últimos principalmente para crustáceos. Es importante mencionar que el ácido graso poliinsaturado araquidónico (20:4w6) es precursor de las prostaglandinas y otras moléculas como por ejemplo prostaciclina, trombotanos y leucotrienos que tienen vida corta, y actúan como mensajeros y hormonas locales y lo contienen los quistes de Campeche y los huevos descapsulados de San Luis Potosí. Los quistes y los huevos descapsulados con 20:5n3 y 22:6n3, incrementan la sobrevivencia y la ganancia de peso de quien los consume (Castro, 1993). Zandee (1966), opina que los ácidos grasos son menos importantes que los aminoácidos para la formación de reserva en crustáceos.

En relación a los cationes determinados en los quistes, permite conocer las características del medio en que los quistes están, y poder asociarlo con los tipos de nutrientes como nitratos y fosfatos que participan en la nutrición de *Artemia*. También el conocer los cationes en el medio en que habita este crustáceo, permite planear el manejo de los quistes y preservar la población. Los cationes dominantes en las aguas interiores fueron para el caso de Coahuila el azufre, ya que este cuerpo de agua principalmente es de agua sulfatada como lo reportan Castro *et al.* (1997); para San Luis Potosí el sodio y el azufre fueron los cationes principales; en Texcoco fue el sodio el componente principal. En las poblaciones de la Costa del Pacífico, Yavaros tuvo al sodio como catión principal; y para el caso de Oaxaca, el fósforo y el azufre fueron los dominantes, probablemente la presencia del fósforo puede ser un indicador de contaminación en esta zona, dato que deberá de considerarse según el destino que se le den a los quistes que ahí se colecten. En la zona de Campeche, dominó el sodio, seguido de el azufre.

Por otra parte, es recomendable realizar estudios sobre el manejo de los quistes desde la colecta, lavado, deshidratación, secado, almacenamiento y técnicas adecuadas de eclosión para tener un óptimo porcentaje de eclosión y nauplios con mejor calidad nutritiva.

La información obtenida a través de este estudio de la estructura y la composición química de los quistes y de los huevos descapsulados de *Artemia*, permite conocer aspectos que influyen en la selección de poblaciones de este crustáceo, según el requerimiento nutricional y de tamaño de sus depredadores. Así también se obtienen conocimientos de cómo inducir la producción de quistes en la población, que garantizan el conservar el recurso de manera inerte y disponer de él en el momento que se requiere, considerando ó mejorando sus deficiencias nutricionales que cubran los requerimientos de sus depredadores. Indudablemente se requiere mayor número de estudios sobre todo el perfeccionamiento de técnicas que den mayor precisión a los análisis bioquímicos, así como estudios embrionarios cuando esta en diapausa ó se activa su desarrollo.

10. CONCLUSIONES

El grosor del corion de los quistes de las poblaciones de *Artemia* utilizadas en este estudio, es un indicador del origen geográfico, ya que pudo diferenciarse como quistes de menor grosor a los de las aguas epicontinentales.

Los quistes y los huevos descapsulados de las seis poblaciones mexicanas de *Artemia franciscana* (respectivamente), no mostraron en apariencia de estructura diferentes, por pertenecer a regiones diferentes.

Los huevos descapsulados de *Artemia franciscana* tienen una membrana embrionaria con estructuras poligonales (pentágonos y hexágonos), permitiendo la entrada de moléculas que provocan la activación del embrión y le permite flexibilidad a su desarrollo

La concentración de proteína, carbohidratos, lípidos, aminoácidos y ácidos grasos de este estudio, no permiten establecer un patrón característico por zona geográfica, considerando que las características de clima y alimentación son variables en cada lugar, aún en la misma zona y época del año

Los quistes y huevos descapsulados originarios de Texcoco y los de Campeche, mostraron los valores mas altos en todos los nutrientes evaluados.

La composición de cationes presente en el corion de los quistes de *Artemia*, indicó el origen del agua hipersalina de donde provienen.

10. REFERENCIAS

Abreu, Grobois, F.A. 1984. Perspectivas para el aprovechamiento de *Artemia* en la acuicultura nacional Reunión Nacional de Investigación y Tecnología Pesquera 1-13.

Amat, F. 1982b. Diferenciación y distribución de las poblaciones de *Artemia* de España. IV Biometría de quistes y nauplios. *Investigaciones Pesquera*, 46(1): 55-62.

Amat, F. 1985. Biología de *Artemia*. Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras Torre de la Sal, España. 126-127: 3-60.

Anderson, E.; Lochhead, J. H.; Lochhead, M. S. y Huebner, E. 1970. The origin and structure of the tertiary envelope in thick-shelled eggs of the brine shrimp *Artemia*. *J. Ultraestructura Research* 32: 497-525.

Bardach, J.E.; Ryther, J.H. y Mc Larney, W.O. 1986. Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce A.G.T. Editor. México 741p.

Berthélémy, O.N.J. y Hedgecock, D. 1987. Effect of environmental factors on cyst formation in the brine shrimp *Artemia*. *Artemia Research and its Applications Vol.3 Ecology. Culturing. Use in aquaculture*. P. Sorgeloo, D.A. Bengston, W. Decler, and E. Jaspers (Eds.) Universa Press, Wetteren, Belgium 167-182.

Cámara, M. 1996. *Artemia* no Brasil: em busca de um modelo auto-sustentável de produção. *Panorama da Aquicultura*, v 6, n.36, julho/agosto, Rio de Janeiro. 16-19.

Castro, B.T.; Sánchez, R.L. y De Lara A.R. 1987. Natural source of brine shrimp (*Artemia*) in México 153-160. En Sorgeloo, P.; Bengston, D.; Decler, W. Y Jaspers, E. (Eds.) *Artemia Research and its applications. Vol.3 Ecology. Culturing. Use in Aquaculture*. Universa Press, Wetteren, Bélgica.

Castro, G.; Castro, J.; De Lara, R.; Gallardo, C.; Salazar, I. y Sánchez, B. 1989. Características Biométricas generales, modo de Reproducción y Aislamiento reproductivo de la población silvestre de *Artemia* sp. de las salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. Rev. Lat. Actú. Lima-Perú., 39: 18-25.

Castro, M. J. y R. De Lara (compiladores) 1991. Manual de técnicas para el manejo de quistes de *Artemia* sp. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. CBS. México, 47p.

Castro B.T. y Gallardo R. C. 1993. *Artemia* sp Cuadernos CBS, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, D.F.54p.

Castro, B.T. 1993. Biología y cultivo de *Artemia franciscana* en el Ex-Lago de Texcoco, Ecatepec, Edo. De México. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias. UNAM, D.F México 72p.

Castro, B.T.; Castro. M. J.; Gallardo R. C. y Malpica S. A. 1994. Planificación de un cultivo de *Artemia* Rev. Ocean. Dir. Educ. Cienc. y Tec. Año 2. Vol. 1 No. 3:69-85. México.

Castro, M.J.; Malpica, S.A.; Rodríguez, G.I.; Castro, B.T. y De Lara, A.R. 1995. Análisis morfométrico de *Artemia* sp. En la salina "La Colorada", Oaxaca, México. Rev. Ocean Dir. Educ. Cienc. y Tec. Año 3. Vol.2. No.6:117-128. México

Castro, M.G.; Castro, M.J.; Malpica S.A.; De Lara A.R. y Castro B.T. 1996. Aspectos del comportamiento biológico de *Artemia franciscana* de la población de Yavaros, Sonora cultivada a diferentes salinidades. Rev. Ocean. Dir. Educ. Cienc. y Tec. Año 4. Vol. 4 No 12: 7-13. México.

Castro, B.T.; Castro, G.; Castro, J.; Malpica, A. y De Lara, R. 1997. Características morfométricas y calidad de los quistes de *Artemia* sp. (Círustacea: Anostraca), habitante de aguas sulfatadas de Coahuila, México. Ciencias Marinas 23 (4):491-503

Castro, T.; Malpica, A.; Castro, J.; Castro, G. y De Lara, R. 2000. Environmental and biological characteristics of *Artemia* ecosystems in Mexico: An updated review In: M Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley (Eds) Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. 191-201. Ecovision World Monograph Series, The Netherlands.

Clegg, J.S. 1962. Free glycerol in dormant cysts of the brine shrimp, *Artemia salina*, and its disappearance during development. Biol. Bull. 123:295-301

Clegg, J.S. 1964. The control of emergence and metabolism by external osmotic pressure and the role of free glycerol in developing cysts of *Artemia salina*. J. exp. Biol. 41:879-892.

Clegg, J.S. 1965. The origin of trehalose and its significance during the formation of encysted dormant embryos of *Artemia salina* Comp Biochem Physiol. 14:135-143.

Clegg, J.S. 1974. Biochemical adaptations associated with the embryonic dormancy of *Artemia salina*. Trans Amer. Micros Soc. 93(4): 481-490

Clegg, J.S.; Willsie, J.K. and Jackson, S.A. 1999. Adaptive significance of a small heat shock/ α -crystallin protein (p26) in encysted embryos of the brine shrimp, *Artemia franciscana*. Amer. Zool. 39:836-847.

Clegg, J.S.; Jackson, S.A. and Popov V. I. 2000. Long-term anoxia in encysted embryos of the crustacean, *Artemia franciscana*: viability, ultraestructura, and stress proteins. Cell Tissue Res (2000) 301:433-446.

Conklin, D.E.; Goldblat M.J. y Bordner, C.E. 1978. Artificial diets for the lobster *Homarus americanus*: a reevaluation. 243-250. En Procc. 9th. Ann Meeting World Mariculture. Soc.

Correa.Sandoval, F.; Bucle Ramírez I.F. y Voltolina Lobina D. 1993. The biochemical composition of the cysts of some mexican populations of *Artemia franciscana* Kellogg (1906) Comp Biochem. Physiol Vol. 104B, No.1: 163-167. Printed in Great Britain

Correa Sandoval F.; Sánchez Máchez R.; Alvarez Z. y Rodríguez Cortés D. (Compiladores) 2000. Localización, caracterización y uso de *Artemia* en la acuicultura. 11-14. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Subprograma II: Acuicultura. Univ. Aut. Baja Calif. México. 387p.

D' Agostino. A. S. y Provasoli L. 1968 effects of salinity and nutrients on mono and diaxenic cultures of two strains of *Artemia salina*. Boil. Bull. 134 (1): 1-14.

Fujita, S.; Watanabe, T.; Kitajima, G. 1980 Nutritional quality of *Artemia* from different localities as a living feed for marine fish from the viewpoint of essential fatty acids: 277-290. In The brine shrimp *Artemia* Vol 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Eds Persoone, G.; Sorgeloos P. Sorgeloos; Roels. O; Jaspers. E. Universa Press Belgium. 428p.

Gallardo Espinosa P. P. 2000. Aspectos nutrimentales y fisiológicos de larvas del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* (Linneo, 1767): esquema de alimentación Tesis de Maestría en Ciencia (Biología).. Div. de Estudios de Posgrado Facultad de Ciencias UNAM. 53p.

García-Ortega, A ; Verreth, J., Coutteau, P ; Segner, H ; Huisman, E A y Sorgeloos, P 1998. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cyst and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stage. Aquaculture 161: 501-504

García-Ortega, A. 1999. Nutritional value of decapsulated cyst of *Artemia* and their use as protein source in experimental microdiets for fish larvae Thesis Wageningen University. 146p.

García ; Verreth, J.; Vermis; Nelis, J. y Sorgeloos. 2000. New methodology for the quantification of *Artemia* uptake in larval fish nutrition studies. Submitted to Can.J Fish. Aquat. Sci.

Gozalbo, A. y Amat, F. 1988. Composición bioquímica de biomasa silvestre de *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca). *Inv. Pesq.* 52(3): 375-385.

Hontoria, F.; Navarro, J.C.; Varo, I. y Amat, F. 1996. Utilización de quistes de *Artemia* en los cultivos de larvas marinas: Modelo de evaluación cualitativa. *Larvicultura de camarones Peneidos. Producción de postlarvas, cultivo y evaluación de microorganismos como alimento Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Subprograma II. Acuicultura. Vol. I.* 252-262.

Kanazawa, A.; Teshima, S. y Ono, K. 1979 Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and capacity for bioconversión of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp Biochem. Physiol.* 638: 295-298.

Kanazawa, Akio 1983. Penaeid Nutrition. 87-105. In: *Proceedings of the second International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Physiological approaches to shellfish nutrition.* Gary, D. Pruder; Christopher, J. Langdon; and Douglas, E. Conklin (Eds.) Special Publication No.2. Baton Rouge, Louisiana. 444p

Khalaf, A.N.; Lattif, M.A. y Zahid, Z.R. 1978. Structure and ultrastructure of the egg shell of *Artemia salina* L. *Iraq. J. Biol. Sci.* 6: 32-39

Kinne, O. (Ed) 1977. Cultivation of animals. *Research Cultivation:* 579-1270 In: *Marine Ecology. A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters. Vol. III. Cultivation. Part 2.* Willey Intersciencia, New York, U.S.A

Lavens, P y Sorgeloos, P. 1991. Production of *Artemia* in culture tanks 317-350. En: *CRC-Handbook of Artemia biology* Brown, R.A; Sorgeloos, P y Trotman, O.N.A. (Eds.). CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida.

Leal, S. y Gelabert, F.R. 1986. Uso del rotífero *Brachionus plicatilis* concentrado y congelado en la alimentación de mysis de camarón en cultivo. *Univ. Hab. Rev. Invest. Mar.* 7(3):37-45.

Léger, P.; Bengtson, D A; Simpson, K.L. and Sorgeloos. P. 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. En: Oceanogr Mar. Biol. Ann Rev. 24: 521-623.

Léger, P; Bengtson, D.A.; Sorgeloos. P.; Simpson, K.L. and Beck A D. 1987a Nutritional value of *Artemia*: Areview. *Artemia* research and its application Vol.3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture Sorgeloos. P.; Bengtson, D A; Decler, W. y Jasper, E. (Eds). Universa Press. Wetteren, Belgium. 359-370.

López. I. N.A. 1998. Densidad optima de alimento vivo para larvas de camarón Rosado *Penaeus duorarum* Burkenroad 1939 y su posible sustitución con alimento microencapsulado. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). Div De Posgrado Fac. Cienc UNAM. 78p.

Mc Dermott, M.J. 1974. Trehalose and glycogen accunulation in cryptobiotic states of three invertebrates Thesis St. Johns University, New York, U.S A. 62p

Navarro, J.C., Amat, F and Sargent, J.R. 1992. Lipid composition of cysts of the brine shrimp *Artemia* sp. from Spanish populations. J. Exp. Mar. Biol Ecol. 155:123-131

Navarro, J C, Amat, F. and Sargent, J.R 1993. The lipids of the cysts of freshwater and marine-type *Artemia* Aquaculture, 109, 327-336.

Rollefsen, G. 1939. Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communication. Rapp p.v. Reun. Coms. Oerm. Int. Explos. Mer. 109:133 p.

Rubinson, F.J y Rubinson, A.K 1998. Química Analítica Contemporánea. Ed. Prentice may. México, 644 pp

Sandoval. T.A.H. 1974. Étude D' une fraction polypeptidique is dée des parois de *Nocardia caviae* Thèse Docteur. Devant L' Université Claude Bernard de Lyon. 77p.

Schauer, P.S.; Johns, D.M.; Olney, C.E. y Simpson, K.L. 1980. International study on *Artemia*. IX. Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplii from five geographical strains of *Artemia*. 365-372. En: Persoone, G.; Sorgeloos, P.; Roels, O. y Jaspers, E. (Eds.) *The brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology. Culturing. Use in Aquaculture. Universa Press. Wetteren, Bélgica.

Séale, A. 1933. Brineshrimp (*Artemia*) as a satisfactory live food for fishes. En: *Trans. Am. Fish. Soc* 63:129-130

Sorgeloos, P.; Lavens, P.; Léger, Ph.; Tackaert, W. y Versichele, D. 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. State University of Ghent (Eds.), Bélgica. 120p.

Sorgeloos, P.; Lavens, P.; Léger, Ph. y Tackaert, W. 1991. State of the art in larviculture of fish and shellfish. pp.3-8. En: Lavens, P.; Sorgeloos, P.; Jaspers E y Ollevier (Eds.) *Larvi'91*. Special Publication No.15. European Aquaculture Society. Gante, Bélgica.

Sorgeloos, P.; Coutteau, P.; Dhert, P.; Merchie, G. y Lavens P. 1998. Use of brine shrimp, *Artemia* spp., in larval crustacean nutrition: A review. *Reviews in Fisheries Science* 6: 55-68.

Tackaert, W. y Sorgeloo, P. 1991. Salt, *Artemia* and shrimp. Integrated production in the Peoples' Republic of China: The Tang Gu saltworks. En: *World Aquaculture* 22(2): 11-17.

Valiente, M.E.; Morales, D.A.; O'Callaghan, J.; Albornoz, C.E.; Zamora, E. y Malpica, S.A. 2001. Morfo geometría: presencia de sólidos de Arquímedes en la arquitectura de muestras coriónicas observadas con el microscopio electrónico de barrido (MEB). *Ciencias* 9(4), 452-462, Maracaibo, Venezuela.

Vinatea, A.J. 1999 Manual de Producción de *Artemia* (Quistes y Biomasa), en módulos de cultivo. Proyecto II-A/2 "Localización, caracterización y evaluación del potencial extractivo de *Artemia* en Ibero-América con destino a la Acuicultura. División de Cienc. Básicas y de la Salud. UAM-Xochimilco 47p.

Watanabe, T.; Oowa, F.; Kitajima, C. y Fujita, S. 1980. Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of ω 3 highly unsaturated fatty acids. En Bull Jap Soc.Sci Fish. 46:35-41

Watanabe, T. 1987. The use of *Artemia* in fish and crustacean farming in Japan. 373-393. In: *Artemia* research and its Applications Vol 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Sorgeloos P., D A Bengtson, W. Decleir, and E Jaspers (Eds) Universa Press, Wetteren, Belgium, 556p.

Wentworth. T. D 1968. Sobre el crecimiento y la Forma. Ediciones H Blume Madrid. 144-170

Zalokar. Kalt y Tandler 1971. Scanning Electron Microscopy of *Drosophila*, Embryogenesis. Developmental Biology. Vol 50: 95-108.

Zandee, D.I. 1966. Nature. 74: 435-441

Zar, J.H. 1999. Biostatistical Análisis. Prentice. Hall 123p.