

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



DESARROLLO EMBRIONARIO Y EFECTO DE LA TEMPERATURA

EN EL DESARROLLO LARVAL DE LA ALMEJA

Chione cortezi (Carpenter, 1864)



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

MARTHA VICTORIA ESTRADA REYES

ENSENADA, B.C.

FEBRERO DE 1991.

"DESARROLLO EMBRIONARIO Y EFECTO DE LA TEMPERATURA
EN EL DESARROLLO LARVAL DE LA ALMEJA
Chione cortezi" (Carpenter, 1864)

T E S I S

QUE PRESENTA:

MARTHA VICTORIA ESTRADA REYES

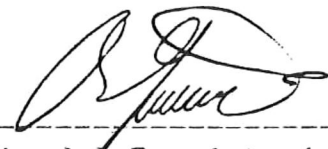
Aprobada por:



Presidente del Jurado
Oc. Lewis S. McAnally Salas



Sinodal Propietario
Oc. Alfredo E. Salas Garza



Sinodal Propietario
Oc. Arturo Siqueiros V.



Sinodal Suplente
Oc. Roberto Flores Aguilar.



Sinodal Suplente
Biol. Dora O. Waumann R.

RESUMEN

Se realizo un experimento con Chione cortezi estableciendo sus principales estadios de desarrollo, desde la fertilización hasta la etapa pediveliger. Las larvas se cultivaron en recipientes de 15 l , se les proporcionó una ración alimenticia de 30,000 cel\ml de Isochrysis galbana , efectuandose recambios de agua cada dos días y adicionando 50 mg\l de sulfametazina sódica, estas fueron sometidas al efecto de tres temperaturas cada una por triplicado. El desarrollo embrionario hasta la larva veliger "D" se obtuvo en 31.44 horas a 19.7 °C . El crecimiento y la sobrevivencia larval se estimó a 19.45, 24.55 y 28.45°C. Hasta el día 8 el crecimiento fue más rápido a 24.55 y 28.45°C alcanzando tallas de 184 y 171 micras respectivamente, mientras que a 19.45°C fue de 170 micras. En base a las 1193 longitudes registradas durante el experimento se determinó la relación largo-ancho obteniéndose la ecuación $y = -5.79 + 0.86x$. En las dos temperaturas más altas se presento la mayor mortalidad llegando solamente hasta el día 10 del experimento, mientras que a 19.45°C hubo una menor mortalidad pudiendo las larvas llegar hasta el asentamiento el día 22 con una talla de 227 micras. Por lo tanto pudo observarse que la temperatura tiene un gran efecto en su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Oceanologicas (IIO) por haberme permitido realizar el presente trabajo dentro de sus instalaciones.

A la Dirección General de Investigación y Postgrado de la U.A.B.C. por la beca que me fue otorgada.

A mi director de tesis Oc. Lewis S. McAnally Salas, por el apoyo y ayuda brindado para la realización de este trabajo.

Al Oc. Alfredo Salas Garza por todo el apoyo recibido, por su amistad así como acertados comentarios para el mejoramiento de este trabajo.

A cada uno de mis sinodales por sus críticas constructivas y las correcciones del presente trabajo.

A mis padres José Alberto y Maria Elena por todo el amor, apoyo, comprensión y estímulo durante toda mi vida.

A mis hermanos Pepe, Elena, Angeles y Coquis, por su cariño, confianza y apoyo a lo largo de mi vida.

A mis sobrinos Itzel, Nayelli y Luis por traer alegría en momentos difíciles.

A Toño por su amor, comprensión y apoyo.

C O N T E N I D O

	Pagina
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVO.....	5
MATERIAL Y METODO.....	5
RESULTADOS.....	11
DISCUSIONES.....	34
CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFIA.....	45

L I S T A D E F I G U R A S

	Pagina
Figura 1A.	Ovulo.....12
Figura 1B.	Primer cuerpo polar.....12
Figura 1D.	Primera división.....13
Figura 1E.	Segunda división.....13
Figura 1F.	Tercera división.....13
Figura 1H.	Mórula.....15
Figura 1I.	Gástrula ciliada.....15
Figura 1J.	Trócofora.....16
Figura 1K.	Charnela recta (Veliger "D").....16
Figura 1L.	Larva con umbo.....16
Figura 1M.	Larva pediveliger.....17
Figura 2.	Tiempo de aparición de los estadios dentro del desarrollo embrionario de <u>Chione cortezi</u>20
Figura 2a.	Frecuencia de ocurrencia en porcentajes de los estadios de <u>Chione cortezi</u>20
Figura 3.	Fluctuación de la temperatura durante el experimento, para los diferentes tratamientos: uno 19.45; dos 24.55 y tres 28.45°C.....22
Figura 4.	Crecimiento larval promedio de <u>Chione cortezi</u> hasta estadio pediveliger bajo diferentes condiciones de temperatura.....25
Figura 5.	Relación largo-ancho de larvas de <u>Chione cortezi</u> desde veliger "D" hasta pediveliger.....30
Figura 6.	Sobrevivencia larval promedio de <u>Chione cortezi</u> hasta estadio pediveliger bajo diferentes condiciones de temperatura.....32

L I S T A D E T A B L A S

	Pagina
Tabla I.	Desarrollo embrionario de <u>Chione cortezi</u> desde huevo hasta estadio veliger "D" a $19.7 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$18
Tabla II.	Tallas de larvas registradas para cada unidad experimental (U.E.) indicando la media y su intervalo de confianza al 95%.....23
Tabla III.	Prueba de Kruskal-Wallis aplicada a las tallas de <u>Chione cortezi</u> para los tres tratamientos 19.45, 24.55 y 28.45°C , hasta el día 10.....26
Tabla IV.	Prueba de comparación múltiple, mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de <u>Chione cortezi</u> para el día 427
Tabla V.	Prueba de comparación múltiple, mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de <u>Chione cortezi</u> para el día 628
Tabla VI.	Prueba de comparación múltiple mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de <u>Chione cortezi</u> para el día 1030

INTRODUCCION

Debido a la gran diversidad de larvas de moluscos bivalvos que se encuentran en el plancton y a la falta de conocimiento de los estadios larvales para la identificación de estas. La larvicultura ha dejado de ser una simple curiosidad, pasando a ser una necesidad (Loosanoff et al., 1966). En el cultivo de las larvas de bivalvos se cuenta con una tecnología precisa la cual ha avanzado notablemente en las últimas décadas (Lannan, 1980).

Dicha tecnología esta basada en las contribuciones aportadas por Loosanoff y colaboradores (1945,1963; citados por Manzi, 1985) en el cultivo de moluscos bivalvos encontrando el método para madurar organismos fuera de su período reproductivo normal, desovarlos y cultivar sus larvas en condiciones controladas, llevandolas desde la fertilización hasta la metamorfosis. Dentro de estas aportaciones estan los métodos empleados en las técnicas para la producción algal; así como la calidad del agua usada (Manzi, 1985).

El desarrollo de estos métodos ha hecho posible cultivar larvas de varias especies de bivalvos en condiciones controladas, permitiendo tener un conocimiento de la morfometría de un gran número de especies de moluscos bivalvos. El conocimiento de las formas y tamaños de las larvas es importante ya que a menudo es imposible situar a una larva tomada del plancton a nivel de especie,

género o aún de familia; la identificación de larvas en el plancton aporta conocimientos sobre las condiciones del medio en las que se desarrolla normalmente, las tolerancias ambientales y el impacto que reciben cuando son expuestas a contaminantes como desechos industriales o pesticidas (Loosanoff et al., 1966), lo anterior podría sentar las bases para predecir los niveles de reclutamiento esperados en la población y/o como criterio para el manejo del recurso en áreas como la Pesquería o la Acuacultura. Dentro de las condiciones óptimas para el cultivo de moluscos bivalvos se deben tener en cuenta el efecto que tienen los parámetros físicos como la temperatura y salinidad. Asimismo se deben considerar otros requerimientos importantes como la calidad y cantidad de alimento, el pH y la calidad del agua entre otros (Calabrese, 1970). La temperatura es un factor primordial durante el ciclo de vida, ya que tiene un fuerte impacto en el crecimiento y sobrevivencia.

ANTECEDENTES

El Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) esta llevando a cabo el proyecto denominado Delta-Camarón en la zona del Alto Golfo de California. Dentro de las alternativas de este proyecto está contemplado el estudio de especies características de la región con potencial comercial, tal es el caso de la almeja Chione cortezi.

Chione cortezi (Carpenter, 1864) (Sinónimo: C. gibbosula por otros autores), es una almeja dioica de la familia Veneridae que habita en la zona intermareal con fondos arenosos, ha sido comparada con C. fluctifraga de más amplia distribución, esta es de una forma más grande y triangular. La distribución de C. cortezi va desde la costa del Pacífico de Baja California (cerca de Bahía Magdalena) a San Felipe en la parte superior del Golfo de California y hacia el sur de Guaymas México. Se han reportado organismos de 62 mm de longitud, 55 mm de ancho y 34 mm de espesor (Keen, 1971). Aunque esta especie es un recurso de baja explotación, en lo futuro podrá incrementar su potencial económico y su estudio proporcionará información sobre su desarrollo en condiciones de laboratorio para fines acuaculturales.

Poca es la información que se tiene respecto al género Chione, de los trabajos publicados se tienen referencias de estudios de contaminación, reproducción, repoblamiento, distribución y abundancia entre otros. En

el aspecto ecológico se han realizado estudios de transplante de Chione stutchburyi en el medio ambiente colocandola a diferentes densidades y niveles en la costa, determinando el crecimiento y la sobrevivencia (Dobinson et al., 1989). Respecto a estudios de crecimiento Forster (1981) determinó la edad y el crecimiento de Callista chione mediante las lecturas tomadas de los anillos de crecimiento de sus conchas.

En lo referente a reproducción, se ha trabajado con Callista chione, y mediante métodos histológicos se determinó el comienzo de la gametogénesis y el período de desove para esta especie (Valli et al., 1984).

D'Asaro (1967) basandose en la metodología descrita por Loosanoff y Davis (1963), describió la morfología de larvas y postlarvas de Chione cancellata, detallando la embriogénesis y el desarrollo a través del estadio de trócofora hasta la metamorfosis.

De los trabajos efectuados en México en la Bahía de La Paz B.C.S. se han realizado varios estudios gonádicos sobre bivalvos de importancia comercial, entre las especies estudiadas se encuentra la almeja roñosa Chione undatella (Baqueiro y Masso, 1988; citado por García y Levy, 1989). Figueroa (1988) explica el método para la obtención de larvas de la almeja Chione gnidia producidas en laboratorio y criadas bajo condiciones controladas de temperatura y alimento; además da una descripción del tamaño y forma de las larvas.

Debido a la poca información existente sobre Chione cortezi y sus métodos de cultivo, se planteó realizar un primer experimento con esta especie que permitiera conocer su desarrollo embrionario y larvario, así como generar información de crecimiento y sobrevivencia en un rango de temperaturas entre 20 y 30°C.

OBJETIVO

Establecer las etapas de desarrollo desde huevo hasta pediveliger de la almeja Chione cortezi y el efecto de la temperatura en su crecimiento y sobrevivencia.

MATERIALES Y METODOS

Los sementales utilizados en el experimento fueron colectados en abril de 1990 en el Golfo de Santa Clara, Sonora. Los organismos se trajeron en seco al laboratorio de Acuacultura del Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC y se colocaron en canastas de plástico tipo "Nestier", dentro de un tanque con agua, se mantuvieron por una semana con recambios de agua cada dos días y suministro de Isochrysis galbana como alimento.

Cuarenta organismos de 6-8 cm de longitud fueron inducidos a desovar mediante una solución de serotonina a una concentración de 2×10^{-4} M que fue inyectada en el músculo aductor. Después de inyectar a cada organismo se colocaron en un recipiente Nalgene con capacidad de 2 l.

Aproximadamente dos horas después de obtenido el

desove las gametas se manejaron por separado. El esperma se colocó en un recipiente de 2 l, las hembras fueron sacadas del recipiente donde desovaron, se enjuagaron y con el propósito de eliminar basura y desechos orgánicos, los óvulos fueron enjuagados y pasados a través de un tamiz de 80 micras y retenidos en uno de 30 micras; posteriormente los óvulos se cuantificaron.

La cuantificación consistió en resuspenderlos en un volumen conocido, homogenizar con un agitador de acrílico para tomar tres muestras aleatorias de 1 ml con una pipeta automática de volumen ajustable. Las muestras se colocaron en una cámara de conteo Sedwick-rafter de 1 ml de capacidad, y con la ayuda de un microscopio compuesto y un contador mecánico se determinó el promedio por muestra y este número se extrapoló al volumen total.

Durante la fertilización no se determinó ninguna relación óvulo-esperma, simplemente se añadieron 10 ml de esperma al total de óvulos, se homogenizó con un agitador y se dejó en reposo durante 15 minutos.

Después se observó una muestra al microscopio para verificar si ya había ocurrido la fertilización, observando la aparición de cuerpos polares.

Ya fertilizados, los óvulos se separaron en dos grupos, uno fue colocado en un recipiente de 18 l de capacidad y se utilizó para determinar el desarrollo larval, sometiendo a las larvas al efecto de tres temperaturas; 20, 25 y 30°C, cada una por triplicado para

posteriormente pasarlas al sistema experimental; el otro grupo se transfirió a un cristalizador con el propósito de llevar a cabo un monitoreo de 48 horas del desarrollo embrionario de Chione cortezi a temperatura ambiente.

Transcurridos los 15 minutos de reposo se inició el monitoreo del desarrollo de las primeras etapas de división hasta el estadio "D", tomando muestras del cristalizador con una pipeta pasteur y guardándolas en viales y preservadas con formol al 4%, para posteriormente fotografiarlas. Las muestras se tomaron cada 15 min durante las siguientes tres horas después de la fertilización luego cada 30 min hasta completar 6 hrs y el resto se tomó cada 60 min hasta llegar a las 48 horas de desarrollo total.

A las 48 horas, las larvas contenidas en el recipiente de 18 l, fueron drenadas utilizando una manguera de plástico, sobre un tamiz de 80 micras y cuantificadas para transferirlas al sistema experimental. El sistema experimental consistió en una charola de fibra de vidrio de 2.50x.82x.15 m en donde se colocaron 9 unidades experimentales de 15 l de capacidad, las cuales se mantuvieron en baño de agua para evitar variaciones en las temperaturas. La ubicación de las unidades experimentales fue en forma alternada para evitar pseudoreplicación.

Se instalaron calentadores Visi-Therm con termostato incluido para mantener la temperatura constante

en los recipientes según la temperatura asignada; 20, 25 y 30°C correspondiendo a los tratamientos uno, dos y tres respectivamente. El suministro de aire fue proporcionado mediante un compresor conectado a mangueras que hicieron llegar el aire a cada unidad experimental. El agua utilizada fue filtrada y esterilizada pasandola a través de un aparato irradiador de rayos ultravioleta.

Las larvas fueron colocadas a una densidad de 3.5 larvas/ml en cada unidad experimental, en 10 l de agua de mar. Durante el experimento se llevo a cabo un registro diario de la temperatura utilizando un termómetro de mercurio con una precisión de 0.01°C.

Los recambios de agua se efectuaron cada 48 horas, drenando las unidades experimentales sobre un tamiz de 80 micras. En cada recambio de agua se adicionaron 50 mg/l de sulfametazina sódica como medida preventiva a la proliferación de bacterias, los recipientes se lavaron vigorosamente con cepillo y una solución jabonosa; para evitar un shock-térmico de las larvas al colocarlas en las unidades experimentales, el agua fue calentada previamente utilizando calentadores Visi-Therm.

El alimento consistió de 30,000 cel/ml de Isochrysis galbana cultivada con el medio f/2 Guillard, las larvas fueron cuantificadas en los recambios de agua y de cada unidad experimental se procuró medir 30 larvas. Las mediciones se realizaron mediante una reglilla micrométrica previamente calibrada y colocada en el ocular

del microscopio compuesto, para las mediciones de longitud se tomo el eje antero-posterior y para la anchura el eje ventro-dorsal; después de haber medido las larvas estas se guardaron en viales adicionando unas gotas de formol al 4% para preservarlas y fotografiarlas posteriormente. Cuando se observo que las larvas presentaban un estado avanzado de desarrollo y un pie bien desarrollado, se procedió a colocarlas en una cama de fijación que consistió en un marco de 0.80x0.27 m de tubo de PVC de 3/4" y con un fondo de malla nitex con abertura de 170 micras que flotaba en un tanque de 1000 l que contenía alimento y que circulaba por la cama de fijación con la ayuda de una bomba elevadora de aire (air-lift).

Con los datos obtenidos durante las primeras 48 horas del desarrollo embrionario se establecieron criterios para identificar los principales estadios del desarrollo.

Debido a que la fertilización y el desarrollo no es sincrónico, para determinar los tiempos típicos de aparición de los estadios característicos, se obtuvo la frecuencia de aparición de cada estadio por muestreo ó bien de la suma de un grupo de muestreos, lo que mostrará el tiempo al que cada estadio es dominante.

Para establecer la correlación entre largo y ancho de la larva de Chione cortezi, todos los datos, se sometieron al analisis de regresión lineal.

La sobrevivencia fue estimada en base a los conteos

larvales.

A los datos de crecimiento obtenidos se les aplicó las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov así como de homogeneidad de varianza de Bartlett. Como los datos no cumplieron con la normalidad y varianza homogénea, no fue posible realizar estadística paramétrica, por lo tanto se decidió utilizar un análisis de varianza de una vía Kruskal-Wallis para establecer la diferencia entre los tratamientos para cada día de muestreo; en los días que se detectaron diferencias significativas, se utilizó un análisis de Kruskal-Wallis por pares de tratamientos para identificar cual de los tratamientos es diferente.

RESULTADOS

El número total de óvulos obtenidos durante el desove fue de 636,000 correspondiente a lo desovado por tres hembras.

El desarrollo embrionario de la almeja Chione cortezi desde la fertilización de los óvulos hasta el estadio veliger "D" se realizó a $19.7 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ en condiciones de laboratorio.

Los óvulos son de forma esférica de 64.2 micras de diametro (Fig 1A). Después de la fertilización el primer cuerpo polar (Fig 1B) apareció a los 20 min y tuvo una frecuencia del 54% , mientras que el segundo cuerpo polar surgió a los 60 min con solo 8% de frecuencia. En el lapso de 1-2 hrs la primera división (Fig 1D) apareció 1:30 hrs después de la fertilización y presentó un 86% de frecuencia, siendo esto el resultado de dos células desiguales, un micrómero y un macrómero.

La segunda división o estadio de cuatro células (Fig 1E) consiste de tres micrómeros y un macrómero; está representado en el transcurso de 2-3 horas con una frecuencia de 20% . En la tercera división (Fig 1F) el macrómero sigue presente pero ahora se han originado ocho células, se encontró con una frecuencia del 70% en el lapso de 3-4:30 horas.

La cuarta división o estadio de 16 células se presentó con un 51% de frecuencia, fue alcanzada en

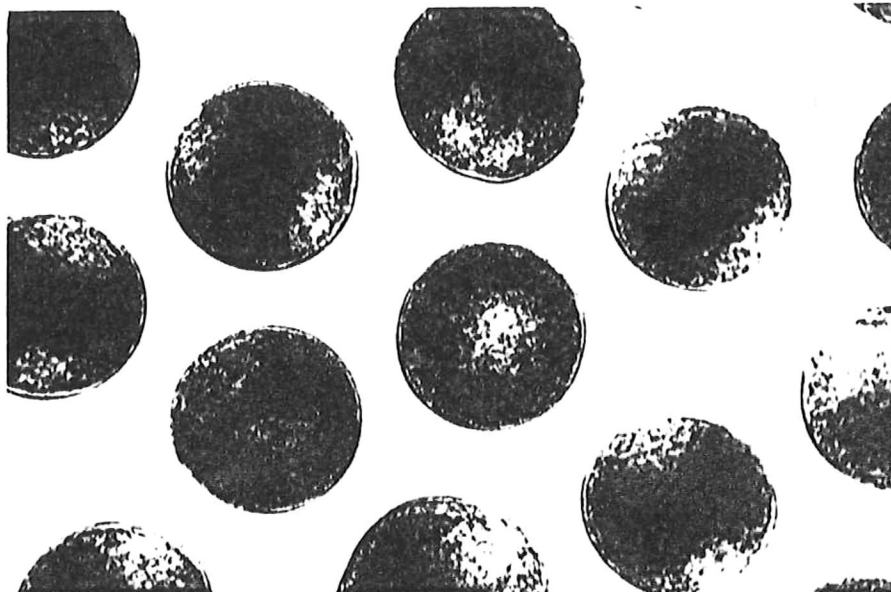


Figura 1A. Ovulo (64.2 micras)

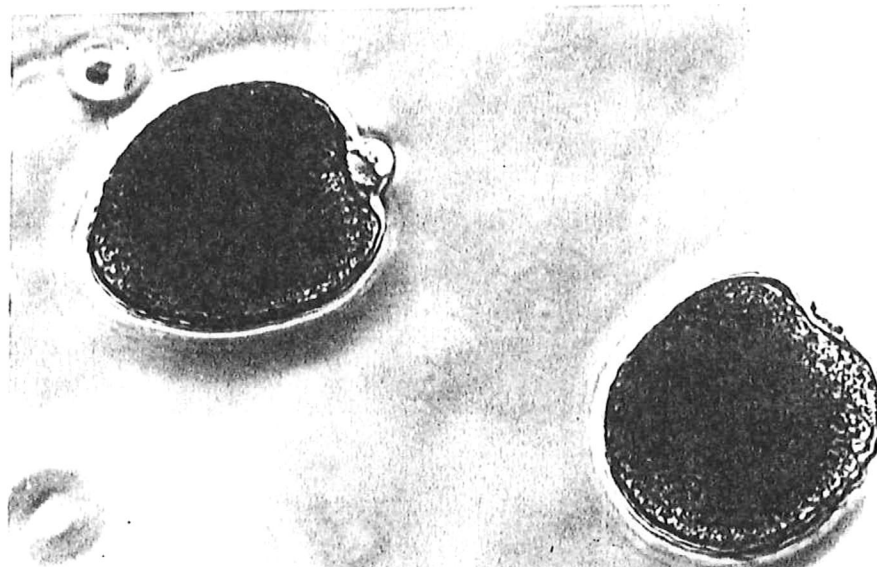


Figura 1B. Primer cuerpo polar



Figura 1D. Primera división

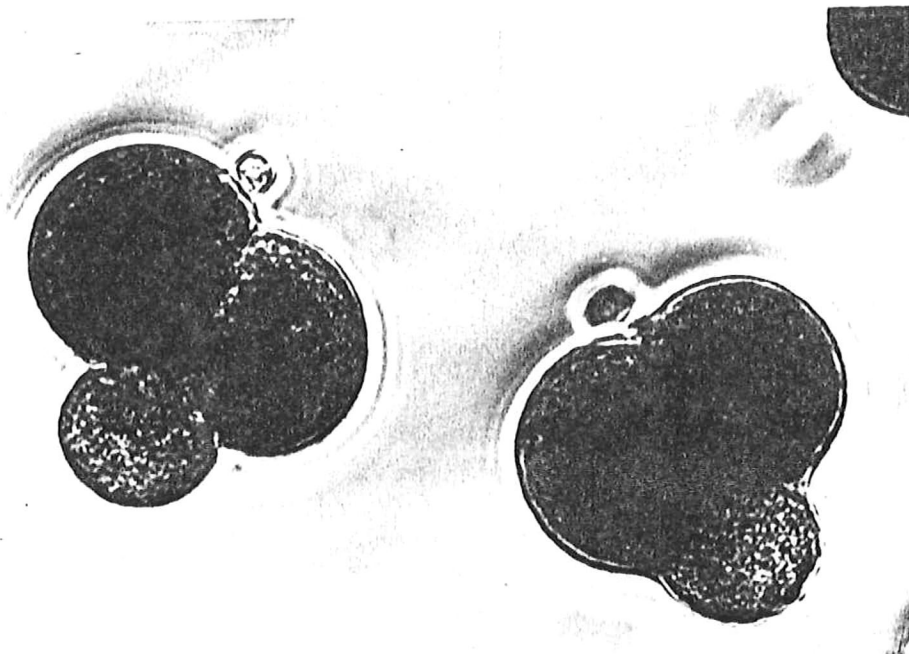


Figura 1E. Segunda división

4:30 horas y se encuentra en el rango de 4:30-6 horas.

Dentro del intervalo de 6-9 hrs ocurrió el estadio de mórula (Fig 1H) en el cual los micrómeros casi envuelven al macrómero; esto resultó en 5 horas y con una frecuencia de 65% .

La gástrula ciliada (Fig 1I) apareció a las 6 horas su rango más amplio de frecuencia fue de 9-15 hrs con un 98% .La gastrulación empieza con una extensión epibólica de los micrómeros, presentandose después una invaginación como lo describe Alagarswami et al.(1983).

La larva trócofora (Fig 1J) se observó dentro del rango de las 15-27 horas con una frecuencia del 74% y teniendo su primera aparición a las 17:45 hrs. El estadio de trócofora es característico por presentar una forma periforme con flagelo apical y una banda de cilios.

El estadio de charnela recta (Fig 1K) fue alcanzado en 31:44 horas presentandose en el rango de 27:05-48 hrs con una frecuencia del 95%. Ocurriendo cambios como la formación de la concha, encerrando las partes blandas de la larva , el flagelo apical desaparece y el anillo trocal se ha desarrollado en un potente organo de nado , el velum. Pequeños cilios se han desarrollado bajo el gran cilio velar, región que se transformará en el pie.

El tiempo de aparición de cada estadio (Tabla I) esta representado en gráficas de porcentajes y diagramas

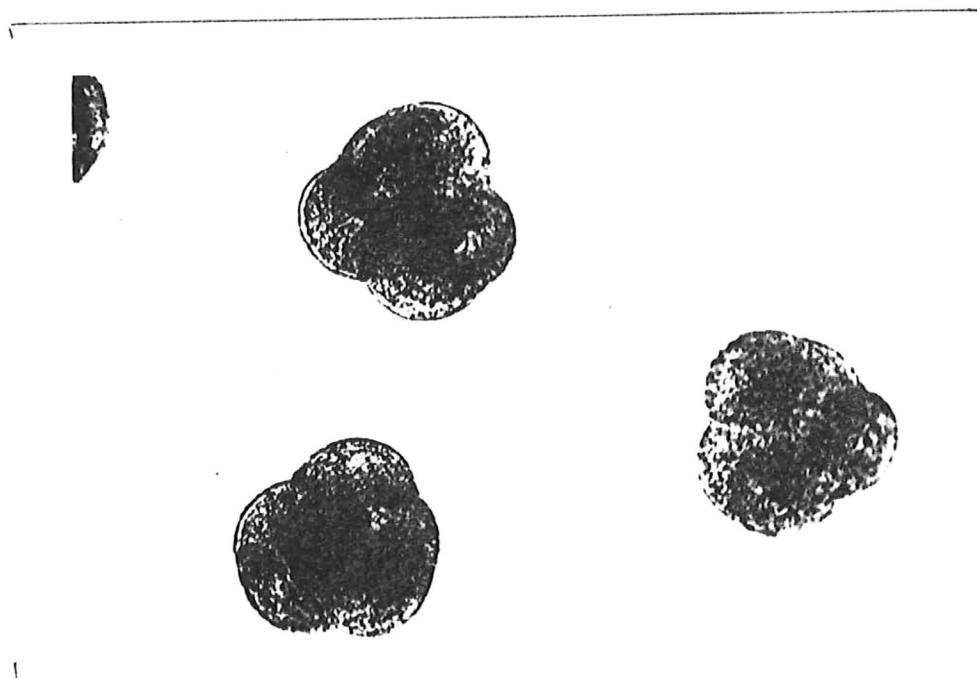


Figura 1F. Tercera división

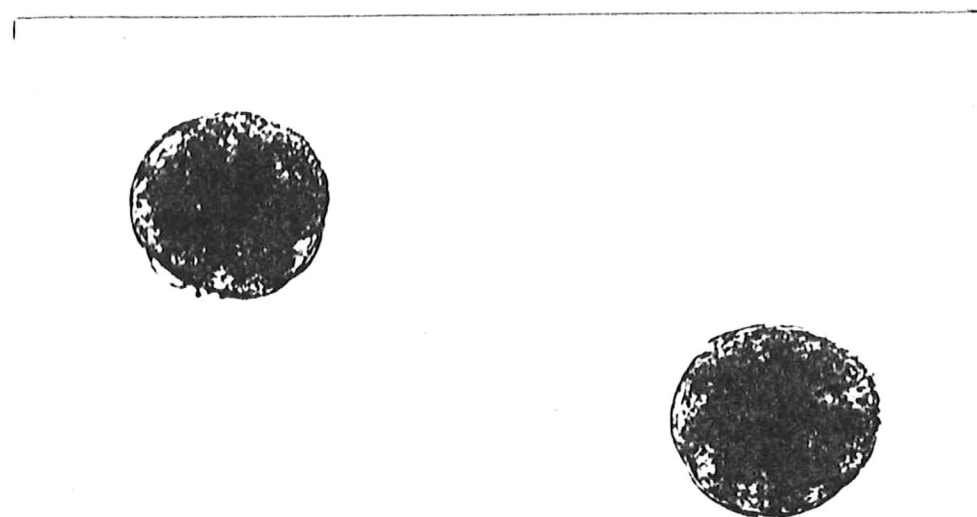


Figura 1H. Mórula



Figura 1I. Gástrula ciliada

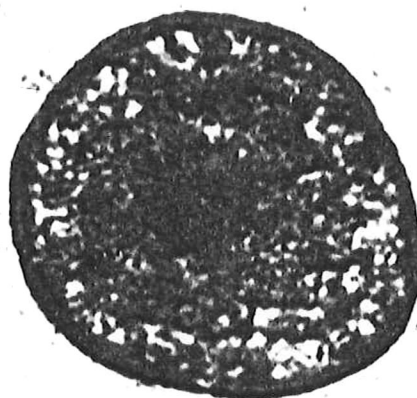


Figura 1J. Trócofora

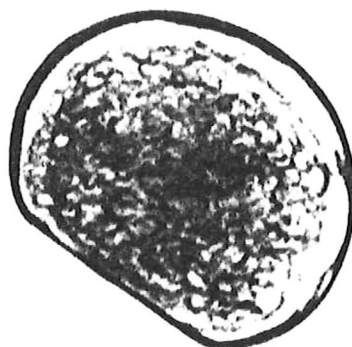


Figura 1K. Charnela recta o estadio "D"

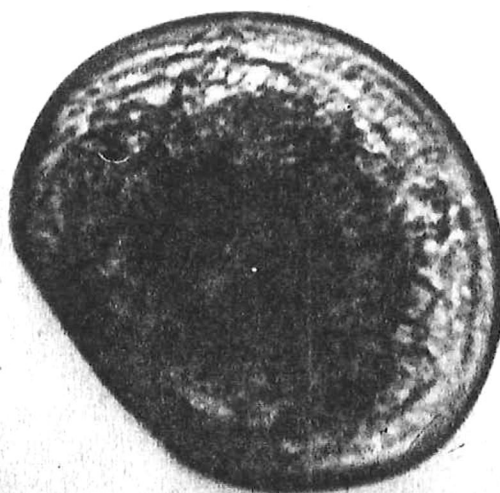


Figura 1L. Aparición del Umbo

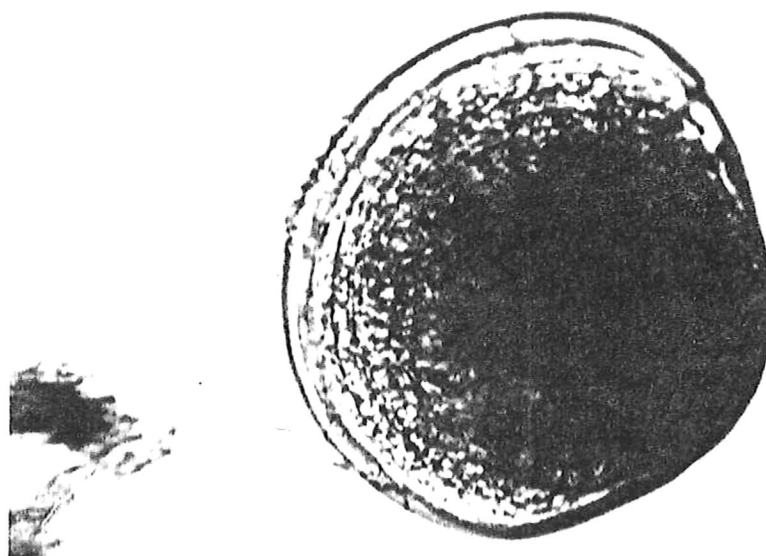


Figura 1M. Larva pediveliger

Tabla I. Desarrollo embrionario de Chione cortezi desde huevo hasta estadio veliger "D" a $19.7 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$.

Estadio	Tiempo

Fertilización	0
Primer cuerpo polar	20 min.
Segundo cuerpo polar	1 hora
Primera División	1.30 hora
Segunda División	2 horas
Tercera División	3 horas
Cuarta División	4.30 horas
Mórula	5 horas
Gástrula ciliada	6 horas
Trócofora	17.45 horas
Veliger "D"	31.44 horas

de pastel (Figuras 2 y 2a).

DESARROLLO LARVAL

El desarrollo larval se dividió en tres etapas principales de crecimiento: estadio "D" , larva umbada y estadio pediveliger, cada una de ellas exhibiendo cambios graduales en sus formas y medidas.

El estadio inicial es el de charnela recta (Fig 1K), el cual fue apreciado por mostrar la forma característica en "D", sus bordes anterior y posterior son cortos, el lado dorsal es recto y el margen ventral es curvado, esto es observado en el día 2; a medida que pasan los días las larvas difieren en tamaño y forma exhibiendo cambios en el margen dorsal, indicando la aparición del umbo (Fig 1L) en el día 6. Al principio (el umbo) no es muy marcado, llega a ser ampliamente redondeado aproximadamente entre los días 8 y 10 a una longitud de 170-190 micras; dentro de los cambios morfológicos que presenta este estadio es una pequeña proyección central que se extiende dorsalmente, el margen anterior es más largo que el posterior el cual esta ligeramente curvado, la terminación anterior es más extensa que la posterior, marcada obtusamente.

En el estadio pediveliger (Fig 1M) el umbo se

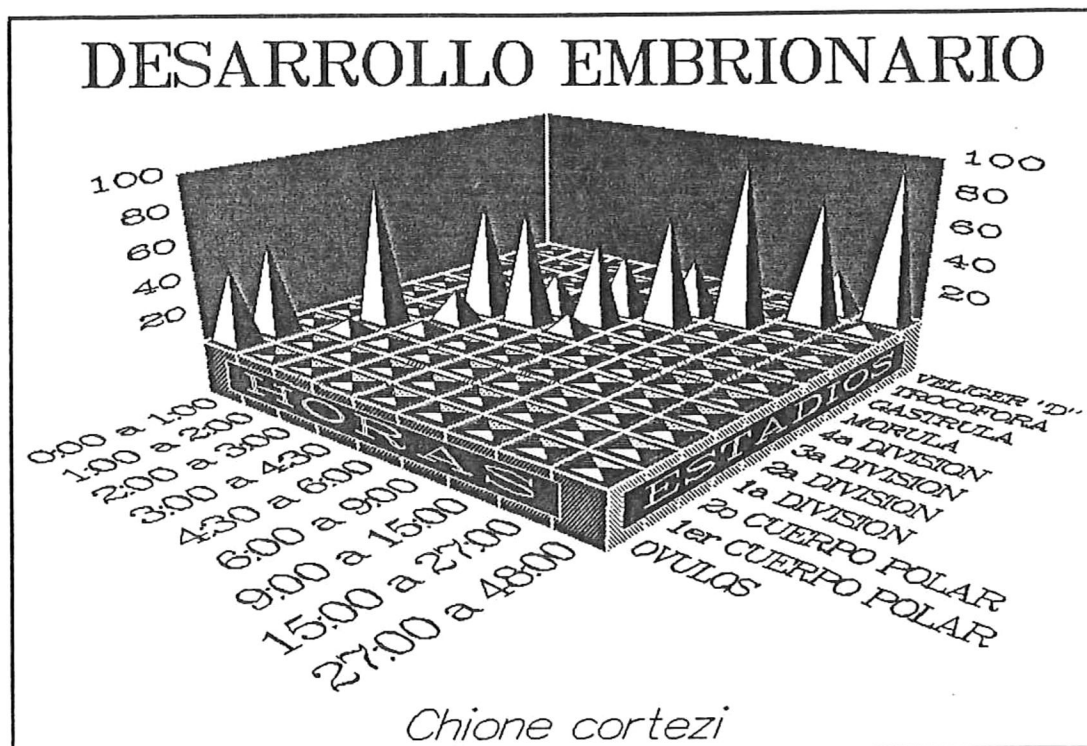


Figura 2. Tiempo de aparición de los estadios dentro del desarrollo embrionario de Chione cortezi.

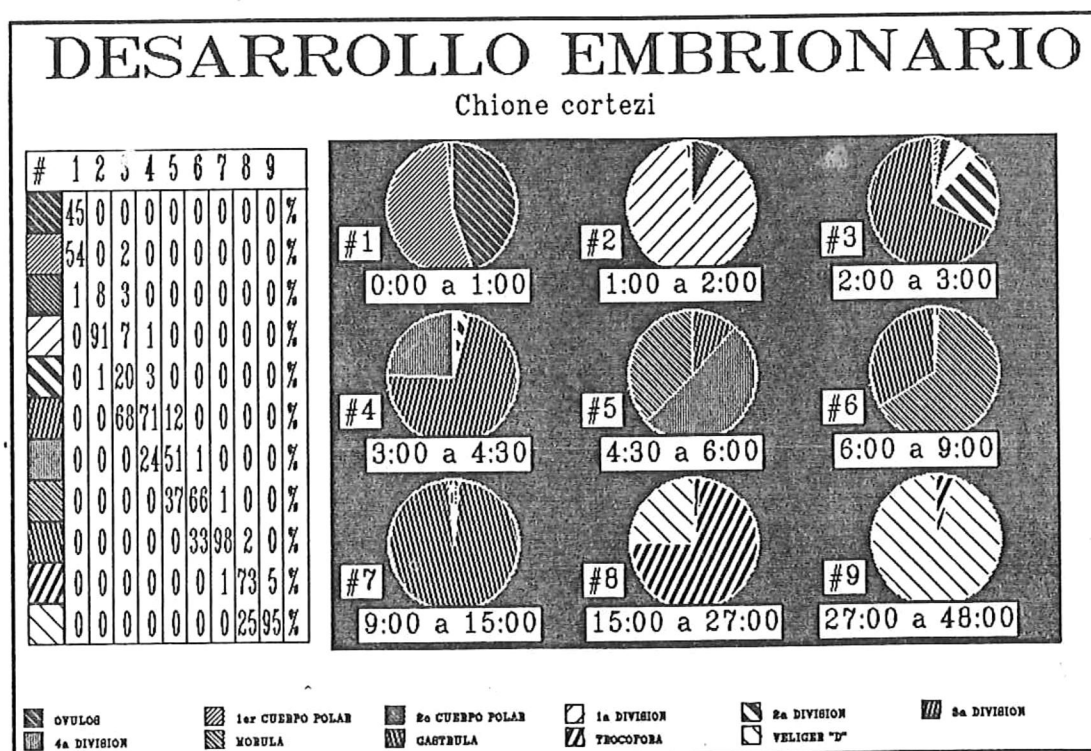


Figura 2a. Frecuencia de ocurrencia en porcentajes de los estadios de Chione cortezi.

presenta más definido y ampliamente redondeado, en este estadio la mancha ocular no pudo apreciarse y larva exhibe un pie bien desarrollado lo cual indica que esta lista para asentarse, esto sucedió en el día 22.

CRECIMIENTO

Transcurridas 48 horas después de la fecundación de los óvulos, se observó el estado de desarrollo obteniéndose 49.77% de larvas en estadio veliger "D", 24.73% de larvas trócofora y el 25.49% correspondió a óvulos no fecundados, obteniendo por lo tanto un 74.50% de fertilización total.

La temperatura durante el cultivo de larvas (Figura 3) tuvo un promedio de $19.45 \pm 1.45^{\circ}\text{C}$ para el tratamiento uno; mientras que para el tratamiento dos fue de $24.55 \pm 1.25^{\circ}\text{C}$ y de $28.45 \pm 1.95^{\circ}\text{C}$ correspondiente al tratamiento tres.

De un tamaño inicial de 64.2 micras los óvulos fueron desarrollándose hasta llegar a 105 micras al principio del estadio "D", las longitudes promedio de las larvas (Tabla II) fueron para el día 4 de 118, 124 y 117 micras para los tratamientos uno, dos y tres respectivamente; mientras que en el día 6 se registró un aumento en el tamaño larval a 135, 159 y 144 micras para cada uno de los tratamientos. En el tercer muestreo (día

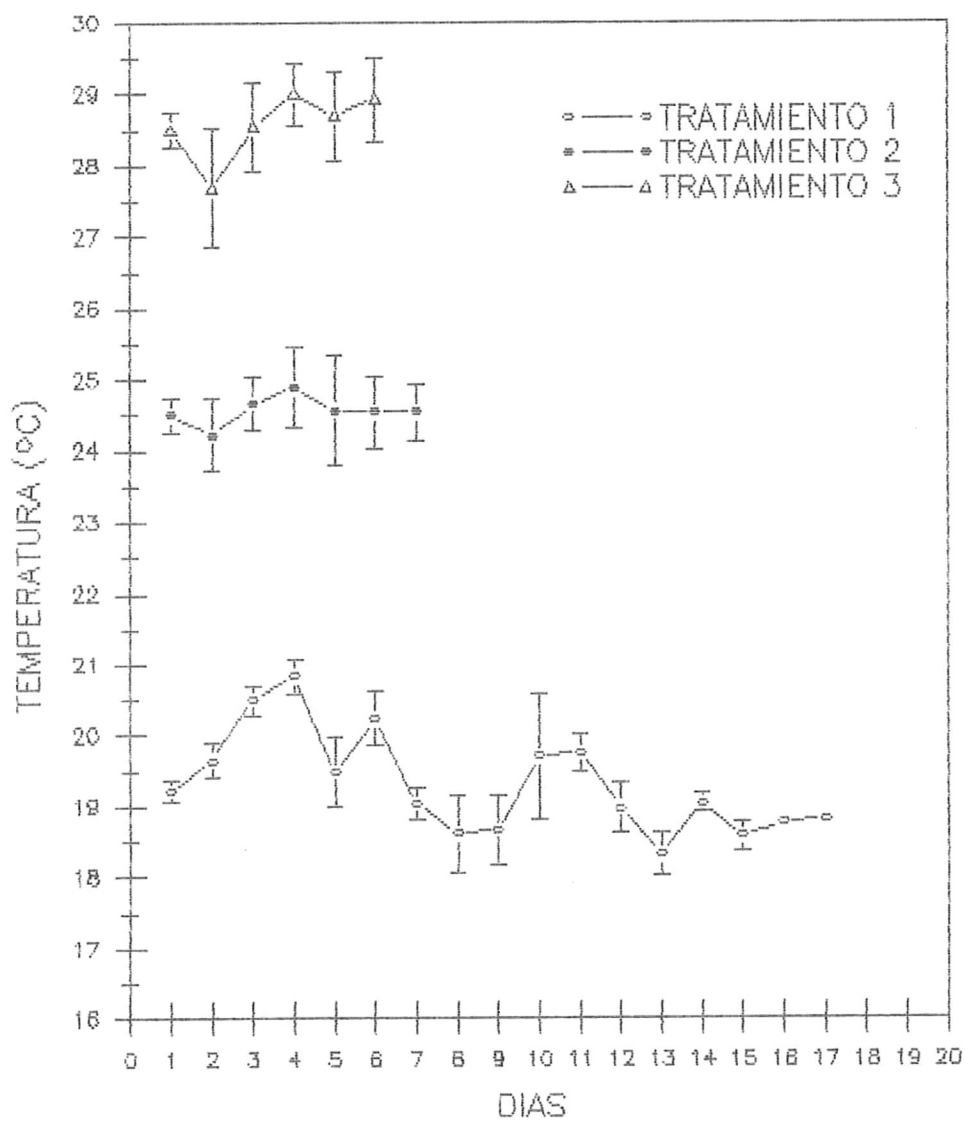


Figura 3. Fluctuación de la temperatura durante el experimento, para los diferentes tratamientos: uno 19.45; dos 24.55 y tres 28.45° C.

Tabla II. Tallas de larvas registradas para cada unidad experimental (UE) indicando la media y su intervalo de confianza al 95%

TRATAMIENTO 1 (19.45°C)

Día	U.E.1	U.E.2	U.E.3	MEDIA	I.C.
2	105	105	105	105	
4	115.02	121.26	118.77	118.35	117.68-119.01
6	135.96	136.63	132.22	134.93	134.36-135.49
8	169.06	169.06	171.20	169.77	169.51-170.02
10	189.03	191.17	195.09	191.76	191.11-192.40
12	187.25	196.52	191.17	191.64	190.65-192.62
14	192.95	197.95	204.09	198.33	197.13-199.52
16	215.07	214.97	215.71	215.25	215.15-215.34
18	214.89	226.03	221.84	220.92	219.37-222.46
20	223.98	223.27	225.77	224.34	224.06-224.61
22	219.35	----	234.68	227.01	224.20-229.81

TRATAMIENTO 2 (24.55°C)

Día	U.E.1	U.E.2	U.E.3	MEDIA	I.C.
2	105	105	105	105	
4	131.25	119.64	121.26	124.05	122.66-125.43
6	156.55	144.45	175.48	158.82	153.37-164.26
8	199.40	208.65	143.30	183.78	172.73-194.82
10	166.38	187.78	113.59	155.92	147.87-163.96

TRATAMIENTO 3 (28.45°C)

Día	U.E.1	U.E.2	U.E.3	MEDIA	I.C.
2	105	105	105	105	
4	114.13	120.37	119.34	117.25	116.03-118.46
6	---	160.50	128.40	144.45	124.14-164.75
8	---	202.23	139.10	170.66	145.89-195.52
10	118.94	115.02	125.90	119.95	118.78-121.11

8) las dimensiones fueron de 170, 184 y 171 micras. Para el día 10 la longitud promedio larval fue de 192 micras para el tratamiento uno, mientras que en los otros dos se vio disminuida la talla a 156 y 120 micras (2 y 3 respectivamente). Del sexto al décimo muestreo (día 22) las longitudes larvales fueron de 192, 198, 215, 221, 224 y 227 micras correspondientes al tratamiento uno y a los muestreos de los días 12, 14, 16, 18, 20 y 22.

El crecimiento de Chione cortezi (Figura 4) difiere en todos los tratamientos, en el caso de las larvas cultivadas a 19.45°C su crecimiento es más lento, sin embargo se mantuvieron hasta el día 22, por el contrario el crecimiento de las larvas a 24.55 y 28.45°C fue más rápido hasta el día 8, pero solo llegaron al día 10.

La prueba de Kruskal-Wallis con un límite de confianza del 95% , aplicada para los muestreos de los días 4,6,8 y 10 (Tabla III); indicó que para los días 4,6 y 10 hubo diferencias significativas, mientras que en el día 8 no las hubo. Al aplicar la prueba de comparación múltiple se encontró que para el día 4 (Tabla IV) los tratamientos dos (24.55°C) y tres (28.45°C) fueron iguales, mientras que el tratamiento uno (19.45°C) fue diferente; en los días 6 y 10 (Tablas V y VI) las comparaciones múltiples indican que todos los tratamientos son diferentes entre sí.

La relación de longitud-ancho de las larvas veliger

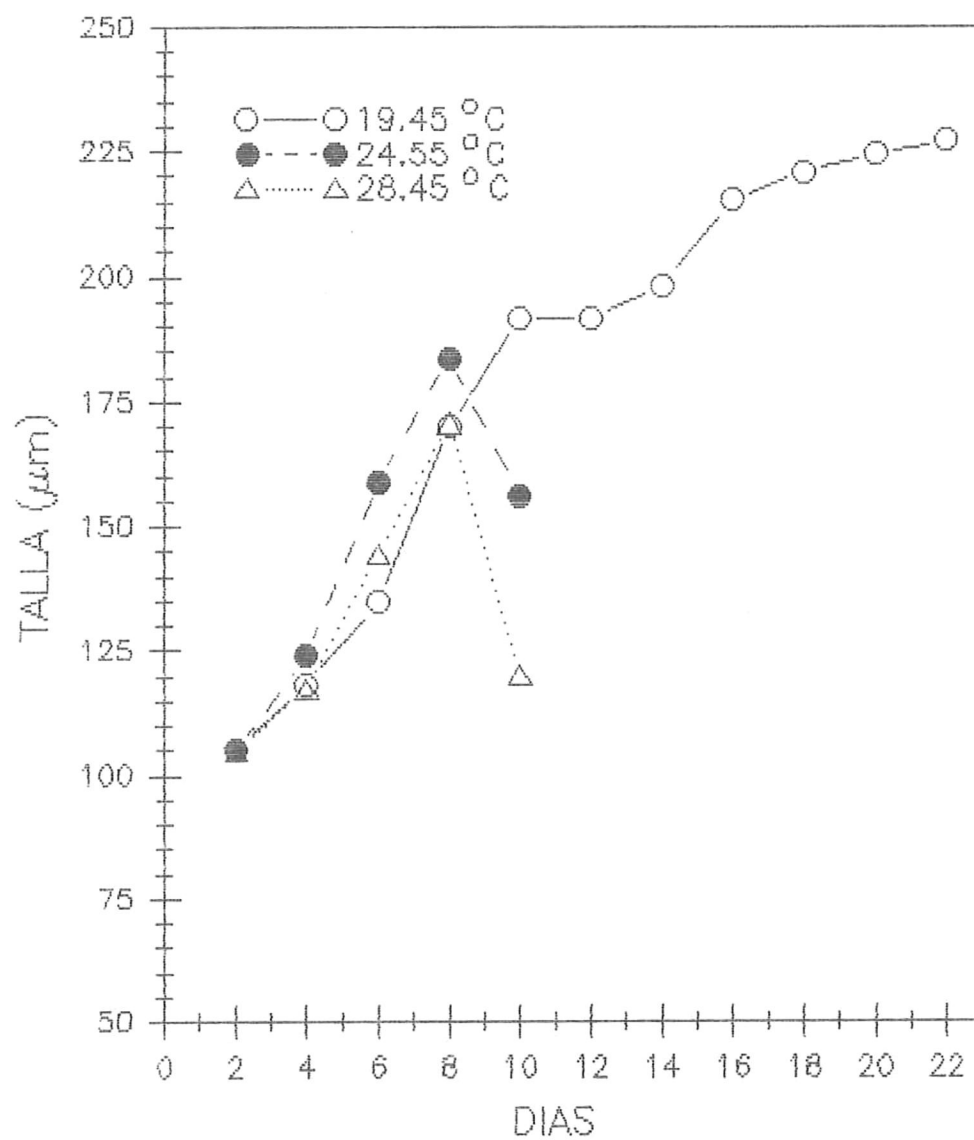


Figura 4. Crecimiento larval promedio de Chione cortezi hasta estadio pediveliger bajo diferentes condiciones de temperatura.

Tabla III.- Prueba de Kruskal-Wallis aplicada a las tallas de Chione cortezi para los tres tratamientos 19.45, 24.55 y 28.45°C, hasta el día 10.

Tratamientos	Discrepancia observada	Discrepancia compatible	Max. G.L.	Signif. 5%	Prob.
Día 4	8.490	5.991	2	*	0.114
Día 6	24.645	5.991	2	*	0.0
Día 8	5.747	5.991	2	NS	0.057
Día 10	124.069	5.991	2	*	0.0

NS=No significativo

*=Significativo

Tabla IV. Prueba de comparación múltiple, mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de Chione cortezi para el día 4.

Tratamientos	Suma	Promedio	Grupos Homogeneos
Uno	90	118	*
Dos	82	125	*
Tres	53	117	*

Tabla V.- Prueba de comparación múltiple, mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de Chione cortezi para el día 6.

Tratamientos	Suma	Promedio	Grupos Homogeneos
Uno	70	135	*
Dos	33	159	*
Tres	5	144	*

Tabla VI. Prueba de comparación múltiple, mediante la prueba de Kruskal-Wallis aplicada por pares a los tratamientos, utilizando las tallas de Chione cortezi para el día 10.

Tratamientos	Suma	Promedio	Grupos Homogeneos
Uno	90	192	*
Dos	90	156	*
Tres	90	120	*

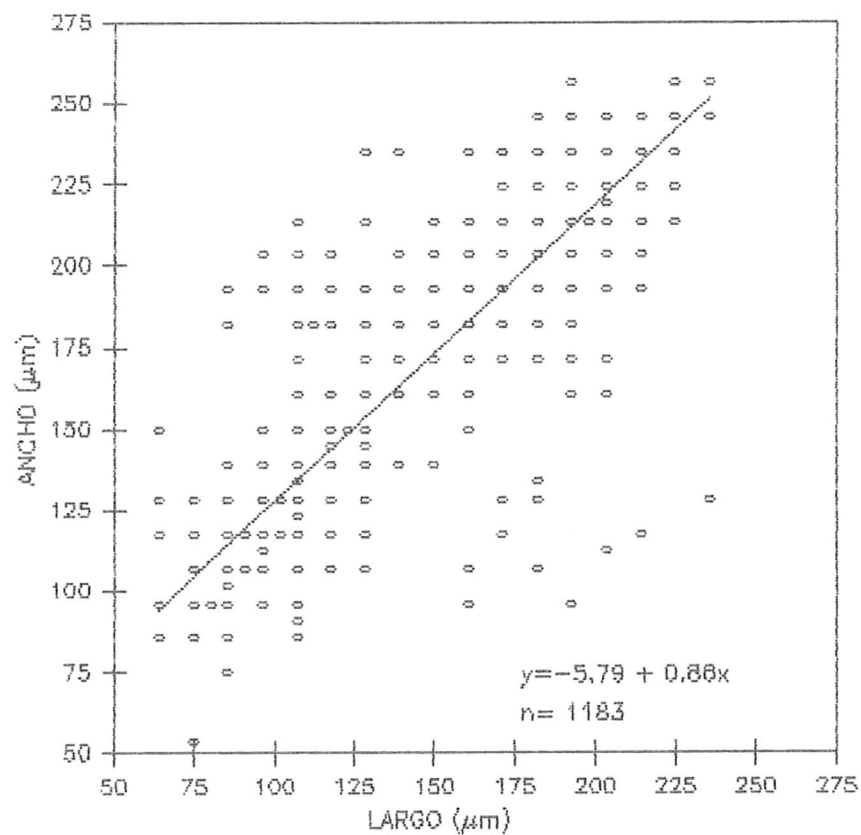


Figura 5. Relación largo-ancho de larvas de *Chione cortezi* desde veliger "D" hasta pediveliger.

se muestra en la Figura 5, la gráfica obtenida es de tipo lineal y presenta un alto grado de dispersión con un coeficiente de correlación lineal de 0.82, la recta es descrita por la ecuación $y = -5.793 + 0.866x$ con un coeficiente de regresión de 0.90.

SOBREVIVENCIA

Con los conteos obtenidos de los muestreos se estimó la sobrevivencia larval, la Figura 6 indica el número de larvas, durante el desarrollo larvario desde el estadio veliger "D" hasta pediveliger; el porcentaje final de sobrevivencia se obtuvo al promediar los valores correspondientes a cada tratamiento para el último día de experimento.

Durante el desarrollo del experimento el número de larvas fue cada vez más reducido sobre todo para las temperaturas más altas en los días 6 y 8 por lo que se juzgo necesario dar por terminados los tratamientos dos y tres y llevar a cabo un conteo total de los organismos. Las larvas de los tratamientos dos y tres fueron mantenidas hasta el día diez, encontrandose una sobrevivencia de 17.24% y de 16.56% respectivamente, mientras que las larvas del tratamiento uno lograron continuar hasta el fin del experimento día 22 obteniendose 10% de sobrevivencia, equivalente a 7000 larvas

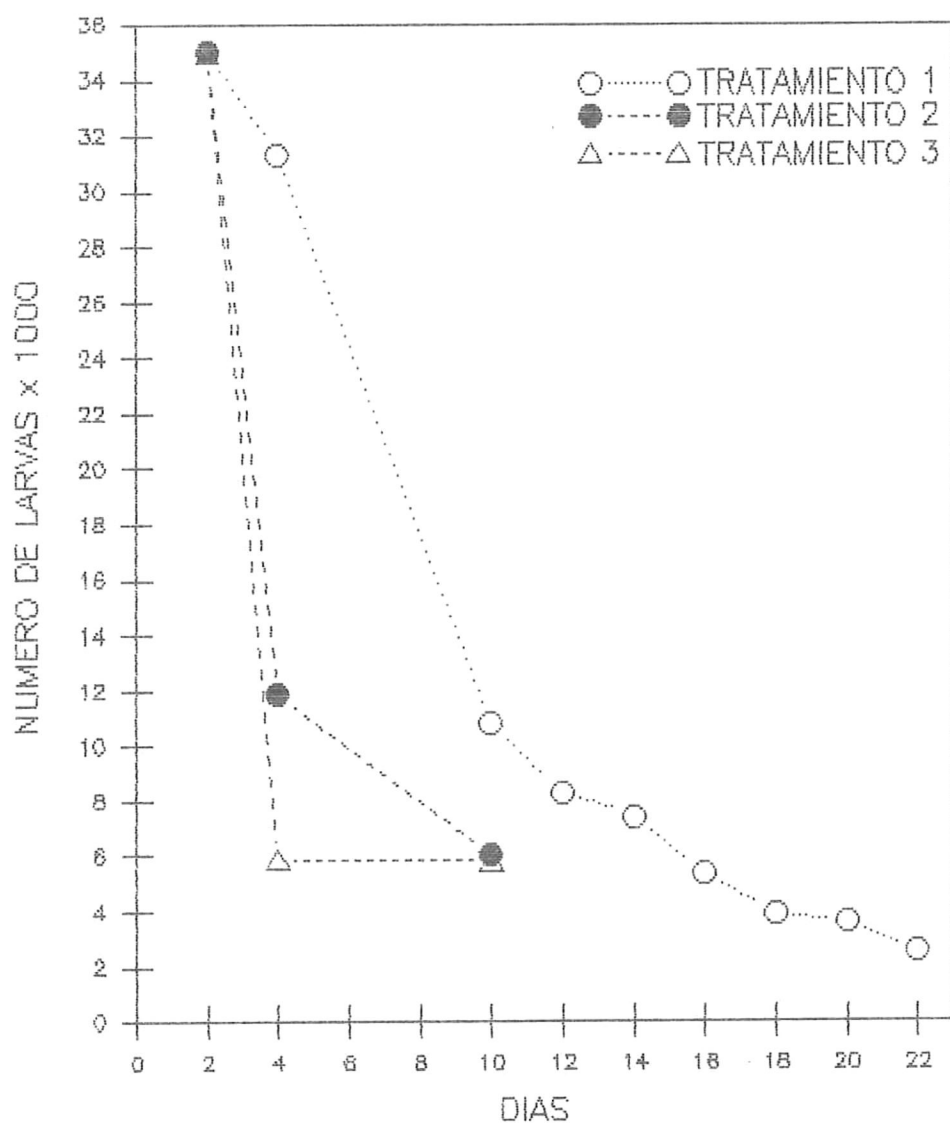


Figura 6. Sobrevivencia larval promedio de *Chione cortezi* hasta estadio pediveliger bajo diferentes condiciones de temperatura.

pediveliger que fueron transferidas en su totalidad a una cama de fijación.

DISCUSIONES

DESARROLLO EMBRIONARIO

Aunque Chione cortezi, C. cancellata y Mercenaria mercenaria pertenecen a la familia Veneridae, estas especies difieren en su distribución, encontrándose C. cortezi en el lado del Pacífico en el Golfo de California y C. cancellata y M. mercenaria en el Atlántico, distribuyéndose desde Carolina del Norte y Golfo de San Lorenzo respectivamente en el Norte llegando ambas a Florida en el sur. A pesar de que estas especies difieren en distribución comparten características que permiten que se puedan comparar entre sí. La bibliografía presenta aspectos como: reproducción, tecnología de cultivo e identificación de etapas larvales los cuales se juzgaron pertinentes para establecer dicha comparación.

En C. cortezi el desove fue obtenido en mayo, coincidiendo con lo reportado por Manzi y Castagna (1989) para M. mercenaria, en donde el desove normalmente se presenta en la primavera cuando la temperatura del agua se incrementa. Las gametas están presentes durante la temporada de frío y llegan a estar maduras con el aumento de temperatura en la primavera. El desove está directamente relacionado con la temperatura este fenómeno se ha observado en otros veneridos tales como Venerupis japonica (Holland y Chew, 1974), Venus antiqua (Lozada y Bustos, 1984) y M. mercenaria (Manzi et al, 1985, citado

por García y Levy, 1989).

En el caso de Chione cortezi el número de óvulos obtenidos en el desove (636,000) seguramente estuvo más relacionado con su estado de madurez que con su tamaño o su fecundidad, siendo estas las posibles causas por las cuales el número obtenido de óvulos fue escaso.

Por otro lado Bricelj y Malouf (1980) mencionan que el número de óvulos que producen las hembras varía según el tamaño del organismo. En Mercenaria mercenaria las hembras producen aproximadamente 40 millones de óvulos (Davis y Chanley, 1956; citado por Manzi y Castagna, 1989).

Con respecto a Chione cortezi se encontró que algunos óvulos no fueron fecundados y de los fecundados una parte solamente llegó a formar el primer cuerpo polar, en cuanto a las larvas trócofora (24.73%) de lento desarrollo encontradas 48 horas después de la fertilización, permite suponer que su desarrollo no pasará de este estadio, lo anterior se puede deber al hecho de que, los progenitores se encontraban al final de su época de desove, razón por la cual el número de embriones que llegan a completar su desarrollo hasta el estadio veliger "D" fue de un 49.52%.

El éxito en el proceso de fertilización depende de condiciones óptimas de las gametas (tamaño y madurez), una relación óvulo-esperma adecuada y factores ambientales

favorables, Chanley (1955) asume que las diferencias en el porcentaje de óvulos que se llegan a desarrollar normalmente en larvas "D" se debe probablemente a factores como el tiempo requerido en la liberación de las gametas y la fertilización de estas, pérdida de la viabilidad de las gametas al utilizar esperma u óvulos no recién expulsados, así como un rango de temperatura que permita concluir el desarrollo y que este sea normal.

Dentro de las condiciones óptimas para el desarrollo embrionario y larval se encuentra la intervención de varios factores, particularmente la temperatura la cual influye en el tiempo y la tasa de desarrollo, ocasionando un lento o acelerado crecimiento (Lough y Gonor, 1971). Esto se puede apreciar en C. cortezi ya que durante el transcurso del experimento mostró un crecimiento lento a 19.45°C en comparación con 24.55 y 28.45°C.

El desarrollo embrionario de la almeja Chione cortezi hasta el estadio veliger "D" , presenta una cercana relación con el esquema de desarrollo presentado por D'Asaro (1967) para C. cancellata (23-25°C), al comparar ambos esquemas se encontró que algunos de los estadios coinciden o llegan a encontrarse dentro de un mismo rango en el tiempo de aparición. Carriker (1961; citado por Manzi y Castagna, 1989), así como Loosanoff y Davis (1963) reportan para Mercenaria mercenaria que el

diámetro promedio de los óvulos es de 70-73 micras y su rango va de 60-85 micras . En Chione cortezi los óvulos miden 64.2 micras y el estadio "D" es obtenido en 31 horas 44 minutos y su longitud llega a 105 micras, D'Asaro (1967) reporta que en Chione cancellata los óvulos tienen un tamaño de 74 micras y al desarrollarse hasta el estadio "D" , este alcanza una longitud de 125 micras en 31 horas. Por lo anterior se observa que los diámetros de los óvulos de C. cortezi y C. cancellata están dentro del rango reportado para M. mercenaria.

DESARROLLO LARVAL

El estadio de Charnela recta en C. cortezi fue de 105 micras; mientras que para C. gnidia y M. mercenaria son de 90 micras y 101 micras respectivamente para cada una.

El umbo en C. cortezi se presentó a una longitud entre 170-190 micras, mientras que en Panope generosa los umbos comienzan a aparecer aproximadamente a 165 micras (Goodwin et al, 1979); en tanto que en M. mercenaria llega a ser visible cuando la larva alcanza una longitud aproximada entre 125-130 micras, las larvas siguen creciendo y los umbos se presentan ya más definidos pero nunca tan prominentes como en otros bivalvos por ejemplo Crassostrea sp., Anomia sp. y Teredo sp. (Loosanoff et al., 1966). Figueroa (1988) reporta que en C. gnidia el

umbo se presenta a una longitud de 150-165 micras.

El pie llega a ser visible entre 218-225 micras en C. cortezi; Figueroa (1988) obtuvo larvas pediveliger de C. gnidia entre 170-200 micras, mientras que Loosanoff et al (1966) reportan que en M. mercenaria la longitud más común a la que las larvas comienzan su metamorfosis es entre 200 y 215 micras, en Panope generosa se llega a encontrar a 300 micras (Goodwin et al, 1979).

Con respecto a la mancha ocular en Chione cortezi esta no pudo ser apreciada, Galtsoff (1964) reporta que Crassostrea virginica y Ostrea edulis si la presentan.

CRECIMIENTO

El crecimiento esta regulado primordialmente por varios factores como son la temperatura, salinidad, suministro adecuado de alimento durante el cultivo y calidad del agua , entre otros (Manzi, 1985); en el caso de C. cortezi es evidente que el crecimiento estuvo afectado por la temperatura considerada como uno de los parámetros que afectan en mayor grado los procesos biológicos y fisiológicos de los seres vivos (Bayne, 1965,1976; Alderdice, 1972; Cadman y Weinstein, 1988, citado por Anguiano, 1989). A altas temperaturas la tasa de crecimiento es más rápida y a bajas temperaturas esta es más lenta, esto ha sido observado en diferentes especies de bivalvos como M. mercenaria (Loosanoff et al,

1951); Mulinia lateralis y Ostrea edulis (Calabrese, 1969 y Davis & Calabrese, 1969); Argopecten irradians irradians (Tettelbach y Rhodes, 1981) y Chlamys hastata (Hodgson y Bourne, 1988). El crecimiento de C. cortezi estuvo dentro del rango de 19.45 - 28.45°C, considerando a 19.45°C como la temperatura favorable para su completo desarrollo. A pesar de que se observó que el crecimiento fue más rápido en los rangos extremos alcanzando tallas mayores a 24.55 y 28.45°C en estas temperaturas la mortalidad fue muy marcada llegando solamente al día 10 de cultivo. Esta misma influencia ha sido reportado por varios autores en diversos estudios, en los que se ha encontrado que la temperatura presenta un efecto significativo en el crecimiento y la sobrevivencia (Davis y Calabrese, 1964; Lough y Gonor, 1973; Tettelbach y Rhodes, 1981; Falmagne 1984).

Conforme a los resultados se puede apreciar que a la temperatura de 19.45°C el crecimiento es más lento, atribuible a este efecto, además se puede observar (Figura 4) que a mayores temperaturas el crecimiento es más rápido, y en ocasiones puede ser letal para los organismos (Figura 6). Así mismo se ha demostrado que el crecimiento durante el desarrollo larval hasta el tamaño de asentamiento, es más rápido conforme aumenta la temperatura hasta un nivel óptimo, para posteriormente declinar con incrementos más rápidos (Bayne, 1983). De lo

anterior podríamos concluir que durante este trabajo, las temperaturas no fueron óptimas, sin embargo los resultados sugieren que cabría esperar una temperatura óptima entre 19 y 24°C bajo las mismas condiciones de cultivo.

En lo que se refiere a la relación longitud-ancho (Figura 6) de todo el desarrollo larval de C. cortezi se encontró que de los coeficientes de regresión y correlación lineal obtenidos en este trabajo: 0.90 y 0.82 respectivamente, solo el primero es similar a los obtenidos de los datos de longitud y ancho presentados por Figueroa (1988) para C. gnidia los cuales son de 0.99 para la regresión y 0.98 para la correlación. Por otro lado los valores de las pendientes también varían encontrándose para C. cortezi de 0.86 mientras que C. gnidia presenta un valor de 1.05, indicando diferencias en la forma de las larvas que bien podrían ser significativas entre estas dos especies de Chione, sin embargo también podría ser que la diferencia se deba al alto grado de dispersión de los datos. El alto grado de dispersión encontrado en los datos posiblemente es debido a que se utilizan los datos totales de largos y anchos sin tomar en cuenta el posible efecto de las temperaturas sobre la relación largo-ancho.

SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia larval fue afectada drásticamente por la temperatura, resultando un número muy reducido de larvas de C. cortezi. La mayor mortalidad se presentó hasta el día ocho en los cultivos mantenidos a 24.55 y 28.45°C comparada con la obtenida a 19.45°C durante el mismo intervalo de tiempo.

El hecho de que las larvas de C. cortezi no sobrevivan a temperaturas altas (24.55 y 28.45°C) es probablemente debido a un incremento en su metabolismo.

La temperatura tiene una relación directa e indirecta en el crecimiento y en la sobrevivencia larval, provocando condiciones estresantes o no tolerables por el organismo (Bayne, 1983).

La alta mortalidad a temperaturas altas puede explicarse desde el punto de vista fisiológico si tomamos en cuenta que la ración de energía asimilada es usada en diversas funciones como: combustible para el mantenimiento del cuerpo (metabolismo de mantenimiento), demanda de energía en otras actividades (energía metabólica pérdida) y una ración disponible para el crecimiento (Bayne y Newell, 1983). En el caso de C. cortezi el hecho de mantener a las larvas a temperaturas altas (24.55 y 28.45°C) ocasiona que la ración de energía destinada para el mantenimiento se vea agotada, ya sea por la energía

utilizada en la respiración ó en el crecimiento, por lo que el organismo no logra sobrevivir por más tiempo. Sprung (1984) sugiere que la porción de energía asimilada es usada para satisfacer sus necesidades metabólicas, más que para el crecimiento y la acumulación de reservas. Esto concuerda con lo obtenido en los resultados, ya que a estas temperaturas (24.55 y 28.45°C) es donde se presenta una mayor mortalidad, ocasionada por esta situación estresante. Los resultados sugieren que esta situación se presentó en las dos temperaturas altas para C. cortezi en donde el crecimiento llega a alcanzar las máximas tallas, pero la sobrevivencia muestra una disminución muy marcada.

Por otro lado las larvas mantenidas a 19.45°C utilizan la energía adquirida más para mantenerse (sobrevivir) que para crecer o respirar, ya que aunque crecieron más lento presentaron la sobrevivencia más alta del experimento.

Otra posible explicación de la mortalidad registrada puede ser el resultado de la reducida vitalidad de las larvas ya que como reportan Brenko y Calabrese, (1969), la sobrevivencia larval se incrementa cuando la fertilización toma lugar sobre gametas desovadas a un momento óptimo del ciclo gametogénico de los adultos. Cuando el desove ocurre antes o después del periodo óptimo, la viabilidad de las gametas se reduce (Bayne, 1983). Este, bien podría ser el caso en este trabajo, en

el cual los progenitores de C.cortezi se encontraban al final de su época de desove.

CONCLUSIONES

- El crecimiento larval de C. cortezi a 19.45°C fue lento pero se alcanzó el estadio de pediveliger al final del experimento, por el contrario a 24.55 y 28.45°C el crecimiento fue más rápido sin embargo no logrando llegar más allá del decimo día.

- Se obtuvo una sobrevivencia larval del 10% registrada a 19.45°C en un período de 22 días, en el caso de 24.55 y 28.45°C no alcanzaron el final del desarrollo.

- Se propone una temperatura óptima en un rango de 19-24°C para el cultivo de C. cortezi en su etapa larval, bajo las mismas condiciones de este experimento.

BIBLIOGRAFIA

- Alagarswami, K.; S.Dharmaraj; T.S. Velayudhan; A. Chellan and A.C.C. Victor. 1983. Embryonic and early larval development of Pearl oyster Pinctada fucata(Gould). Proc. Symp. Coastal Aquaculture 2:598-603.
- Anguiano B,C. 1989. Efecto de la temperatura, salinidad y concentración de alimento, sobre el desarrollo larval de Mytilus californianus. Tesis Licenciatura Oceanología F.C.M. UABC 95p.
- Bayne, B.L.1983. Physiological ecology of marine molluscan larvae. In: The Mollusca, vol.3. Wilbur, K.M. (ed) Academic Press USA 352p.
- Bayne, B.L. and R.C. Newell. 1983.Physiological energetics of marine molluscs. In: The Mollusca, vol. 4 Wilbur,K.M. (Ed) Academic Press USA 523p.
- Brenko, M. Hrs. and A. Calabrese.1969. The Combined effects of salinity and temperature on larvae of the mussel Mytilus edulis. Mar. Biol. 4:224-226.
- Bricelj, V.M. and R.E. Malouf.1980. Aspects of reproduction of hard clams (Mercenaria mercenaria) in great south bay, New York. Proceedings of the National Shellfisheries Ass. 70:216-229.
- Calabrese, A.1969. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam Mulinia lateralis (Say). Biol. Bull. 137(3):417-428.
- Calabrese, A. and H.C. Davis. 1970. Tolerances and requirements of embryos and larvae of bivalve molluscs. Helgolander wiss. Meeresunters 20:553-564.
- Chanley, P.E. 1955. Possible causes of growth

- variations in clam larvae. Proc. Nat. Shellfish Ass. (1954)45:84-94.
- D'Asaro, C.N. 1967. The morphology of larval and postlarval Chione cancellata Linné (Eulamellibranchia:Veneridae) reared in the laboratory. Bull. Mar. Sci. 17(4):949-972.
- Davis, H.C. and A. Calabrese. 1964. Combined effects of temperature and salinity on developmen of eggs and growth of larvae of M. mercenaria and C. virginica. Fish. Bull. 63(3):643-655.
- Davis, H.C. and A. Calabrese. 1969. Survival and growth of larvae of the european oyster (Ostrea edulis L.) at different temperatures. Biol. Bull. 136(2):193-199.
- Dobbinson, S.J.; M.F. Barker and J.B. Jillett. 1989. Experimental shore level transplantation of the New Zealand cockle Chione stutchburyi J. Shellfish Res. 8(1):197-212.
- Falmagne, C.M. 1984. The combined effects of temperature-salinity on survival and growth of Mytilus californianus larvae (a response surface analysis) M.S. Thesis Uni. of Washington 85p.
- Figueroa L., J.A. 1988. Aplicación de un método de cultivo para la obtención de larvas y juveniles de Chione gnidia (Broderip and Sowerby, 1829) bajo condiciones de laboratorio. Tesis Licenciatura Biología, Escuela de Biología U. A. de G. 40p.
- Forster, G.R. 1981. The Age and Growth of Callista chione J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 61 (4):881-883.
- Galtsoff, P.S. 1964. The American Oyster. Crassostrea virginica (Gmelin) Cap. XVI Larval development and metamorphosis. Fish. Bull. 64:355-380.
- García, D.F. y A. Levy Perez. 1989. Ciclo

- reproductor de la almeja roñosa Chione californiensis (Broderip, 1835) (Veneridae) en la ensenada de La Paz B.C.S., México. Resúmenes del Congreso de Malacología, La Paz B.C.S., México.
- Goodwin, L.; W. Shaul & C. Budd. 1979. Larval development of the Geo duck clam (Panope generosa, Gould) Proc. of the Nat. Shellfisheries Ass. 69: 73-76.
- Hodgson, C.A. and N. Bourne. 1988. Effect of temperature on larval development of the spiny scallop. J. of Shellfish Res. 7(3):349-357.
- Keen, A.M. 1971. Sea shells of tropical west America. Marine mollusks from Baja California to Peru. Second edition. Stanford University Press. U.S.A. 1064p.
- LaBarbera, M. and P. Chanley. 1970. Larval development of Chione cancellata (Linné). Chesapeake Sci. 11(1):42-49.
- Lannan, J.E. 1980. Broodstock management of Crassostrea gigas L. Genetic and environmental variations in survival in the larval rearing system. Aquaculture 21:323-336.
- Loosanoff, V.L.; W.S. Miller & P.B. Smith. 1951. Growth and Setting of larvae of Venus mercenaria in relation to temperature. J. Mar. Res. 10(1):59-81.
- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. In: Advances in Marine Biology. Russell, F.S. (Ed) 1:1-136.
- Loosanoff, V.L.; H.C. Davis and P. E. Chanley. 1966. Dimensions and shapes of larval of some marine bivalve mollusks. Malacología 4(2):351-435.
- Lough, R.G. and J.J. Gonor. 1971. Early embryonic

- stages of Adula californiensis (Pelecypoda: Mitylidae) in the effects of temperature and salinity on developmental rate. Mar.Biol. 8:118-125.
- Lough, R.G. and J.J. Gonor. 1973. A response surface approach to combined effects of temperature and salinity on the larval development of Adula californiensis (Pelecypoda: Mytilidae) I. Survival and Growth of three and fifteen day old larvae. Mar. Biol. 22:241-250.
- Manzi, J.J. 1985. Clam Aquaculture. In: Crustacean mollusc. Aquaculture in the United States. Huner, V. J. and E.E. Brown (Eds) Avi Publishing Edited day V. Huner Company Westport, Connecticut 476p.
- Manzi, J.J. and M. Castagna. 1989. Clam mariculture in North America. Developments in Aquaculture and Fisheries. Science 19 Elsevier Science. Publishing Co. Inc 461.
- Sprung, M. 1984. Physiological energetics of mussel larvae (Mytilus edulis). I. Shell growth and biomass. Mar. Ecol. Prog. Ser. 17:283-293.
- Tettelbach, S.T. and E.W. Rhodes. 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop Argopecten irradians irradians. Mar. Biol. 63: 249-256.
- Valli, G.; E. Bidoli and C. Marussi. 1984. Preliminary observation on reproduction and biometry in Callista chione (L.) (Mollusca Bivalvia) of the Gulf of Trieste. Nova Thalassia 6:97-103.