



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



CICIMAR

**CRECIMIENTO DE LA ALMEJA CATARINA
(Argopecten circularis) EN FUNCION DEL
ALIMENTO, CON ANOTACIONES SOBRE
SUBIOLOGIA Y DESARROLLO**

T E S I S

QUE PRESENTA

MARIA ARACELI AVILES QUEVEDO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR,

JUNIO DE 1990

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
ANEXOS	iii
RESUMEN	iv
CAPITULO 1.- INTRODUCCION	1
CAPITULO 2.- METODOLOGIA	7
2.1.- Cultivo de microalgas.	7
2.2.- Acondicionamiento gonádico.	9
2.3.- Inducción a ldesove	15
2.4.- Fertilización.	17
2.5.- Desarrollo embrionario y cultivo de larvas.	17
2.6.- Crecimiento larval, en relación a la cantidad y calidad de alimento.	18
2.7.- Crecimiento de juveniles, en relación a la cantidad y calidad de alimento.	13
2.8.- Crecimiento de adultos, en relación a la cantidad y calidad de alimento.	21
CAPITULO 3.- RESULTADOS	24
3.1.- Cultivo de microalgas.	24
3.2.- Acondicionamiento gonádico.	26
3.2.1.- Tasa de filtración.	28
3.3.- Inducción al desove y fertilización.	31
3.4.- Desarrollo embrionario.	34
3.5.- Desarrollo larval.	36
3.6.- Desarrollo de juveniles.	40
3.7.- Crecimiento larval y juvenil en relación a la cantidad y calidad de alimento.	42
3.8.- Crecimiento de juveniles, en relación a la cantidad y calidad de alimento.	49
3.9.- Crecimiento de adultos, en relación a la cantidad y calidad de alimento.	52
CAPITULO 4.- DISCUSION	55
CAPITULO 5.- CONCLUSIONES	64
CAPITULO 6.- BIBLIOGRAFIA CITADA	67
ANEXO 1	73
ANEXO 2	75

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1.- ESCALA EMPIRICA DE MADUREZ GONADICA (SEGUN, Sastry, 1963).	11
CUADRO 2: TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN EL ACONDICIONAMIENTO GONADICO CE <u>Argopecten circularis</u> , A 20 ± 2 °C Y 35 %..	13
CUADRO 3.- TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE LARVAS Y JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> (123 ± 14.4 um) A 24 ± 1 °C, 35 %. Y UNA DENSIDAD LARVAL DE 1/ml.	20
CUADRO 4.- TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> (197 ± 45.5 um) A 24 ± 1 °C, 35 %. Y 0.5 ORGANISMOS/ml.	22
CUADRO 5.- TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE EJEMPLARES ADULTOS DE <u>Argopecten circularis</u> (20.3 ± 1.66 mm), A 24 ± 2 °C, 35%. Y 0.5 ORGANISMOS/l.	22
CUADRO 6.- MADUREZ GONADICA ALCANZADA E INCREMENTO EN PESO EN ADULTOS DE <u>Argopecten circularis</u> , BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A 20 ± 2 °C, 35%. , EN 30 DIAS DE EXPERIMENTACION.	27
CUADRO 7.- TASA DE FILTRACION DE <u>Argopecten circularis</u> DE 50 mm DE LONGITUD, CALCULADA A PARTIR DEL ACLARAMIENTO DE <u>isochrysis galbana</u> Y <u>Tetraselmis chuii</u> A 20 ± 2 °C EN LOS EXPERIMENTOS DE ACONDICIONAMIENTO GONADICO.	30
CUADRO 8.- PARAMETROS DE LA ECUACION DE REGRESION LINEAL QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO LARVAL DE <u>Arvopecten circularis</u> DE 123 ± 14.4 um EN FUNCION DEL ALIMENTO A 24 ± 1 °C Y 35 % DE SALINIDAD.	43
CUADRO 9.- COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION (Parker, 1979) DE LAS ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE LAS LARVAS Y JUVENILES CE <u>Argopecten circularis</u> (CUADRO 8), CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION. LOS NUMEROS SON LAS F CALCULADAS.	45

CUADRO 10.- CRECIMIENTO DE LARVAS Y JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> CULTIVADOS BAJO DISTINTOS TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ Y 35.0 %. DE SALINIDAD.	46
CUADRO 11.- PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE LARVAS Y JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION (CUADRO 8), A $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ Y 35 DE SALINIDAD.	46
CUADRO 12.- PARAMETROS DE LA ECUACION DE REGRESION LINEAL QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE LOS JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> DE 197 ± 45.5 μm EN FUNCION DEL ALIMENTO A $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ Y 35.0 %. DE SALINIDAD.	50
CUADRO 13. COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION (Parker, 1979) DE LAS ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE LOS JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> (CUADRO 12), CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION. LOS NUMEROS SON LAS F CALCULADAS.	51
CUADRO 14.- PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA EN JUVENILES DE <u>Argopecten circularis</u> CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION (CUADRO 12), A $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 35 %. DE SALINIDAD Y 0.5 ORGANISMOS/ml.	51
CUADRO 15.- CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE <u>Argopecten circularis</u> (28.3 ± 1.7 mm), CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 35 %. DE SALINIDAD Y 0.5 ORG./l DURANTE TRES MESES.	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. - Localización de los bancos naturales de <u>Argopecten circularis</u> en La Ensenada de La Paz, B. c. s., México. (Según, Felix-Pico, 1978).	10
FIGURA 2. Regimen de temperatura seguido en la inducción al desove de <u>Argopecten circularis</u> . La línea punteada indica la temperatura de acondicionamiento.	16
FIGURA 3.- Crecimiento de <u>Isochrysis galbana</u> , <u>Tetraselmis chuii</u> y Spx cultivadas en el medio f/2 de Guillard, (1975), a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y 32‰ de salinidad. Las barras son las desviaciones estandar de la media (n=6).	25
FIGURA 4. Aclaramiento de la suspensión de microalgas en el acondicionamiento gonádico de <u>Argopecten circularis</u> , con dietas monoespecificas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y 35‰.	29
FIGURA 5. Tasa de filtración de <u>Argopecten circularis</u> (50 mm de alto), bajo diferente biomasa microalgal.	32
FIGURA 6. Desarrollo embrionario de <u>Argopecten circularis</u> (Sowerby, 1835) a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35‰ de salinidad.	35
FIGURA 7. Desarrollo larval de <u>Argopecten circularis</u> (Sowerby, 1835) cultivadas a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰ de salinidad y una dieta compuesta por <u>Isochrysis galbana</u> , <u>Tetraselmis chuii</u> y spx en una proporción 2:1:2 respectivamente, a una concentración creciente de 3 a 5×10^4 cel/ml.	37
FIGURA 8. Desarrollo de juveniles de <u>Argopecten circularis</u> (Sowerby, 1835) cultivados a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰ de salinidad y una dieta compuesta por <u>Isochrysis galbana</u> , <u>Tetraselmis chuii</u> y la microalga SpX en proporción 2:1:2 respectivamente, a una concentración creciente de 10 a 30×10^4 cel/ml.	41

- FIGURA 9.- Crecimiento de larvas y juveniles de Arpouecten circularis ($123 \pm 14.4\mu\text{m}$) bajo diferentes tratamientos de alimentación (Cuadro 8), a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35 ‰ y densidad de un organismo/ml. Las líneas fueron trazadas a partir de las ecuaciones de regresión indicadas en el Cuadro. Los puntos corresponden a la longitud promedio de 10 mediciones \pm su desviación estandar. 43
- FIGURA 10.- Supervivencia en relación con el tamaño de las larvas y juveniles de Argopecten circularis, cultivadas bajo diferentes tratamientos de alimentación (Cuadro 8) a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35 ‰ de salinidad. 48
- FIGURA 11.- Crecimiento de juveniles de Argopecten circularis ($197 \pm 45.5\mu\text{m}$) bajo diferentes tratamientos (Cuadro 12), a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35 ‰ y una densidad inicial de 0.5 organismos/ml. Las líneas fueron trazadas a partir de las ecuaciones de regresión indicadas en el Cuadro. Los puntos corresponden a la longitud promedio de 10 mediciones \pm su desviación estandar. 50
- FIGURA 12.- Relaciones existentes entre la tasa de filtración y la tasa de ingestión contra la concentración de alimento en algunos bivalvos, Adaptada de Winter (1978), por Gerdes (1983). 57
- FIGURA 13.- Morfología y dimensiones de las valvas de Argopecten circularis (Sowerby, 1835). 77
- FIGURA 14.- Esquema anatómico de Argopecten circularis (Sowerby, 1835). 81

ANEXO 1	72
1.- CARACTERÍSTICAS DE <u>Isochrysis galbana</u> Y <u>Tetraselmis chuii</u> .	72
2.- MEDIO DE CULTIVO f/2 DE GUILLARD (1975).	73
3.- COMPOSICION QUIMICA DE <u>Isochrysis galbana</u> y <u>Tetraselmis chuii</u> , WHYTE, (1987).	74
ANEXO 2	75
1.- BIOLOGIA DE LA ALMEJA CATARINA	75
2.- TAXONOMIA.	75
3.- SINCNOMIA Y NOMBRES COMUNES.	75
4.- DISTRIBUCION Y HABITAT.	76
S.- ANATOMIA.	76

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de apartar elementos técnicos aplicables en el diseño y adecuación de tecnología para la producción de semilla de la almeja catarina, Argopecten circularis. El problema se abordó desde el punto de vista de la alimentación, factor básico en el desarrollo de cualquier organismo.

Se probaron diversas dietas monoespecíficas y combinadas, formuladas a partir de cultivos monoespecíficos de las microalgas Isochrysis galbana, Tetraselais chuii y una especie (SpX) no identificada, aislada de la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Se realizó una evaluación comparativa de su calidad nutricional en el acondicionamiento gonádico de reproductores y cultivo de larvas, juveniles y adultos.

Se describe el método de inducción al desove, como medio para la obtención de larvas de esta especie y los procedimientos seguidos para su cultivo bajo condiciones controladas. Asimismo, se describen e ilustran las principales fases del desarrollo embrionario y larval hasta la etapa de juvenil. Además se presenta un análisis global de la supervivencia de larvas y juveniles antes y después del proceso de metamorfosis.

De doce dietas probadas para el acondicionamiento gonádico de adultos reproductores, la mejor fue I. galbana a concentraciones mayores de 99×10^4 cel/ml. A partir de organismos en fase de indiferenciación, se obtuvieron ejemplares totalmente maduros y aptos para el desove en un periodo de 30 días, a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 35 ‰ de salinidad y un flujo de 2 l/min de agua de mar sin filtrar por 18 horas, alternando con un fotoperiodo de seis horas con el sistema cerrado.

Entre las ocho dietas utilizadas, la combinación de I. galbana, T. chuii y la microalga SpX a concentraciones de 1.0, 1.5 y 3.0×10^7 cel/ml respectivamente, promovió el mejor crecimiento larval y la más baja mortalidad asociada a la metamorfosis.

La misma mezcla, en una concentración de 10, 5 y 10×10^7 cel/ml respectivamente, promovió el óptimo crecimiento y supervivencia de los juveniles. Al igual que para larvas, el trabajo experimental se realizó a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35‰ de salinidad.

La combinación de I. galbana y chuii en concentraciones de 25.2 y 14.8×10^7 cel/ml, promovió el mayor crecimiento en peso y longitud de organismos adultos, a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ y 35 ‰ de salinidad. Sin embargo, este rendimiento fue inferior al registrado en artes de cultivo suspendidas en el mar.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

La explotación de los recursos marinos en Baja California Sur constituye una de sus principales fuentes económicas, siendo los moluscos una de sus pesquerías más importantes por su diversidad, abundancia y fácil acceso a sus zonas de explotación. Dentro de este recurso, la almeja catarina (Argopecten circularis, Sowerby, 1835) ha sido tradicionalmente explotada, teniéndose registros de que sus poblaciones han disminuido notablemente en Bahía de La Paz, Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, Bahía Concepción, Laguna San Ignacio y Bahía Sto. Domingo. Esta almeja, por ser bentónica de poco desplazamiento, es fácilmente capturada, y su alto valor en el mercado (\$13,000.00 a 23,500.00 por kilogramo de músculo aductor), hace de ésta, un recurso muy codiciado del cual no solo se aprovecha el músculo aductor sino también sus vísceras y sus conchas.

La captura de almeja catarina ha tenido un acelerado crecimiento en los últimos años, pasando de 10,000 Tons en 1988, a 38,000 Tons en 1989. La alternativa a una posible sobreexplotación de esta almeja, es su cultivo. Las experiencias en este campo se limitan a experimentos que aún no demuestran

la factibilidad económica a nivel comercial.

Con el fin de fomentar el interés por la acuacultura y finalmente preservar el recurso, el 1° de Julio de 1987 se decretó que cualquier solicitud de permiso de pesca para esta especie debe estar respaldado de un programa de acuacultura. Para dar cumplimiento a esta disposición, se ha acordado entre permisionarios, cooperativistas y el sector oficial, llevar a cabo un programa global de manejo acuícola en Bahía Magdalena, B. Concepción, B. San Ignacio, Laguna Ojo de Liebre y Guerrero Negro, que incluye la captación de semillas silvestres, y la siembra y engorda de las mismas en sitios reservados para este propósito.

El Departamento de Acuacultura, de la Delegación Federal de Pesca en Baja California Sur, ha obtenido buenos resultados en el desarrollo de cultivos piloto de esta almeja, cosechando almejas de más de 50 mm en seis meses con la técnica de captación de semilla silvestre y crecimiento en cultivos de suspensión. Los rendimientos reportados alcanzan hasta 2.32 Kg de peso húmedo/m² lo cual ha alentado la posibilidad de constituirse como actividad comercial (Tripp- Puezada, 1985; Vicencio-Aguilar y Singh-Cabanillas, 1988). Este método de cultivo es incierto, ya que se sustenta en la cantidad de semillas que se logren captar y esto a su vez depende de la cantidad de reproductores en el área, de las corrientes que arrastran las larvas planctónicas y de las condiciones ambientales que afectan la madurez y el desove

de estos organismos. Lo anterior puede ser parcialmente superado si se asegura el abasto de una parte de los juveniles requeridos a lo largo del año, mediante el acondicionamiento gonádico de reproductores, el desove y cultivo de larvas y juveniles en el laboratorio .

Existe abundante literatura sobre las condiciones de alimentación y temperatura requeridas para acondicionar gonádicamente moluscos bivalvos en el laboratorio, fuera de las épocas de reproducción natural (Davis y Guillard, 1958; Calabrese y Davis, 1970; Castagna y Duggan, 1971; Breese y Malouf, 1975; Creeckman, 1977; Epifanio y Ewart, 1977; Hela y Hillican, 1977 y Disalvo et al. 1984). De estos trabajos se puede sintetizar que la madurez gonádica de los moluscos se puede acelerar manteniendo la temperatura a cierto nivel específico, y suministrando una cantidad suficiente de alimento. Normalmente ésta es superior a la producción natural del mar, por lo que grandes y costosas cantidades de alimento deberán ser producidas en el laboratorio para lograrlo.

En A. circularis se conoce la evolución de la madurez gonádica de poblaciones silvestres (Baqueiro-Cárdenas et al., 1982; Rodríguez-Jaraai et al., 1987; Massó-Rojas y Peña-Ramírez, 1990) y cultivadas experimentalmente (Felix-Pico, 1978 y Tripp-Quezada, 1985). Igualmente para las poblaciones de "Bay Scallop" del Atlántico, (A. irradians) se han reportado variaciones latitudinales de madurez gonádica y su relación con

los parámetros fisicoquímicos (Sastry, 1963 y 1979). Sastry (1963), desarrolló para esta misma almeja una escala empírica para determinar la madurez gonádica, tomando en cuenta la forma, el tamaño y el color de las gónadas examinadas ~~de~~ ~~de~~ acrosópicamente y confirmada histológicamente.

En torno a la nutrición en bivalvos, a la fecha no se ha podido formular una dieta universal que satisfaga a las diferentes especies de los requerimientos alimenticios esenciales. Esto se debe a sus diferencias morfológicas, genéticas, fisiológicas, etc., lo cual ha hecho necesario determinar experimentalmente sus requerimientos alimenticios en sus diferentes estadios de desarrollo. Al respecto, De Pauw, (1981) cita más de 40 especies fitoplanctónicas que han sido con frecuencia utilizadas como alimento para moluscos bivalvos. Isochrysis galbana y Tetraselmis son dos microalgas de alto valor nutritivo, de composición bioquímica similar (Whyte, 1987), que han sido utilizadas como alimento en larvas de Ostrea is,al Crassostrea virginica, C. gigas, Mercenaria mercenaria, Mytilus edulis, Venerupis semidecusata, Argopecten irradians, Pinctada ~~de~~ ~~de~~ azatlanica, y Modiolus capax (Sastry, 1965; De Pauw, 1981 y Mazón-Suástegui, 1987). Estas microalgas son de tamaño pequeño (3 a 10 μm), carecen de pared celular gruesa y de poca producción de exometabolitos tóxicos (Davis y Guillard, 1958; Loosanoff y Davis, 1963; Walne, 1974; Ukeles, 1975 y Epifanio, 1981).

Los bivalvos son invertebrados que filtran las partículas del medio acuático para alimentarse. Esta forma de alimentación se conserva durante toda la vida del organismo una vez agotadas las reservas vitelinas del embrión. En general, la tasa de filtración aumenta conforme crece el organismo. Sin embargo, la tasa de filtración está influenciada a su vez entre otras cosas, por la concentración de partículas en el medio y del tamaño de las mismas. El intervalo de concentración de partículas en el cual los bivalvos filtran en forma óptima, independientemente del estadio de desarrollo en que se encuentre, es muy estrecho, según lo ilustra Winter, (1978).

El tamaño de las partículas es también de suma importancia. El tamaño preferencial para una especie dada depende de la morfofisiología del aparato filtrador del organismo. Normalmente se considera buen tamaño de partículas para bivalvos entre 3 y 15 μ m de diámetro. Una vez filtrado el alimento, éste es ingerido por el organismo y posteriormente asimilado y/o excretado.

En estudios de nutrición donde se evalúan diferentes dietas, conteniendo partículas de diverso tamaño, se determina si la calidad de una dieta está directamente influenciada por el efecto de selección que implica la filtración per se, o por el contenido nutritivo de la microalga. Existen estudios detallados donde se analiza el destino de los componentes bioquímicos del alimento filtrado e ingerido en larvas de bivalvos (Whyte, 1987).

Por último, la experiencia acumulada sobre alimentación de bivalvos empleando microalgas cultivadas, indica que las dietas elaboradas con una mezcla de dos o más especies, promueven un mejor crecimiento que las dietas monoespecíficas (Davis y Guillard, 1958; Loosanoff y Davis, 1963; Walne, 1964 y De Pauw, 1981). La explicación a este hecho es que las microalgas contienen elementos nutritivos en diferentes proporciones, los cuales al sumarse en la mezcla, proporcionan todos los requerimientos nutritivos del molusco. Al igual que la concentración celular, no existen cantidades establecidas para definir las proporciones óptimas de una mezcla dada y solo los resultados de la experimentación podrán determinarlas.

El presente trabajo, tiene como objetivo determinar el crecimiento de larvas, juveniles y adultos de almeja catarina, bajo distintos tratamientos de alimentación. Además se pretende describir el desarrollo embrionario, larval y juvenil de esta especie. Finalmente, se prueba la factibilidad de acelerar la madurez gonádica de A. circularis fuera de los periodos naturales de reproducción (acondicionamiento gonádico), probando un método de alimentación discontinuo.

CAPITULO 2

METODOLOGIA

2.1 Cultivo de microalgas

El fitoplancton empleado en el presente trabajo, fué producido siguiendo la técnica de cultivo por lotes descrito por Guillard, (1975). Las especies seleccionadas para los estudios fueron los microflagelados Isochrysis galbana, (Parke, 1949) y Tetraselmis chuii, (Butcher, E.G. Prings), ya que se conoce ampliamente su alto valor nutritivo en larvas y adultos de varios moluscos filtradores (Davis y Guillard, 1958; Loosanoff y Davis, 1963; Calabrese y Davis, 1970; Ukeles, 1971; Walne, 1974; Dupuy et al. 1977; Helm, 1977; y De Pauw, 1981). Además en algunos experimentos, se empleó la microalga SpX la cual aun no ha sido identificada. Esta fué aislada de la Ensenada de La Paz en el laboratorio de investigación básica para acuicultura del CRIP-La Paz, siguiendo la técnica de dilución seriada (Guillard, 1975 y Thronsen, 1985). Esta microalga tiene un diámetro celular entre 1 y 2 μm . Es de color verde olivo brillante, con formación de cadenas de dos a doce células esféricas, sin pared celular gruesa, ni flagelos. En condiciones de cultivo, esta microalga perdió la formación de cadenas y se mantuvo en grupos de dos a

una células. Además, presentó un rápido crecimiento y susceptibilidad de cultivo.

El cultivo de las tres especies de microalgas se inicia transfiriendo 10 ml de inóculo axénico en fase exponencial de crecimiento, a un matraz Erlenmeyer con 100 ml de medio "f/2" estéril (Anexo 1). Este medio se elaboró de acuerdo a la fórmula de Guillard (1975), con la variante en la preparación de la solución patrón de vitaminas (Anexo 1). Al alcanzar la fase exponencial, el cultivo se transfirió a otro matraz de 250 ml conteniendo el mismo medio de cultivo. Este procedimiento de transferencia en fase exponencial y aumento de volumen, se continuó hasta alcanzar 2.0 l, pasando por 0.5 y 1.0 l.

El cultivo de dos litros sirvió como inóculo para garrafones de vidrio conteniendo 18 litros de medio f/2. Los 20 litros de cultivo resultantes en fase exponencial de crecimiento, se emplearon como alimento en los experimentos con larvas, 0 fueron el inóculo de 300 litros de medio contenidos en un tanque de fibra de vidrio. Los cultivos en tanque, se emplearon para llevar a cabo el acondicionamiento gonádico de los reproductores y los experimentos con adultos.

El agua de mar empleada para garrafones y tanques de fibra de vidrio fue filtrada hasta cinco micras mediante filtros de arena, carbón activado y fibra de vidrio, se le reguló la salinidad a 32%. y se esterilizó agregando 0.25 ml/l de una

solución al 5% de hipoclorito de sodio. Doce horas **después**, el cloro residual del medio, **fué** neutralizado agregando **1 ml** de una **solución** 2N de Tiosulfato de Sodio por cada ocho litros de agua de mar clorinada. A partir de este momento, el medio **fué** aireado **profusamente** durante 6 horas, antes de **añadir** los nutrientes y el inóculo. Los cultivos recibieron **iluminación** constante y se mantuvieron a una temperatura de 20 ± 2 °C. Diariamente antes de proceder a la **preparación** de las dietas de los distintos tratamientos, la **concentración** de los cultivos se estimó contando bajo el microscopio las **células** montadas en un **hemocitómetro**.

2.2 Acondicionamiento **gonádico**.

Doscientos cincuenta ejemplares adultos de **A. circularis** fueron colectados en el mes de Febrero de 1983 mediante buceo libre, en los bancos naturales de la Ensenada de La Paz, B.C.S. (Figura 1). La totalidad de los organismos se encontraron en fase V de postdesove (**Sastry, 1963; Cuadro 1**). Las almejas fueron aclimatadas a las condiciones del laboratorio durante un mes, en un tanque de 500 litros recibiendo un flujo de 5 l/min de agua de mar sin filtrar, a temperatura ambiente (24 ± 2 °C). En esta etapa, no se **agregó** al inóculo suplementario. Según Signoret y San toyo (1980), el promedio anual de **concentración fitoplanctónica** en las áreas donde existen los bancos naturales es de 793 cels/ml, mientras que en la **estación** de donde se bombeaba el agua al laboratorio, **fué** ligeramente menor, 650

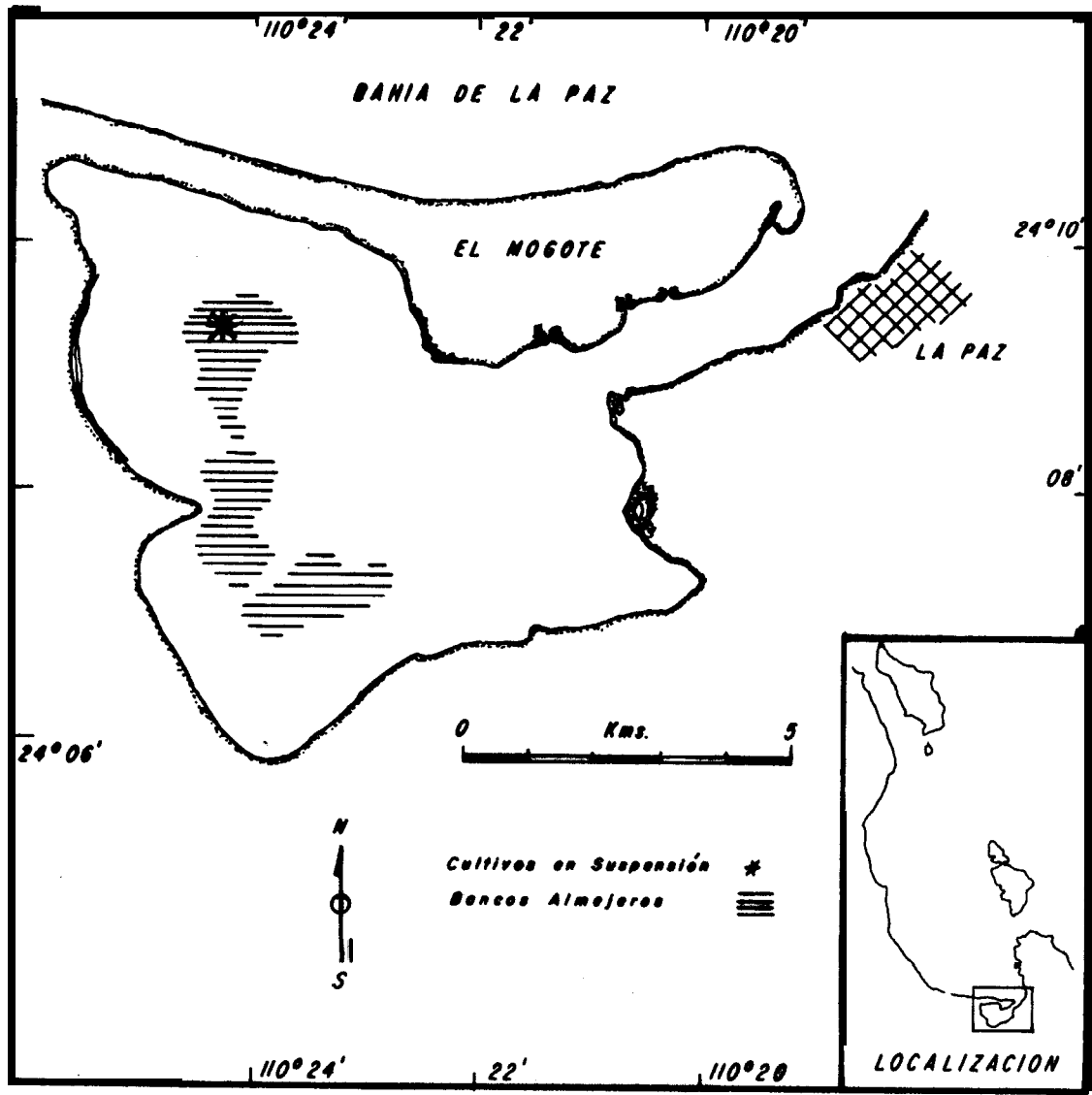


FIG.1.- LOCALIZACION DE LOS BANCOS NATURALES DE *Argopecten circularis* (Sowerby , 1835) EN LA ENSENADA DE LA PAZ, B. C. S., MEXICO. (Segun Félix - Pico 1978).

CUADRO 1
 ESCALA EMPIRICA DE MADUREZ GONADICA
 (Según Sastry, 1963)

FASE DE MADUREZ	DESCRIPCION
I INDIFERENCIACION	Gónada pequeña y transparente, solo se observa tejido reproductivo en estrechos túbulos con células germinales primarias.
II GAMETOGENESIS	Se incrementa el tamaño de la gonada, la porción ovárica y testicular no se distinguen a simple vista; sin embargo, al microscopio se revela que algunos folículos han desarrollada espermatogonias y oogonias.
III MADUREZ	La gónada aumenta en volumen, la porción testicular se observa blanquecina y la ovárica anaranjado pálido. En el testículo se observan grupos de espermatogonia y algunos espermatozoos y en el ovario se ven oocitos pedunculados y una gran vesícula germinal.
IV DESOVE	La gónada se ha incrementado notablemente en volumen. El testículo y ovario se ven de color blanco-cremoso y naranja-rojizo brillante respectivamente, en una observación microscópica se observan los espermatozoides libres y los oocitos maduros en forma de pera.
V POSTDESOVE	La gónada se encuentra parcialmente agotada, el testículo y el ovario se distinguen por los restos del producto gonadal.
VI REPOSO	La gónada se observa totalmente agotada de color café-brillante y translúcido sin diferenciarse el testículo del ovario.

cels/ml. Tomando en consideración el alto flujo de agua suministrado al tanque que contenía los organismos, se infirió la existencia de suficiente fitoplancton disponible para las almejas en el laboratorio, sin causar desnutrición.

Posterior al periodo de aclimatación y con el fin de llevar a cabo el acondicionamiento gonádico de reproductores, se seleccionaron 130 organismos con una longitud promedio de 50 mm, que de acuerdo a la escala empírica de Sastry, (1963) se encontraron en fase de indiferenciación gonádica. Enseguida se formaron 13 grupos de 10 organismos, los cuales fueron marcados y pesados antes de colocarse en charolas de madera recubiertas de fibra de vidrio con una capacidad de 60 litros y agua de mar sin filtrar a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura y 35% de salinidad.

Los reproductores fueron sometidos a un régimen de 18 horas de oscuridad con flujo de 2 l/min de agua de mar, alternando con periodos de seis horas de iluminación con lámparas fluorescentes de 40 w, durante los cuales se suspendía el flujo de agua y se suministraban las microalgas L. galbana y T. chuii en forma individual o combinada, a diferentes concentraciones y proporciones (Cuadro 2).

En aquellos grupos sometidos a una dieta monoespecífica y durante los periodos de alimentación en sistema cerrado, se estimó cada hora el número de células removidas, tomando muestras de un mililitro de cada charola y fijándolas en formol al 4% para

CUADRO 2
 TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION
 UTILIZADOS EN EL ACONDICIONAMIENTO
 GONADICO DE Arnouecten circularis, A
 20 ± 2°C Y 35%.

N° DE TRATA- MIENTO	COMPOSICION DE LA DIETA (10 ⁴ cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10 ⁴ cel/ml)
1	125 Iso	125
3	100 75 Iso Iso	100 75
4	50 Iso	50
5	40 Tetra	40
6	30 Tetra	30
7	20 Tetra	20
8	10 Tetra	10
9	99 Iso + 11 Tetra	110
10	79 Iso + 26 Tetra	105
11	50 Iso + 40 Tetra	90
12	Agua de mar s/filtrar	NC
13	Agua de mar s/filtrar	NC

NC = No cuantificada

Iso = Isochrysis galbana

Tetra = Tetraselmis chuii

posteriormente contar las células en un heecitbaetro. Esto con el fin de determinar la tasa de filtración de la especie en función de la cantidad del alieento consumido, aplicando la ecuación propuesta por Gerdes, (1983).

$$F = \frac{V (\ln C_1 - \ln C_2)}{t}$$

En donde: F = Tasa de filtración (l/h)

V = Volumen del contenedor (l)

In C₁ y ln C₂ = Logaritmo natural de la concentración inicial y final de las microalgas en un tiempo dado. (No. de células/l).

t = duración del experimento (h)

Antes de agregar las microalgas, las heces fecales acumuladas en el fondo de las charolas fueron removidas por sifoneo y además se observaba el estado de madurez gonádica de las almejas que se encontraban con las valvas abiertas. Durante los períodos de alimentación, se mantuvo con un flujo de aire constante el agua de mar de las charolas, con el fin de mantener homogénea la suspensión algal, oxigenar el agua y eliminar las sustancias tóxicas volátiles como el bioxido de carbono y el amoníaco los cuales se acumulan en el agua estancada (Guillard, 1975).

En esta etapa del estudio, el criterio para considerar la madurez gonádica completa, fué cuando el 100% de los organismos bajo un tratamiento dado se encontraron en Fase IV (Sastry, 1963), procediéndose a registrar la ganancia en peso húmedo de los individuos.

2.3 Inducción al desove.

Una vez **alcanzada** la Fase IV de madurez **gonádica**, los organismos fueron inducidos al desove con el **método** de fluctuaciones **térmicas** (Figura 2), en las mismas charolas de acondicionamiento, utilizando agua de mar filtrada y esterilizada con luz ultravioleta para evitar la **contaminación** de los huevos con **parásitos** y competidores.

Previamente a la **inducción**, las almejas fueron limpiadas minuciosamente eliminando epibiontes de sus conchas y con el fin de permitir la evacuación del tracto digestivo, se mantuvieron sin alimento durante las 24 horas previas al desove, en un sistema recirculante con agua de mar filtrada a las mismas condiciones de salinidad y temperatura del acondicionamiento.

Toda vez que **algún** organismo iniciaba la **expulsión** de gametos, se transfería a un recipiente de vidrio de un litro con agua de mar a **la** misma temperatura. Cuando se **observó** el agotamiento de la **porción** testicular, la almeja se **transfirió** nuevamente a otro recipiente para que expulsara los óvulos. Lo anterior con el fin de obtener por separado **óvulos** y espermatozoides y evitar la autofecundación.

2.4 Fertilización

Los ovulos y espermias expulsados de todos los organismos, se concentraron separadamente en cubetas de plástico de 20 l. Luego, la fertilización in vitro se llevó a cabo agregando 5 ml de la suspensión de espermatozoides, por cada 20 l de suspensión de óvulos. Pasados 10 min, una muestra de óvulos fué observada bajo el microscopio para cuantificar la incidencia de óvulos fecundados. En caso de encontrar una proporción menor del 75%, 2 ml adicionales de espermatozoides fueron añadidos a la suspensión de huevecillos.

2.5 Desarrollo embrionario y cultivo de larvas.

Los huevecillos fertilizados, fueron transferidos a un tanque de fibra de vidrio de 500 litros de capacidad con agua de mar filtrada y tratada con radiación ultravioleta a 24 ± 1 °C, de donde en forma periódica se tomaban cinco muestras de un mililitro cada una, para observar al microscopio las características más sobresalientes del desarrollo embrionario, y posteriormente del desarrollo larval, realizando a mano esquemas de las estructuras más representativas.

A partir de las 24 horas, se proporcionó aireación moderada y de acuerdo a las técnicas y procedimientos tradicionalmente aplicados para moluscos bivalvos (Loosanoff y

Davis, 1963; Castagna y Duggan, 1971; Breese y Malouf, 1975; Disalvo et al., 1984 y Mazón-Suástegui, 1987) las larvas fueron cultivadas a una densidad inicial de 15 a 30/ml, que se redujo paulatinamente hasta llegar finalmente a 0.25/ml, mientras que la concentración de alimento fué creciente, iniciando con 30,000 cel/ml hasta llegar a 300,000 cel/ml. en una proporción 2:1:2 de I. galbana, T. chuii y la microalga SpX respectivamente.

Cada tercer día, el agua del cultivo fué renovada por completo, reteniendo las larvas en tamices de nylon cuya porosidad era justamente pequeña para retenerlas y suficientemente grande para permitir el paso de sólidos en suspensión no deseables. Las partículas mayores se retuvieron en un tamiz de nylon de 200 μ m, colocado sobre los de menor porosidad.

Las larvas y juveniles obtenidos en el cultivo anterior sirvieron para abastecer los cultivos experimentales propuestos a continuación.

2.6 Crecimiento larval en relación a la cantidad y calidad del alimento.

Se realizó un experimento de crecimiento con larvas de ocho días de edad probando diferentes dietas durante 17 días. Las dietas se prepararon a partir de cultivos monoalgales, las

cuales se suministraron solas o combinadas a una concentración conocida (Cuadro 3).

Las larvas empleadas en el experimento, se obtuvieron del cultivo que se llevaba a cabo en el tanque de 500 l (Sección 2.5). Transfiriéndose siete litros con una densidad aproximada de una larva/ml de 123 ± 14.4 um (tallas homogéneas por tamizado), a cada uno de los ocho acuarios de acrílico transparente con capacidad de 11 litros, conteniendo siete litros de agua de mar filtrada y tratada con luz ultravioleta, mantenida a 24 ± 1 °C y 35 ‰ de salinidad, con suficiente aireación para permitir la distribución homogénea de larvas y alimento. El agua marina se renovó cada tercer día, capturando las larvas en tamices de diversas luz de malla. En cada cambio de agua, las larvas se acumularon en un volumen de un litro de agua de mar de donde se tomó una muestra de un mililitro, ésta se colocó en una cámara Neubauer para estimar el número de larvas vivas y realizar la biometría de las primeras diez larvas bajo un microscopio compuesto con una reglilla micrométrica calibrada en uno de los oculares del microscopio.

2.7 Crecimiento de juveniles en relación a la cantidad y la calidad del alimento.

Un experimento similar al anterior (Sección 2.6) se llevó a cabo empleando 4000 organismos juveniles en su mayoría, de 197

CUADRO 3
 TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN
 EL CULTIVO DE LARVAS Y JUVENILES DE
Argopecten circularis ($123 \pm 14.4 \mu\text{m}$), A $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35%. Y UNA DENSIDAD LARVAL DE 1/ml.

N° DE TRATA- MIENTO	COMPOSICION DE LA DIETA (10^4 cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10^4 cel/ml)
1	5.0 Iso	5.0
2	3.0 Iso	3.0
3	2.0 Tetra	2.0
4	1.0 Tetra	1.0
5	1.7 Iso + 0.6 Tetra	2.3
6	20.0 Spx	20.0
7	1.0 Iso + 1.5 Tetra + 3.0 Spx	5.5
8	Agua de mar filtrada	NC

NC = No calculada.
 Iso = Isochrysis galbana
 Tetra = Tetraselmis chuii
 Spx = Microalga no identificada

± 45.0 μm de longitud y 15 días de edad, obtenidos del laboratorio. Los organismos se dividieron en cuatro grupos, los cuales recibieron diferentes tratamientos de alimentación (Cuadro 4). Estos se mantuvieron bajo cultivo durante 20 días, en acuarios de acrílico transparente de 11 litros de capacidad, a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰ de salinidad, aireación suficiente y una densidad de 0.2 organismos/ml.

2.8 Crecimiento de adultos en relación a la cantidad y calidad del alimento.

Mil ejemplares adultos de 20.3 ± 1.6 mm, colectados de los bancos naturales de la Ensenada de La Paz (Figura 1), fueron distribuidos en grupos de 250 en tanques de fibra de vidrio con capacidad de 500 l y mantenidos bajo cultivo durante tres meses. Cada grupo de almejas recibió diferente dieta (Cuadro 5) la cual se administró una vez al día. Diariamente antes de agregar el alimento, las heces fecales acumuladas en el fondo del tanque fueron removidas por sifoneo, reponiéndose el agua perdida por agua de mar sin filtrar. Cada tercer día se cambió totalmente el agua de los tanques. El cultivo de estas almejas se mantuvo a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$), 35‰ de salinidad y aireación constante.

Simultáneamente un grupo de 250 almejas del mismo lote (Tratamiento 5) se cultivó por tres meses, en canastas Nestier suspendidas de una línea larga instalada sobre el banco natural

CUADRO 4
 TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS EN
 EL CULTIVO DE JUVENILES DE Argopecten
circularis ($197 \pm 45.5 \text{ um}$), A $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35
 %. Y 0.5 ORGANISMOS/ml.

N° DE TRATA- MIENTO	COMPOSICION DE LA DIETA (10^4 cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10^4 cel/ml)
1	20 Iso	20.0
2	10 Iso	10.0
3	20 Iso + 5 Tetra + 10 SpX	35.0
4	10 Iso + 5 Tetra + 10 Spx	25.0

Iso = Isochrysis galbana
 Tetra = Tetraselmis chuii
 Spx = Microalga no identificada

CUADRO 5
 TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION UTILIZADOS
 EN EL CULTIVO DE EJEMPLARES ADULTOS DE
Argopecten circularis ($20.3 \pm 1.7 \text{ mm}$),
 A $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 35 %. Y 0.5 ORGANISMOS/l.

N° DE TRATA- MIENTO	LOCA- LIDAD	COMPOSICION DE LA DIETA (10^4 cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10^4 cel/ml)
1	Lab.	50.0 Iso	50.0
2	"	33.3 Tetra	33.3
3	"	25.5 Iso + 14.8 Tetra	40.0
4	"	Agua de mar s/filtrar	NC
5	Ensenada de La Paz	NC	0.02-0.08*

* Signoret y Santoyo, (1980).

NC = No cuantificada.

Iso = Isochrysis galbana

Tetra = Tetraselmis chuii

de almejas en el Comitán (Figura 1). Cada canasta contenía 50 organismos. Las canastas se limpiaron mensualmente y fue cuando se llevó a cabo la biometría de las almejas y el registro de la temperatura superficial y la salinidad del agua de mar.

El presente estudio se llevó a cabo de mayo a julio de 1984, cuando se reporta una concentración de fitoplancton superficial de 800 cel/ml y una temperatura y salinidad de $25.5 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ y 35 ‰., (Signoret y Santoyo, 1980).

En los tratamientos bajo condiciones de laboratorio, se determinó la longitud de la concha y el peso húmedo de la totalidad de los ejemplares, al inicio y al final del experimento.

CAPITULO 3

RESULTADOS

3.1 Cultivo de *Microalgas*

Las curvas de crecimiento de las *Microalgas* *SpX*, *I. galbana* y *T. chuii*, cultivadas se muestran en la Figura 3. En éstas, se puede observar las fases típicas de crecimiento de un cultivo de microalgas a excepción de la fase inóculo. Esto es debido quizás a la alta concentración celular del inóculo empleado en los tres casos (8.5 , 4.5 y 2.0×10^6 cel/ml de *SpX*, *I. galbana* y *chuii*, respectivamente). Además, las células inoculadas se encontraban en fase exponencial de crecimiento cuyo medio de cultivo fue también el f/2 de Guillard. Sin embargo, las fases exponencial, declinante, estacionaria y muerte, se muestran claramente en la Figura 3. La fase exponencial de las tres especies se alcanzó entre los primeros cinco días, con concentraciones *aproximadas* de 10 , 5 , y 3.0×10^4 cels/ml respectivamente. La fase declinante ocurrió entre los cinco y siete días de cultivo, alcanzándose la fase estacionaria después de los siete días. La concentración promedio en la fase estacionaria de *SpX*, *I. galbana* y *T. chuii* fueron de 11.7 , 9.5 y 3.2×10^4 cel/ml respectivamente. Esta fase tuvo una duración variable, dependiendo de la especie: 14 días para *SpX*, 12 días

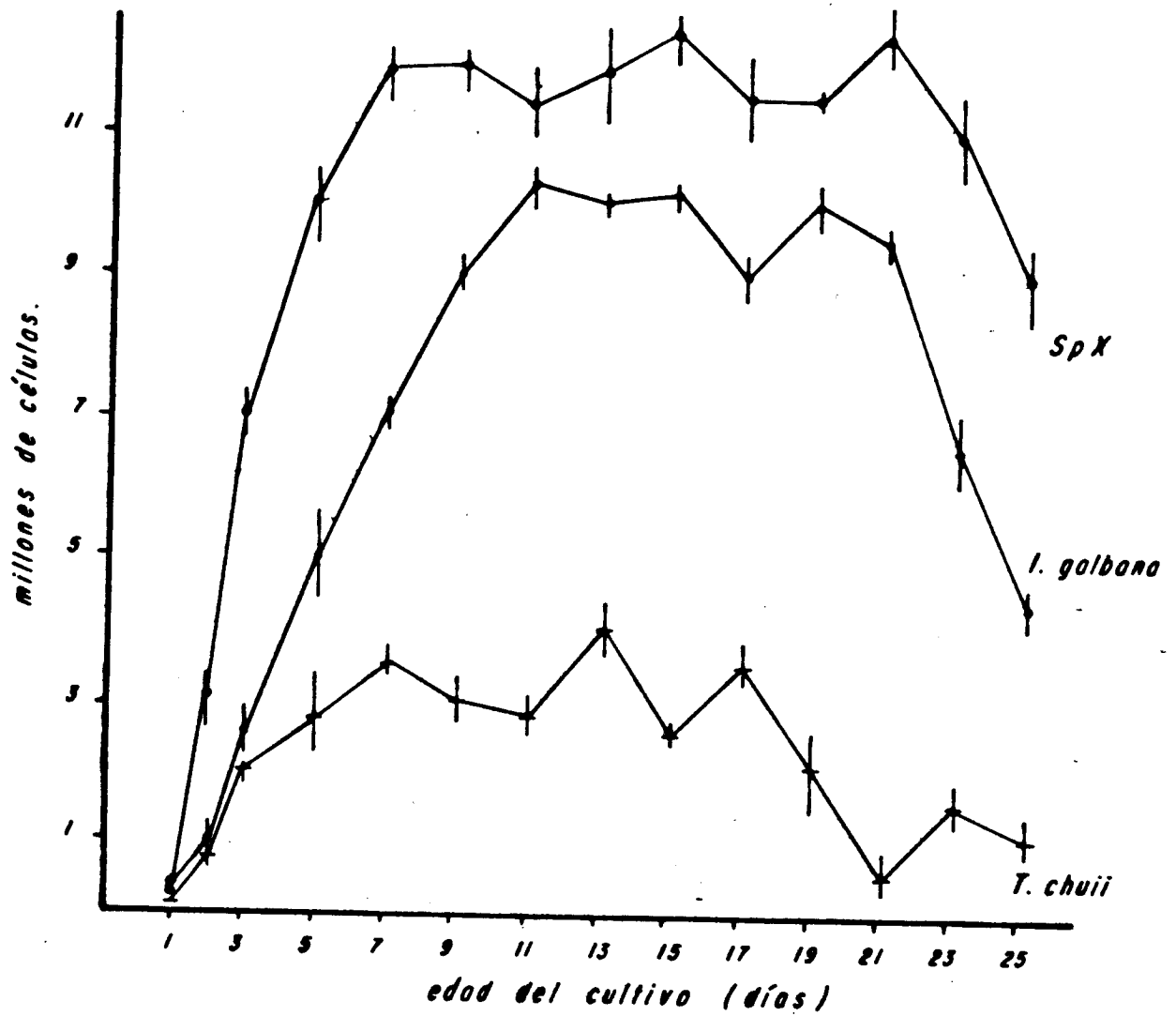


Fig. 3.- Crecimiento de *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis chuii* y *SpX*, cultivadas en el medio f/2 (Guillard, 1975), a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y 32 ‰ de salinidad. Las barras son la desviación estandar de la media (n=6).

para I. galbana y 10 para T. chuii. Las variaciones interespecificas en la duración de la fase estacionaria, se explican probablemente por el agotamiento de nutrientes disponibles para las células en cada cultivo.

3.2 Acondicionamiento gonádico.

La eficiencia de las diferentes dietas probadas en el presente trabajo, para acondicionar gonádicamente adultos de almeja catarina a 20 ± 2 °C y 35 ‰, fue determinada a partir de la apariencia morfocromática de la gónada según los criterios de la escala empírica de Sastry, (1963) en un periodo de 30 días.

Los resultados (Cuadro 6) indican que es posible acondicionar la almeja catarina en el laboratorio, a partir de organismos inmaduros en Fase I. Las dietas 1, 2 y 9 compuestas por más de 99×10^4 cel/ml de I. galbana sola o mezclada con T. chuii, fueron las únicas que acondicionaron exitosamente los adultos de almeja catarina. El 100% de los organismos (n=10) de esos tratamientos, alcanzaron la Fase IV, e incrementaron su peso húmedo promedio en 2.42, 1.88 y 1.27 g/almeja respectivamente, en 30 días.

Las dietas con concentraciones menores que 99×10^4 cel/ml de I. galbana dietas 3, 4, 10 y 11 en forma sola o combinada con T. chuii, provocaron un avance significativo en la

CUADRO 6
MADUREZ GONADICA ALCANZADA E INCREMENTO EN PESO EN ADULTOS DE Argopecten circularis, BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A $20 \pm 2^\circ\text{C}$, Y 35%. EN 30 DIAS DE EXPERIMENTACION.

N° DE TRATAMIENTO	COMPOSICION DE LA DIETA (10 ⁶ cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10 ⁶ cel/ml)	% DE ORGANISMOS EN FASE DE MADUREZ GONADICA				ORGANISMOS DESOVADOS (%)	INCREMENTO * PESO HUMEDO (g)
			IV	III	II	I		
1	125 Iso	125	100	---	---	---	100	1.88 ± 1.35
2	100 Iso	100	100	---	---	---	100	2.42 ± 0.48
3	75 Iso	75	---	80	20	---	---	0.92 ± 1.56
4	50 Iso	50	---	40	60	---	---	0.27 ± 1.65
5	40 Tetra	40	---	40	20	40	---	0.22 ± 1.85
6	30 Tetra	30	---	---	80	20	---	0.13 ± 2.04
7	20 Tetra	20	---	---	---	100	---	-0.01 ± 1.23
8	10 Tetra	10	---	---	---	100	---	-0.22 ± 1.66
9	99 Iso + 11 Tetra	110	100	---	---	---	100	1.27 ± 2.09
10	79 Iso + 26 Tetra	105	---	60	40	---	---	0.91 ± 1.56
11	50 Iso + 40 Tetra	90	---	20	80	---	---	0.22 ± 0.94
12	Agua de mar s/filtrar	NC	---	---	---	100	---	-0.43 ± 1.34
13	Agua de mar s/filtrar	NC	---	---	---	100	---	-0.90 ± 1.42

* = Promedio de diez mediciones ± su desviación estandar.

NC = No cuantificado.

Iso = Isochrysis galbana

Tetra = Tetraselmis chuii

madurez **gonádica** de los reproductores, aunque en ninguno de los casos, las almejas alcanzaron la Fase IV ni desovaron. El incremento en peso húmedo promedio **varió** entre 0.92 y 0.22 g/almeja. Por otra parte, la dieta 5 compuesta por 40×10^4 cel/ml de T. chuii, **promovió** la madurez gonádica del 40% de los organismos hasta la Fase III, y del 20% hasta la Fase II. El restante **40%**, **permaneció** indiferenciado (Fase I). En este Tratamiento (5), se registró un incremento muy pequeño (0.22 g) en peso húmedo promedio por individuo igual que en el Tratamiento II; aunque el Tratamiento 5, **presentó** un mejor desarrollo **gonádico**. El resto de los Tratamientos, a base de agua de mar con filtrado primario, no promovieron el desarrollo **gonádico**, y en algunos casos (Tratamientos 7, 8, 12 y 13), se registró una **pérdida en peso húmedo**. En ninguno de los Tratamientos, se registró mortalidad alguna.

3.2.1 Tasa de filtración.

La tasa de **filtración**, en los Tratamientos 1 al 8 con dietas monoespecíficas en el acondicionamiento **gonádico** (Cuadro 6), se **estimó** a partir del aclaramiento de la suspensión de microalgal, durante las seis horas posteriores a la **adición** del alimento con el flujo interrumpido. Los resultados (Figura 4), indican que el consumo del alimento ocurre en forma exponencial, con coeficientes de **correlación** mayores a 0.90 (Cuadro 7). En todos los Tratamientos, el alimento fue casi totalmente consumido

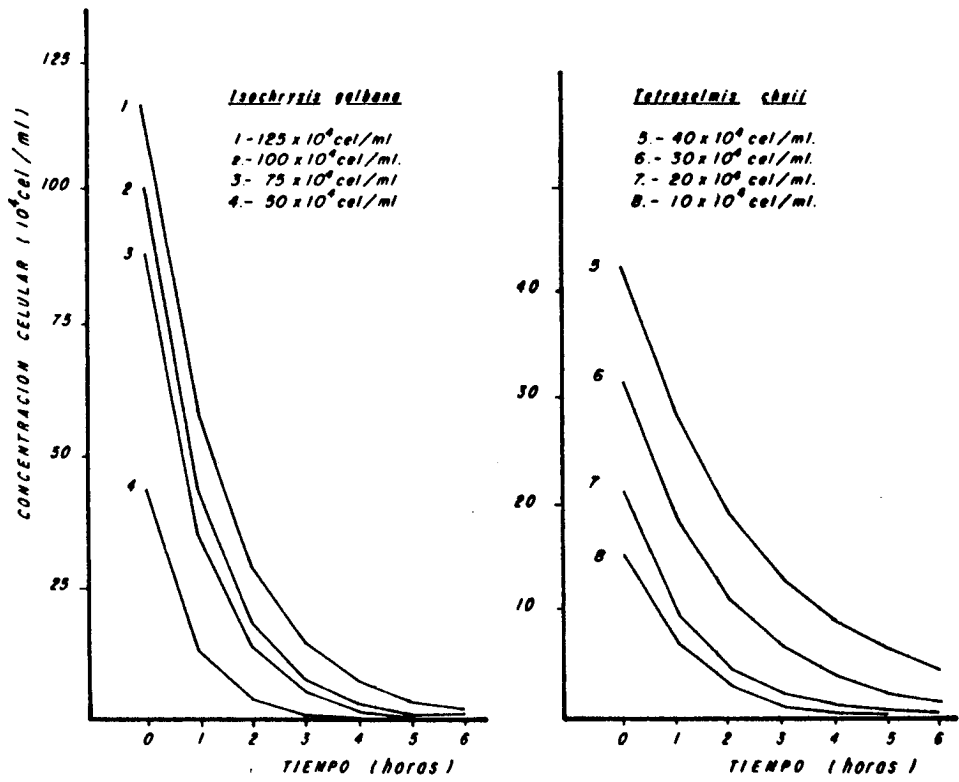


Fig.4.- Aclaramiento de la suspensión de microalgas en el acondicionamiento gonádico de *Argopecten circularis*, con dietas monoespecíficas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y 35‰.

CUADRO 7
 TASA DE FILTRACION DE Arthrospira circularis DE 50 mm DE LONGITUD,
 CALCULADA A PARTIR DEL ACLARAMIENTO DE Isochrysis galbana Y
Tetraselmis chuii, A $20 \pm 2^\circ\text{C}$, EN LOS EXPERIMENTOS DE
 ACONDICIONAMIENTO GONADICO.

Nº DE TRATA- MIENTO	CONCENTRACION INICIAL (10 ⁴ cel/ml)	BIOMASA ALGAL* (ug/ml)	PARAMETROS DE REGRESION EXPONENCIAL			TASA DE FILTRACION INDIVIDUAL (1/h)
			a	b	r	
1	125 Iso	38	1.170	-0.685	-0.983	2.7
2	100 Iso	30	1.070	-0.877	-0.990	3.5
3	75 Iso	23	0.886	-0.911	-0.986	3.6
4	50 Iso	15	0.444	-1.198	-0.989	4.7
5	40 Tetra	69	0.428	-0.386	-0.993	1.5
6	30 Tetra	52	0.322	-0.526	-0.907	2.1
7	20 Tetra	35	0.215	-0.789	-0.959	3.2
8	10 Tetra	17	0.179	-0.922	-0.983	3.6

* Pearson, (1983).
 Iso = Isochrysis galbana
 Tetra = Tetraselmis chuii

a las seis horas después de iniciadas las observaciones. La tasa de filtración individual varió inversamente a la concentración inicial con un rango entre 1.5 y 4.7 l/h. En el mismo Cuadro 7, también se evidencia que la tasa de filtración presenta una relación inversa al tamaño de la microalga, si se comparan los Tratamientos de I. galbana con los de T. chuii. A. circularis filtrará a razón de 3.6 l/h cuando se alimente con 75×10^4 cel/ml de I. galbana o con 10×10^4 cel/ml de T. chuii. Sin embargo, si se compara la biomasa en suspensión con la tasa de filtración, se podrá observar que esta se encuentra en relación inversa a la biomasa inicial disponible (Figura 5), independientemente de la especie de que se trate.

3.3 Inducción al Desove y Fertilización

La fluctuación térmica (Figura 2) aplicada al agua de mar, fue suficiente para inducir el desove al 100% de los organismos experimentales de almeja catarina que lograron la madurez (Fase IV) en el acondicionamiento gonádico (Cuadro 6). Previamente al desove, los organismos se observaron filtrando, con los tentáculos extendidos, el pie expuesto y el manto cerrando la cavidad visceral formando una cámara de expulsión. Eventualmente, las almejas se desplazaban mediante la expulsión de chorros de agua a través de los lóbulos auriculares provocados por el cierre repentino de las valvas.

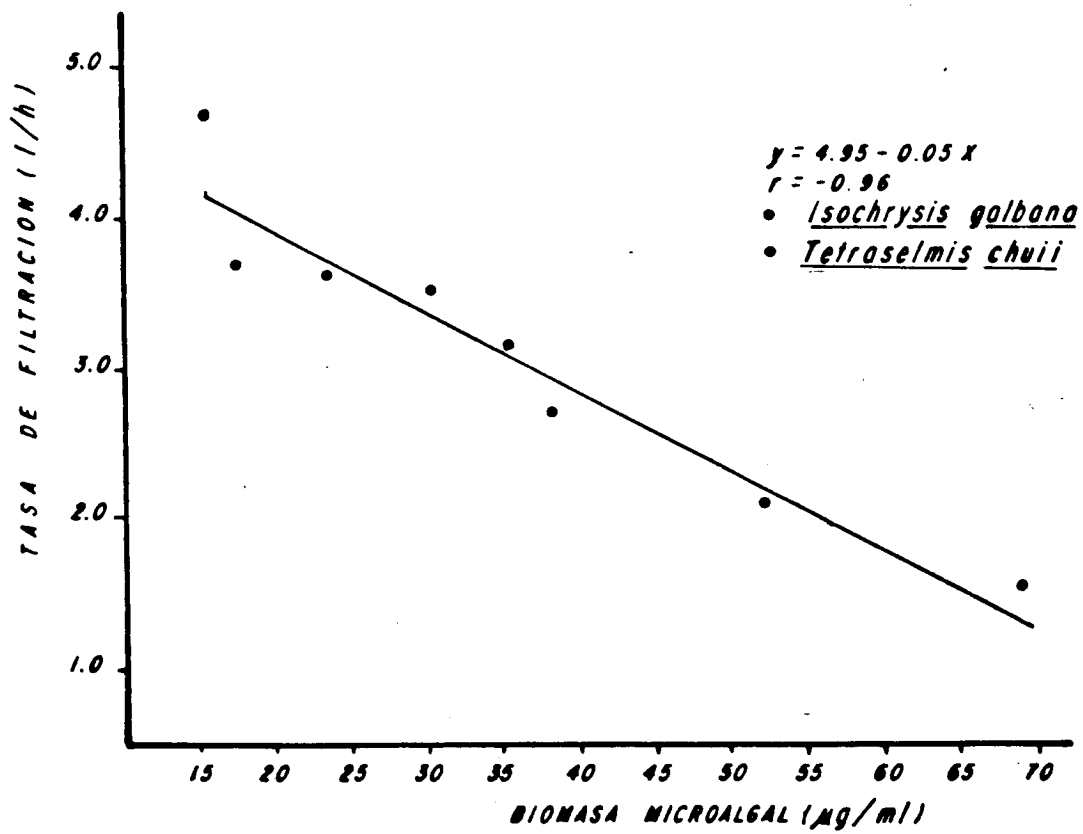


Fig.5.-Tasa de filtración de Argopecten circularis (30 mm. de alto), bajo diferente biomasa microalgal.

La tercera ocasión en que se aplicó el régimen de temperatura de inducción, cuando descendía de 30 a 25 °C, un organismo inició el desove y en forma contagiosa prosiguió el resto. En todos los casos, los espermatozoides fueron los primeros en ser expulsados. La expulsión de los gametos ocurrió con un repentino abrir y cerrar de las valvas. Los espermatozoides fueron expulsados gradual e intermitentemente, creando en el agua de mar una suspensión lechosa-blanquecina. Después de 5 0 10 minutos del agotamiento de la porción testicular, ocurrió la expulsión de los óvulos, el cual es característico por su coloración anaranjado rojizo. Todos los organismos experimentales expulsaron completamente ambas porciones gonadales.

Los productos liberados se capturaron por separado, transfiriendo individualmente a los organismos que iniciaron el desove a recipientes de vidrio con 1 litro de agua de mar filtrada y esterilizada con radiación U.V. a 25 °C. Cuando se observó el agotamiento del testículo, la almeja se transfirió a otro recipiente de las mismas características para captar los óvulos y luego proseguir a la fertilización. Los gametos de los diferentes organismos desovados se mezclaron, quedando una suspensión única de espermatozoides y otra de óvulos. La fertilización se llevó a cabo como se indica en la sección 2.4, añadiendo 5 ml de la suspensión de esperma a la suspensión de óvulos.

Los resultados indicaron un 40% de fecundación a los 10 min, siendo necesario añadir en dos ocasiones más 2 ml de la suspensión de espermatozoides para lograr un 90% de fecundación. La fecundación se comprobó con la aparición de los cuerpos polares (Longo, 1983). Los espermatozoides perdieron su movilidad seis horas después del desove a una temperatura de 24 °C.

3.4 Desarrollo embrionario

El desarrollo embrionario de A. circularis a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35 ‰ de salinidad se muestra en la Figura 6. Poco después de la fecundación, los huevecillos mostraron la membrana de fertilización, la cual se hizo más conspicua a los 15 min cuando se formaron los cuerpos polares. A los 30 min, apareció el lóbulo polar como una gran protuberancia del polo vegetal (Figura 6b), opuesto a los cuerpos polares, perdiendo de esa manera, su forma esférica. Este momento del desarrollo es denominado estadio de lóbulo polar o vitelino por Sastry, (1965). Posteriormente, el huevo se divide en dos blastómeros iguales y el lóbulo polar se fusiona a uno de ellos, dando como resultado dos blastómeros de diferente tamaño (Figura 6c).

En la segunda división, los blastómeros se dividen para dar el cuarteto de células dispuestas en espiral, típico en los moluscos. La tercera y cuarta división ocurrieron a las dos horas y media. En las siguientes divisiones, los micrómeros se dividen

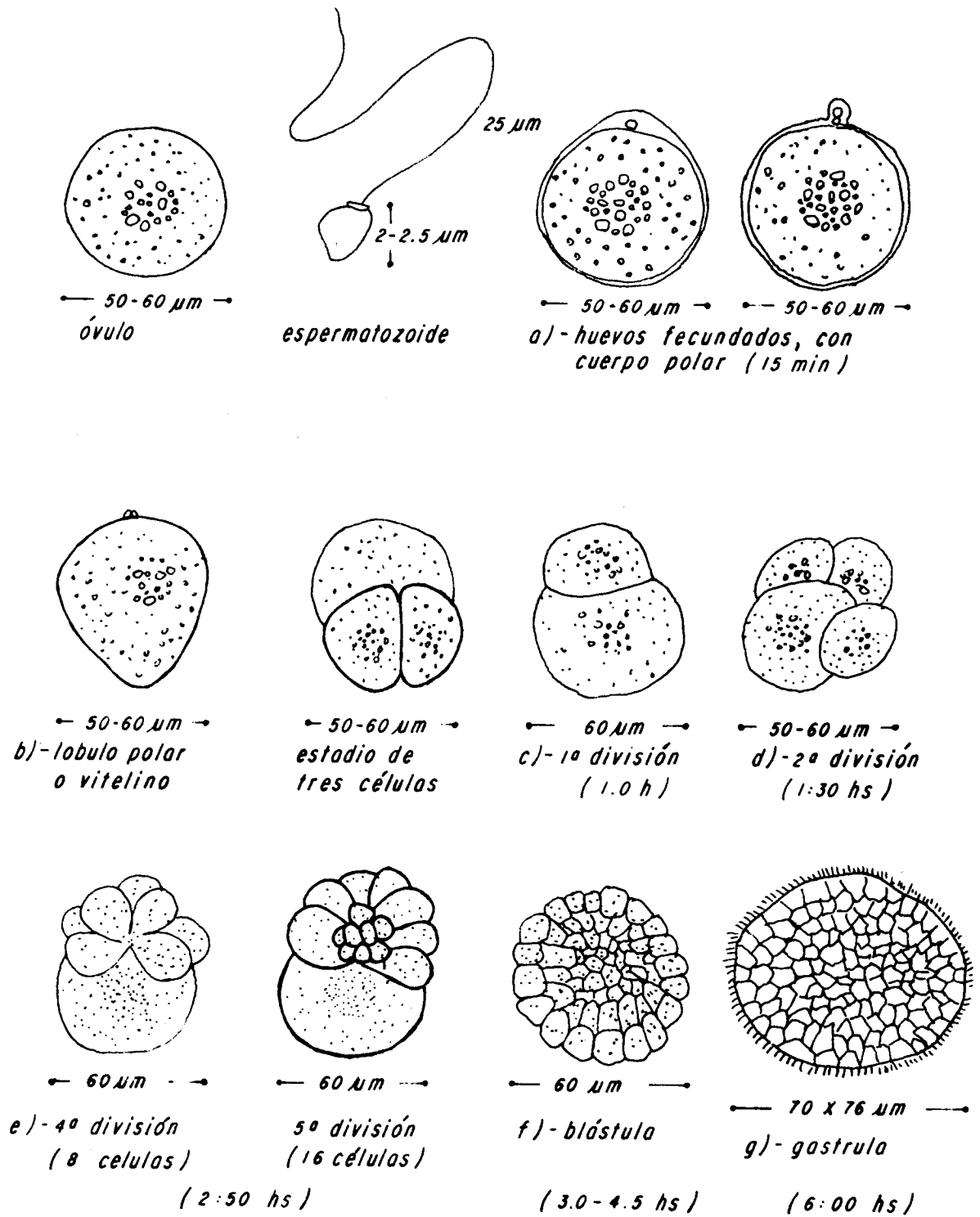


Fig. 6. - Desarrollo embrionario de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35 ‰ de salinidad.

más rápidamente que los macrómeros dando lugar a una blástula esférica a las tres o cinco horas. Seis horas después de la fertilización, apareció la gastrula ciliada desplazándose con movimientos rotatorios.

3.5 Desarrollo larval

La primera larva en los moluscos se conoce como trocófora y aparece aproximadamente a las nueve horas de haberse fecundado el huevo. Esta se alimenta solamente de las reservas vitelinas y pierde la forma esférica alargándose sobre su eje longitudinal. Posee cilios en arreglos específicos (prototroca) con los cuales se desplaza rápidamente en forma helicoidal en el agua. En A. circularis, la larva trocófora posee un penacho compuesto por tres o más flagelos dispuestos en la región apical (Figura 7). Al final de este estadio, se desarrolla una boca primitiva (estomodeo) y se inicia la secreción de la concha larval (Figura 7a). Entre las 9 y las 24 horas posteriores a la fecundación, la larva trocófora aumenta de tamaño y la concha empieza a cubrir el cuerpo de la larva haciéndola parecer más compacta.

A las 24 horas, aparece entonces la primera larva veliger de charnela recta (Figura 7b). Esta larva está cubierta por dos valvas, y posee el órgano de natación y alimentación característico de los moluscos: el velum. En este estadio, se

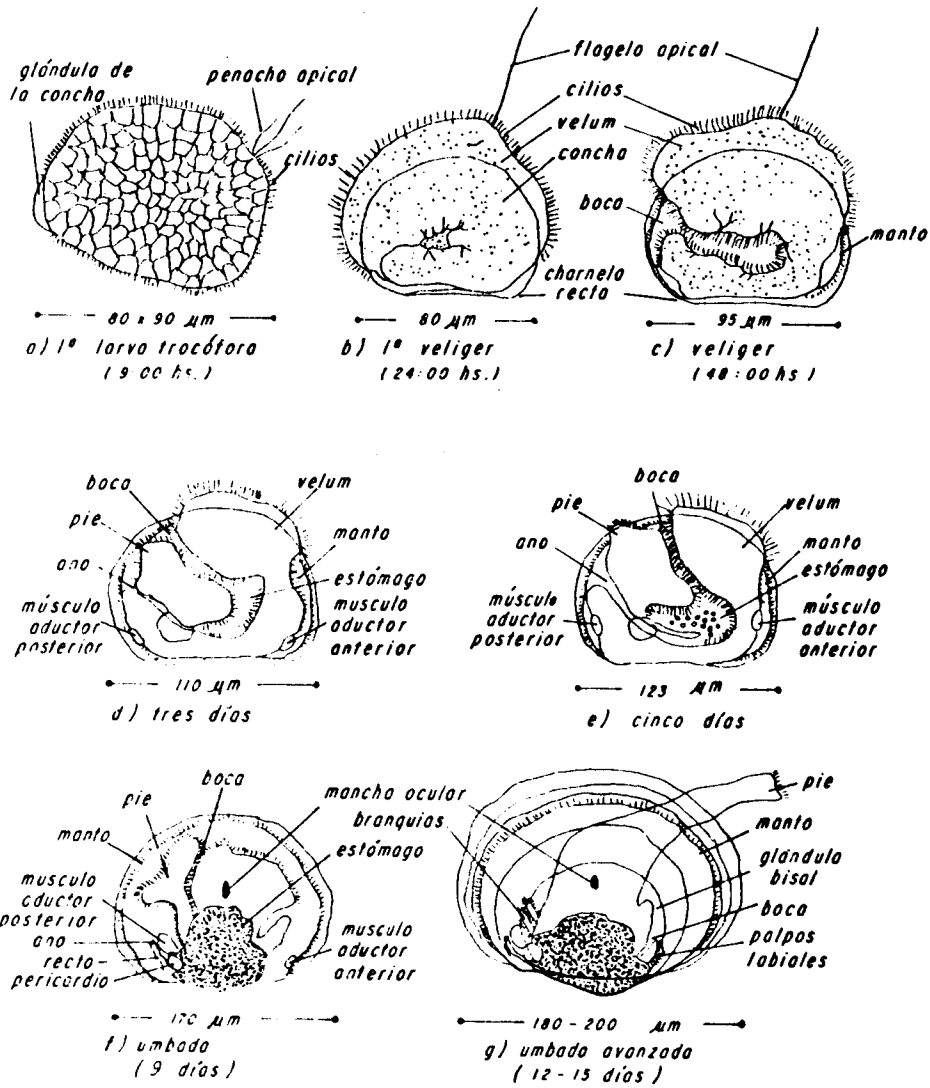


Fig. 7.- Desarrollo larval de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) cultivadas a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰ de Salinidad y una dieta compuesta por *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis chuii* y la microalga Sp.X en proporción 2:1:2 respectivamente, a una concentración creciente de $3 \text{ a } 5 \times 10^8$ cel/ml.

conserva aun el penacho apical, el cual degenera en algunas horas. La concha de este estadio larval mide en promedio 80 μm de diametro mayor. El velum se observa como el órgano más desarrollado. Su corona ciliar le permite nadar activamente y coleccionar el alimento. La boca se localiza ventralmente en el lado posterior del velum. Las partículas alimenticias pasan por la boca ciliada al esófago y al estómago el cual tiene una forma de saco.

Despues de que las larvas cumplieron las 24 horas, se inició el suministro de microalgas en una proporción 2:1:2 de l. gal t a n a chufi y la microalga SpX respectivamente, en una concentración creciente de 3 a 5×10^4 cel/ml.

La larva de tres días (110 μm) no muestra cambios notables en la forma externa de la concha. Sin embargo, internamente la boca ya se puede observar como un canal con cilios bien desarrollados. En el estómago, es característico el movimiento circular del alimento donde es triturado y digerido. Esta especie, a pesar de ser monomiaria en la etapa adulta, la larva presenta dos músculos aductores los cuales se localizan dorsalmente, uno en el lado posterior y otro en el lado anterior (Figura 7d). Conforme avanza el desarrollo, el músculo aductor anterior degenera.

La larva veliger de cinco días (123 μm) muestra el velum ligeramente más pequeño. La boca se encuentra en posición más

ventral y en el estómago se observa mayor actividad ciliar digiriendo el alimento. En este estadio, el pie se observa como una prolongación de tejidos muy rudimentario y solamente cuando la larva se retrae en la concha (Figura 7e).

Al noveno día (170 μm), la concha larval presenta los umbos redondeados, los cuales enmascaran la línea de la charnela. La boca ha cambiado a una posición anterior y el pie se proyecta ventralmente. El velum es proporcionalmente más pequeño al tamaño de la larva, por lo que la actividad natatoria se reduce. Como resultado, esta larva presenta periodos combinados de natación con descanso en el fondo de l contenedor (Figura 7f).

Entre los 12 y 15 días (Figura 7g), la larva es llamada pediveliger por presentar el pie bien desarrollado con el cual, es capaz de explorar el substrato y secretar los filamentos bisales para la fijación. Esta larva aun posee la mancha ocular fotosensible la cual, indica la proximidad de la fijación o asentamiento, y la metamorfosis. Este es un proceso de reorganización de estructuras de la larva de acuerdo al patrón estructural de: adulto, de tal manera que durante la metamorfosis se reacomodan los órganos y aparecen las branquias, la glándula del biso, los palpos labiales y se pierde el velum y el musculo aductor anterior. La funcionalidad de la glándula bisal en la almeja catarina no se pierde, como ocurre en otros bivalvos.

3.6 Desarrollo de juveniles

Después de la metamorfosis, la almeja ya es un juvenil, observándose un rápido crecimiento de la concha con formación de crestas escamosas (disoconcha) distinguiéndose de la frágil, compacta y homogénea concha larval (prodisoconcha). En esta etapa las almejas se fijaban a las paredes del tanque, siendo fácilmente desprendidas con chorros de agua.

En la Figura 8, se muestra el desarrollo de los juveniles de A.circularis cultivados a 24 ± 1 °C, 35 ‰ y un suministro de alimento entre 10 y 30×10^4 cel/ml de una mezcla de I. galbana, T. chuii y Spx, en proporción 2:1:2 respectivamente. A los 17 días, la almeja mide entre 230 y 350 μm , y se observa que el número de pliegues branquiales aumentó en un par más. El pie aún se proyecta ventralmente y las vísceras de color café-amarillento, se observan concentradas en la porción proximal de la charnela. El corazón del juvenil, se observa como una pequeña cámara transparente ventral al músculo aductor. A los 19 días, la almeja de 380 a 468 μm empieza a desarrollar los tentáculos, y aumenta en un par más los pliegues branquiales. El pie se proyecta al exterior por el recién formado canal bisal. La línea de la charnela es más o menos igual al diámetro de la almeja.

El juvenil de 23 días (560 a 868 μm), presenta un número mayor de pliegues branquiales. Aparecen los ocelos y los

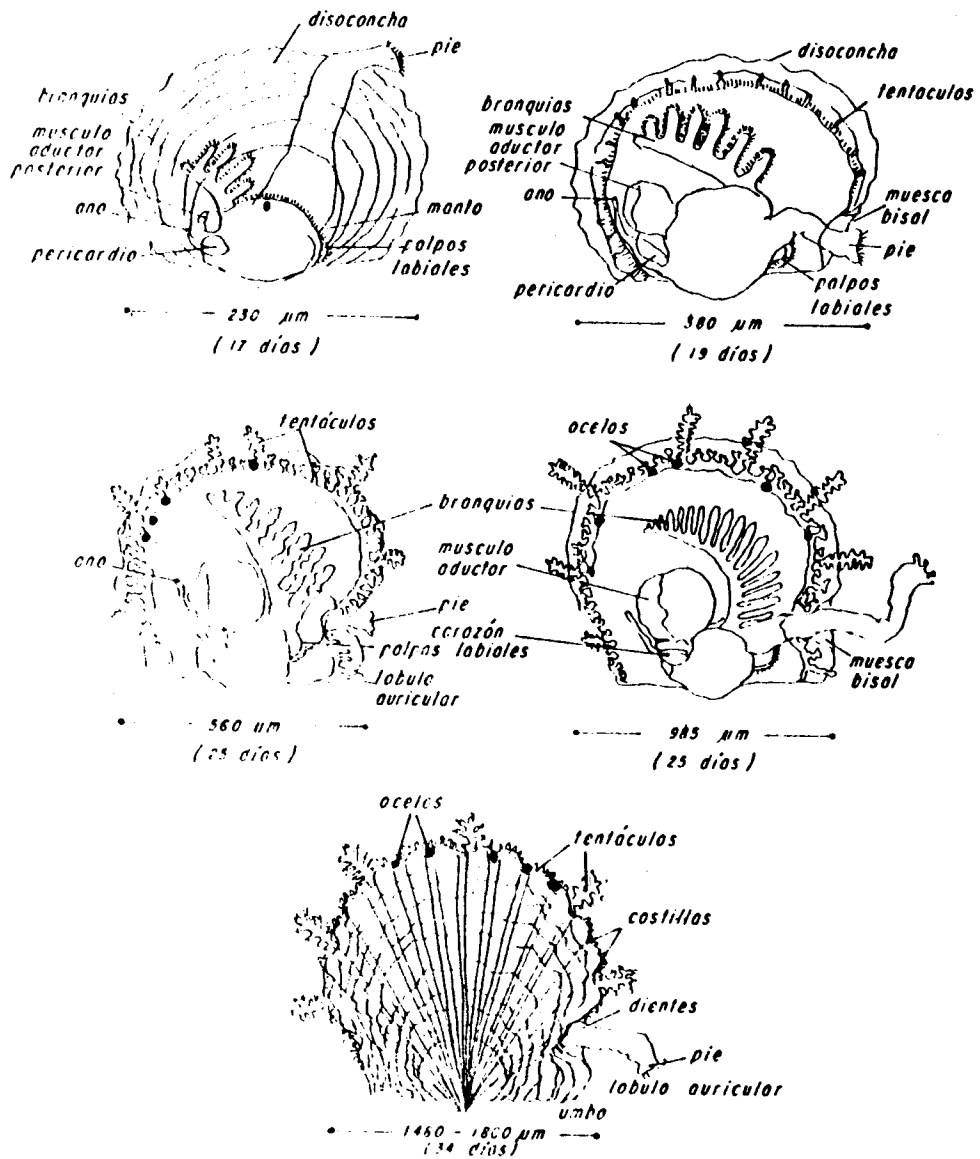


Fig 8. - Desarrollo de Juveniles de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) cultivadas a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35 ‰ de Salinidad y una dieta compuesta por *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis chuii* y la microalga SpX en proporción 2:1:2 respectivamente a una concentración creciente de 10 a 30×10^6 cel/ml.

tentáculos son más complejos y más largos, con pequeñas proyecciones. Esta etapa de desarrollo se caracteriza por la aparición de los lóbulos auriculares, los cuales se originan por proyecciones del manto a ambos lados del umbo (Figura 8). A los 25 días el juvenil mide entre 625 y 1160 μm . Aparecen más ocelos en el manto, más pliegues branquiales y en la concha se observan las primeras costillas. La concha pierde su transparencia, adquiriendo un color blanquecino. A los 34 días, la concha de la almeja (1.48 a 1.80 mm) con 19 costillas empieza a tomar una coloración oscura, con manchas de color café rojizas, y en la muesca bisal se distinguen unos pequeños diente-cillos. En este momento, los juveniles poseen la configuración interna del adulto, aunque aún no se diferencia la gónada.

3.7 Crecimiento larval y juvenil de Argopecten circularis, en relación a la calidad y cantidad de alimento.

Los resultados de los experimentos de crecimiento larval y juvenil de A. circularis en función de la calidad y cantidad del alimento se muestran en la Figura 9; Cuadro 8. Como se puede observar, el crecimiento fue lineal en todos los tratamientos con coeficientes de correlación superiores a 0.82. La eficiencia de los Tratamientos no se correlacionó con la concentración en la dieta. El mejor Tratamiento (7) con una tasa de crecimiento de 44.4 $\mu\text{m}/\text{día}$, fue el único que contenía una mezcla de tres microalgas. Enseguida, el Tratamiento 1 con un crecimiento de

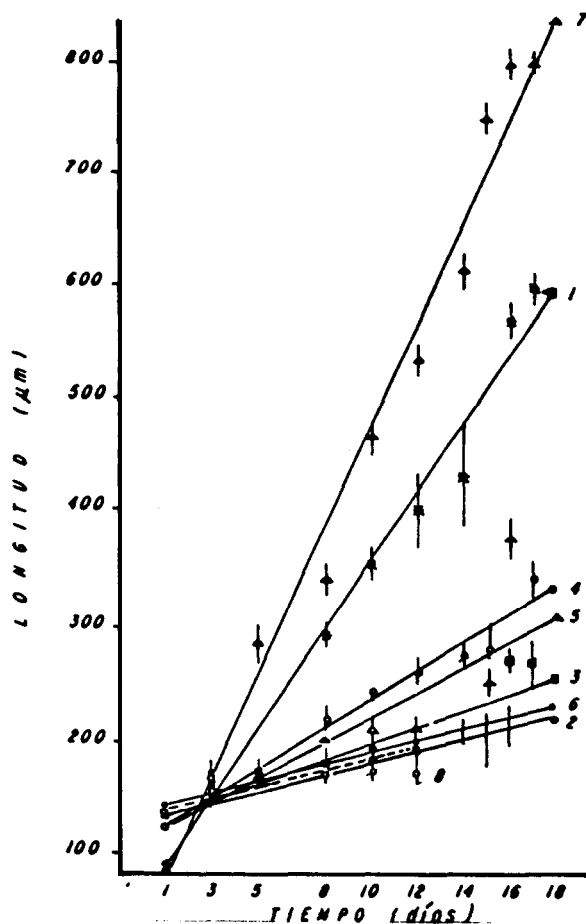


FIG. 3.- Crecimiento de larvas y juveniles de Argopecten circularis ($123 \pm 14.4 \mu\text{m}$) bajo diferentes Tratamientos de alimentación (Cuadro 3), a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰, y densidad de un organismo/ml. Las líneas fueron trazaradas a partir de las ecuaciones de regresión indicadas en el mismo Cuadro. Los puntos corresponden a la longitud promedio de diez mediciones \pm su desviación estandar.

CUADRO 3.- PARAMETROS DE LA ECUACION DE REGRESION LINEAL QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO LARVAL DE Argopecten circularis DE $123 \pm 14.4 \mu\text{m}$, EN FUNCION DEL ALIMENTO A $24 \pm 1^\circ\text{C}$ Y 35‰ DE SALINIDAD.

No. DE TRATAMIENTO	COMPOSICION CELULAR (10^4 cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10^4 cel/ml)	a	b	r
1	5.0 <u>L. galbana</u>	5.0	129.35	33.07	0.39
	3.0 <u>L. galbana</u>	3.0	129.35	5.04	0.91
	2.0 <u>L. chuii</u>	1.3	129.35	7.22	0.88
	1.0 <u>L. chuii</u>	1.0	113.2b	12.35	0.39
	1.0 <u>L. galbana</u> + 0.6 <u>L. chuii</u>	2.3	111.19	LO.56	0.82
2	20 SpX	20.5	137.50	5.18	0.98
	1.0 <u>L. galbana</u> + 1.5 <u>L. chuii</u> + 3.0 SpX	5.5	39.08	44.41	0.99
	3 Agua de mar filtrada	--	134.68	4.95	0.82

30.07 $\mu\text{m}/\text{día}$, consistente en una dieta monoespecífica de L. galbana a una concentración de $5.0 \times 10^4 \text{ cel}/\text{ml}$. En el resto de los Tratamientos, la tasa de crecimiento se redujo a menos del 60% del Tratamiento 7, lo cual indicó su bajo valor nutritivo. A través del cálculo de las ecuaciones de regresión lineal, fue entonces posible hacer un análisis comparativo de los coeficientes de regresión (Parker, 1979). Los resultados (Cuadro 9) muestran que la tasa de crecimiento de los organismos bajo los Tratamientos 1 y 7 fueron diferentes entre sí y ambos fueron diferentes a los restantes de manera significativa. El Tratamiento 4 produjo estadísticamente el mismo efecto que el Tratamiento 5 en la tasa de crecimiento de A. circularis (12.35 y 10.96 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente). Los tratamientos restantes, presentaron pendientes similares entre sí de acuerdo a los resultados del análisis estadístico de Parker, (1979).

La calidad y cantidad del alimento suministrado, como se puede observar en estos resultados, afectó directamente el crecimiento larval y juvenil de A. circularis. Como consecuencia, es de esperarse además un efecto directo sobre la duración del periodo larval y sobre la supervivencia. En el Cuadro 10, se muestran las longitudes antero-posterior promedio de los individuos cultivados bajo los diferentes Tratamientos de alimentación. Aquí, se puede observar la gran diferencia que existe entre la duración del periodo larval de acuerdo al alimento suministrado. Por ejemplo en el Tratamiento 7, las larvas presentaron la cetamurfosis al tercer día de iniciado el

CUADRO 9
 COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION (Parker,
 1979) DE LAS ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE
 LAS LARVAS Y JUVENILES DE Argopecten circularis (CUADRO
 8), CULT 1 VADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE
 ALIMENTACION. LOS NUMEROS SON LAS F CALCULADAS.

TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8
1	117.00	99.10	85.90	33.90	146.00	23.40	38.60
2	*****	0.98	46.10	5.36	0.09	235.00	0.51
3	*****	*****	12.00	1.84	1.09	170.00	0.50
4	*****	*****	*****	0.30	62.80	158.00	17.50
5	*****	*****	*****	*****	3.90	72.00	1.70
6	*****	*****	*****	*****	*****	239.00	0.02
7	*****	*****	*****	*****	*****	*****	51.60
8	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

Conclusiones: $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5 \neq T_6$; $T_3 = T_4$ y $T_5 = T_2 = T_3 = T_4 = T_6$.

Los números mayores que $F_{1, 12, 2} = 9.33$ indican que los coeficientes de regresión son diferentes a una probabilidad de $p < 0.01$.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS
CICM
CIBICOTECA

CUADRO 10
CRECIMIENTO DE LARVAS Y JUVENILES DE *Argopecten circularis*
CULTIVADOS BAJO DISTINTOS TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A 24 ±
1.0 °C Y 35% DE SALINIDAD.

DÍAS	TRATAMIENTO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	123 ± 4.8	123 ± 2.4	123 ± 5.4	123 ± 5.0	123 ± 5.4	123 ± 14.4	123 ± 5.6	123 ± 3.2
3	167 ± 3.0	165 ± 2.4	160 ± 11.2	156 ± 12.8	165 ± 3.6	168 ± 16.8	168 ± 10.2*	166 ± 5.8
5	170 ± 7.0*	-----	173 ± 5.6	170 ± 4.2*	170 ± 17.6*	171 ± 9.0*	280 ± 11.0	168 ± 1.4
8	290 ± 12.4	168 ± 9.0	177 ± 7.2*	218 ± 13.8	200 ± 19.2	181 ± 7.8	340 ± 11.8	170 ± 8.8
10	352 ± 17.0	172 ± 6.2	182 ± 16.6	242 ± 7.4	207 ± 1.0	192 ± 3.4	465 ± 112.6	180 ± 9.4*
12	400 ± 31.8	178 ± 11.4*	190 ± 11.8	261 ± 10.8	208 ± 3.0	200 ± 19.8	535 ± 13.6	-----
14	438 ± 50.8	208 ± 10.6	-----	276 ± 14.6	219 ± 4.8	210 ± 14.8	615 ± 16.6	-----
15	-----	212 ± 17.2	191 ± 16.4	281 ± 10.2	249 ± 7.0	215 ± 16.2	750 ± 14.0	-----
16	576 ± 16.0	-----	263 ± 7.0	-----	380 ± 9.0	215 ± 18.8	800 ± 13.6	-----
17	600 ± 14.0	-----	-----	342 ± 18.0	-----	-----	800 ± 4.2	-----

Los números son la longitud promedio (mm) de diez organismos elegidos al azar ± su desviación estándar. (*) indica el tamaño previo al proceso de metamorfosis.

CUADRO 11
PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA EN LARVAS Y JUVENILES DE *Argopecten circularis*, CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION (CUADRO 8), A 24 ± 1 °C Y 35% DE SALINIDAD.

DÍAS	TRATAMIENTO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
3	100.00 130.03	100.00 100.00	100.00 100.00	100.00 85.60	100.00 100.00	100.00 130.00	100.00 100.00	100.00 85.70
5	82.85*	82.05	57.14	71.43*	57.14*	57.14*	98.57	50.00
8	42.85	28.57	42.85*	50.00	26.42	50.00	75.71	12.14
10	40.00	22.85	35.71	42.85	20.71	42.65	57.14	00.71*
12	32.14	14.28*	5.50	21.42	8.57	31.43	57.14	-----
14	12.14	14.28	4.28	16.07	7.14	25.71	21.42	-----
15	11.43	1.43	2.86	10.00	6.57	7.14	21.42	-----
16	10.71	-----	2.85	4.28	-----	6.57	5.71	-----
17	5.42	-----	2.65	-----	-----	-----	5.71	-----

Los números con (*), indican el momento previo, en el cual las larvas, por su tamaño, pueden sufrir la metamorfosis.

experimento, mientras que en el Tratamiento 2, la metamorfosis ocurrió después del día 12. La longitud a la cual ocurrió la metamorfosis varió entre 170 y 200 μm según se mencionó anteriormente (Sección 3.5).

Durante la metamorfosis ocurrieron cambios orgánicos importantes en las larvas, además de un cambio de vida planctónico a uno bentónico. Es bien conocida la gran mortalidad que ocurre en los moluscos durante este periodo (Loosanoff y Davis, 1963; Castagna y Duggan, 1971; Le Borgne, 1981 y Araya-Núñez, 1988). En el presente trabajo este fenómeno está bien representado, ya que en la mayoría de los casos las larvas de A. circularis se vieron notoriamente afectadas después de la metamorfosis (Cuadro 11). En una gráfica de longitud contra la supervivencia (Figura 10), se puede observar que a excepción del Tratamiento 7, la mortalidad asociada a la metamorfosis fue mayor al 50%. En el Tratamiento 7 (Cuadro 11), la mortalidad asociada a la metamorfosis es mínima (2 %), lo cual indica que los organismos mejor alimentados (dietas con concentraciones de 5 a 5.5×10^7 cel/ml a base de I. galbana y la mezcla de esta con T. chuii y SpX) poseen la capacidad de sufrir la metamorfosis con alto porcentaje de supervivencia.

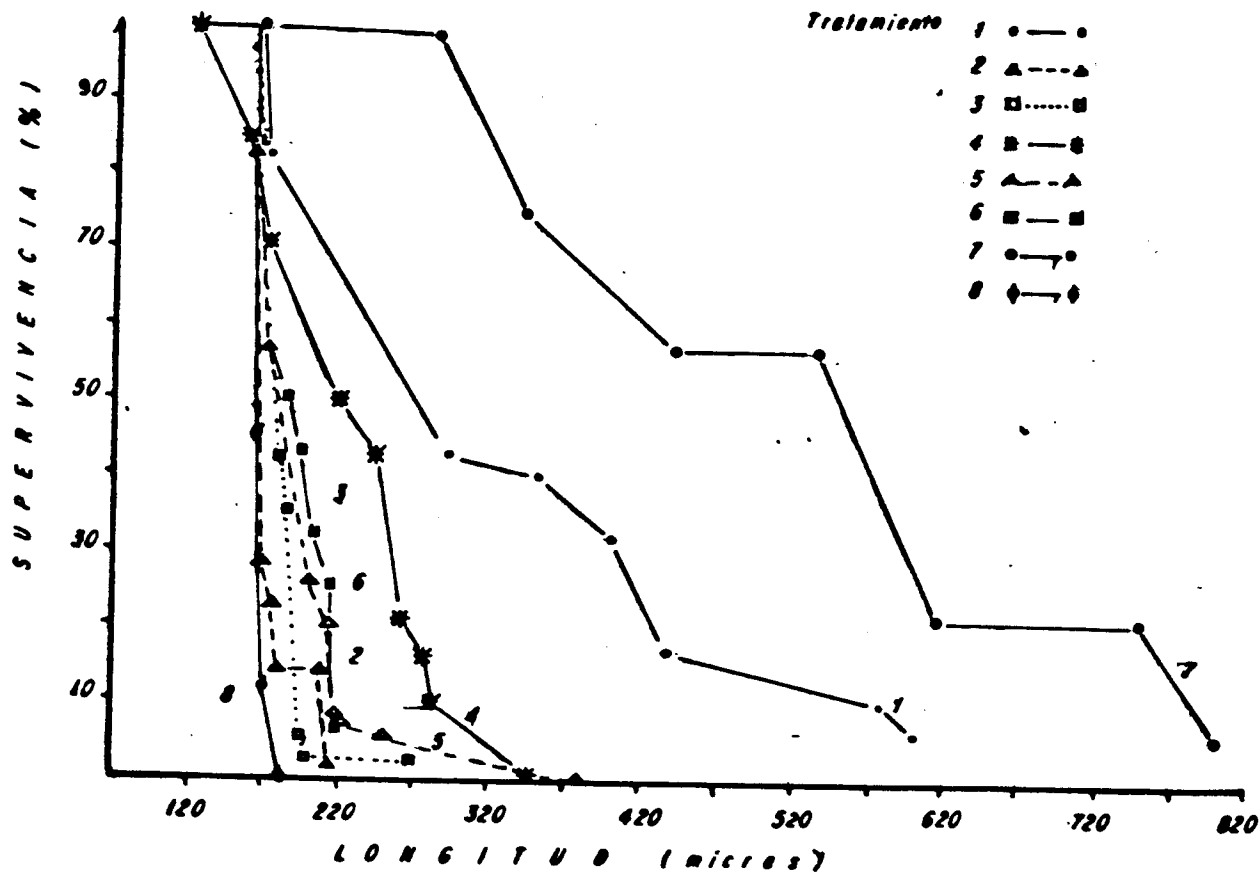


FIG. 10.- Supervivencia en relación con el tamaño de los larvas y juveniles de *Argopecten circularis*, cultivados bajo diferentes tratamientos de alimentación (Cuadro 8), a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35‰.

3.8 Crecimiento de juveniles en relación a la cantidad y calidad del alimento

El crecimiento de juveniles de 15 días de edad y 197 ± 45 μm de longitud, cultivados con diferentes dietas a $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35‰ de salinidad y 0.2 org./ml, se presentan en la Figura II. En esta se observa un crecimiento lineal, siendo los Tratamientos 3 y 4, compuestos por dietas combinadas de tres microalgas (Cuadro 12), los que promovieron el mayor crecimiento. El análisis de comparación de los coeficientes de regresión de Parker, (1979); (Cuadro 13), indican que no existe una diferencia significativa al 99 % de confianza entre el crecimiento de los grupos bajo los Tratamientos 3 y 4. La tasa de crecimiento bajo esos Tratamientos fue de 70.22 y 85.24 $\mu\text{m}/\text{día}$ (Cuadro 12) respectivamente. Los Tratamientos 1 y 2, consistentes en una dieta monoespecífica de L. galbana dieron la menor tasa de crecimiento (34.7 y 31.8 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente) a un nivel de significancia de 0.99%.

La supervivencia de los juveniles (Cuadro 14), vario entre el 27 y 60% durante los 20 días de experimentación. Esta no se correlacionó con la tasa de crecimiento. Probablemente la mortalidad fue inducida por el manejo de los juveniles en el laboratorio, ya que como se indicó anteriormente, las conchas de los juveniles de esta especie, son muy frágiles.

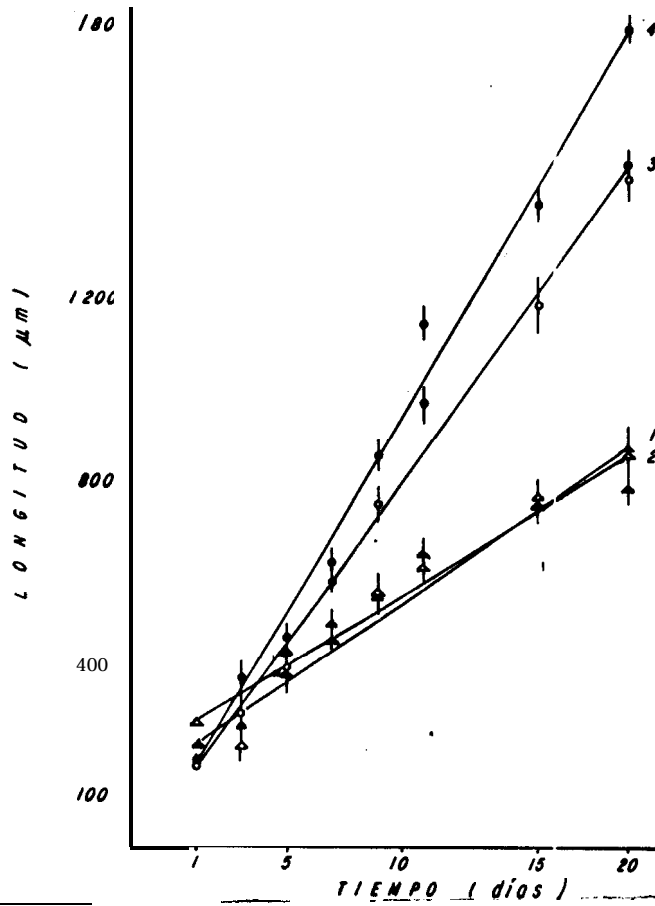


FIG.11.- Crecimiento de juveniles de Argopecten circularis (197 ± 45.5 μ m) bajo diferentes Tratamientos de alimentación (Cuadro 12), a $24 \pm 1^\circ$ C, 35‰, y densidad de 0.5 organismos/ml. Las líneas fueron trazadas a partir de las ecuaciones de regresión indicadas en el mismo Cuadro. Los puntos corresponden a la longitud promedio de diez mediciones \pm su desviación estándar.

CUADRO 12.- PARAMETROS DE LA ECUACION DE REGRESION LINEAL QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE LOS JUVENILES DE Argopecten circularis DE 197 ± 45.5 μ m, EN FUNCION DEL ALIMENTO A $24 \pm 1^\circ$ C Y 35‰ DE SALINIDAD.

No. DE TRATAMIENTO	COMPOSICION CELULAR		CONCENTRACION CELULAR (10 ⁴ cel/ml)	a	b	r
	(10 ⁴ cel/ml)					
1	20	<u>L. galbana</u>	20.0	189.80	34.74	0.97
2	10	<u>L. galbana</u>	10.0	238.35	31.89	0.97
3	20	<u>L. galbana</u> + 5.0 <u>T. chuii</u> + 13 SpX	35.0	106.04	70.22	0.99
4	10	<u>L. galbana</u> + 5.0 <u>T. chuii</u> + 10 SpX	25.0	98.36	85.24	0.99

CUADRO 13
 COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION (Parker, 1979) DE LAS ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL CRECIMIENTO DE LOS JUVENILES DE Argopecten circularis (CUADRO 12), CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION. LOS NUMEROS SON LAS F CALCULADAS.

TRATAMIENTO	2	3	4
1	0.30	65.80	108.70
2	*****	52.30	89.82
3	*****	*****	9.21
4	*****	*****	*****

Conclusiones: $T_1=T_2 \neq T_3 \neq T_4$.

Los numeros mayores que $F_{11, 12, 2} = 9.33$ indican que los coeficientes de regresion son diferentes a una probabilidad de $p < 0.01$.

CUADRO 14
 PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA EN JUVENILES DE Argopecten circularis, CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION (CUADRO 12), A 24 ± 1 °C, 35‰ DE SALINIDAD Y 0.5 ORGANISMOS/ml.

DIAS	TRATAMIENTO			
	1	2	3	4
1	100.00	100.00	100.00	100.00
3	83.33	73.33	93.33	96.67
5	66.67	63.33	93.33	90.00
7	63.33	60.00	80.00	83.33
9	60.00	56.66	66.67	65.67
11	56.67	41.66	40.00	60.00
15	53.33	36.66	28.33	60.00
20	40.00	30.00	27.00	60.00

3.9 Crecimiento de adultos en relación a la cantidad y calidad del alimento.

En el Cuadro 15 se muestran los incrementos en longitud y peso húmedo en almejas *adu 1* tas (de 20.3 ± 1.7 mm), mantenidas simultáneamente en el laboratorio (Tratamientos del 1 al 4) y en su medio natural (Tratamiento 5). Los resultados muestran un mejor crecimiento en los animales del grupo de referencia (Tratamiento 5) mantenido en suspensión en la Ensenada de La Paz. El mejor crecimiento observado en los grupos mantenidos en el laboratorio fue en el Tratamiento 3, con un incremento de 20.3 ± 0.5 mm en un periodo de tres meses. Este grupo fué alimentado con una mezcla de *L. galbana* y *T. chuii* en concentración de 25.2 y 14.8×10^6 cel/ml respectivamente, mientras que en los grupos bajo los Tratamientos 2 y 4, se observó un incremento similar en longitud y peso húmedo total, aún cuando el primero recibió 33.33×10^6 cel/ml de *T. chuii* y el otro no recibió ningún alimento. Estos resultados indican que el alimento que contenía el agua de mar sin filtrar fue suficiente para mantener con vida a los animales y aún más para hacerlos crecer. Sin embargo, el mejor crecimiento se obtuvo en el grupo mantenido en el mar (Tratamiento 5). Aquí se registró un crecimiento 66.6% ~~de~~ ~~los~~ elevado que en el Tratamiento 3, probablemente por la disponibilidad continua de alimento.

En términos de ingestión, se calculo un consumo de 800×10^6 cel/almeja/día en el grupo bajo el Tratamiento 3,

CUADRO 15
 CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE ADULTOS DE *Araopecten circuiaris* (20.3 ± 1.7
 μm), CULTIVADOS BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALIMENTACION A $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 35
 ‰ DE SALINIDAD Y 0.5 ORGANISMO/L DURANTE TRES RESES.

N° DE TRATA- MIENTO	LOCALIDAD Y CONDICION DE CULTIVO	COMPOSICION DE LA DIETA (10^4 cel/ml)	CONCENTRACION CELULAR (10^4 cel/ml)	INCREMENTO EN		SUPER- VIVENCIA (%)
				LONGITUD (μm)	PESO HUMEDO (g)	
1	Laboratorio	50.0 Iso	50.00	16.6 ± 1.2	11.2 ± 1.0	65.6
2	"	33.3 Tetra	33.33	7.7 ± 0.15	3.9 ± 0.3	54.4
3	"	25.2 Iso + 14.8 Tetra	40.00	20.3 ± 0.5	12.2 ± 0.9	72.2
4	"	Agua de mar s/filtrar...	NC	7.8 ± 0.8	3.4 ± 0.3	41.6
5	Ensenada de La Paz	NC	0.08*	30.0 ± 3.7	16.8 ± 1.6	80.0

* Signoret y Santoyo, (1980).

NC = No calculado.

Iso = *Isochrysis galbana*

Tetra = *Tetraselais chuii*

considerando una concentración inicial de 40×10^4 cel/ml y un agotamiento total del alimento en un tanque de 500 litros con 250 almejas. Una vez más la dieta mixta **promovió** el mejor crecimiento independientemente de la **concentración** celular. Sin embargo, el consumo **teórico** de alimento potencial en la Ensenada de La Paz, **fue** de 90.24×10^6 células diarias asumiendo una tasa de **filtración máxima** de 4.7 l/h, una eficiencia de **filtración** del 100% y un intercambio de agua a través de las canastas, que no limita la disponibilidad de las 800 cel/ml **que reportan** Signoret y Santoyo (1980) para el área. Estas deducciones no explican por **qué** el grupo bajo el Tratamiento 5 (mantenido en el mar), **propició** un mejor crecimiento y mayor supervivencia, por lo que se supone que existen factores cualitativos que complementan la **alimentación** de los organismos en el mar, como lo es un flujo continuo de agua de mar y alimento que permita la **liberación** de los desechos **metabólicos** y una adecuada **nutrición**.

La supervivencia de los organismos bajo **experimentación** fue más alta en los grupos que presentaron mejor crecimiento, lo **que** nos hace suponer que una dieta que cubre los requerimientos **básicos** nutricionales de los organismos, es capaz de propiciar un buen crecimiento y mantenerlos resistentes y sanos.

CAPITULO 4

DISCUSION

En el presente trabajo, se aisló de la Ensenada de La Paz la microalga *Spx*, cuya curva de crecimiento se comparó con las de *L. galbana* y *T. chuii*. Esta especie mostró susceptibilidad de cultivo masivo en el laboratorio. Aunque su valor nutritivo no fue evaluado adecuadamente al haberse probado a una sola concentración (20×10^4 cel/ml) en forma monoespecífica en el experimento de crecimiento de larvas y juveniles (Cuadro 8). Sin embargo, existen indicios de su alto valor nutritivo ya que enriqueció la mezcla de *L. galbana* y *T. chuii* (Cuadro 8). Si se llegase a demostrar el valor nutritivo de esta especie, es posible llegar a suplir a las especies tradicionalmente empleadas de regiones templadas, ya que es probable su resistencia a las altas temperaturas imperantes en la Ensenada de La Paz de donde se aisló. De esta forma, en un cultivo a nivel masivo pudiera ser más económica y segura.

En los bancos naturales de almeja catarina en Baja California Sur, se pueden encontrar ejemplares en fase de gаметогнезис casi durante todo el año, a excepción del mes de Septiembre (Baqueiro-Cárdenas, et al., 1982; Tripp-Quezada, 1985; Vicencio-Aguilar y Singh-Cabaniñas, 1988), por lo que se podrían

colectar organismos en Bahía Hagdalen o en Bahía Concepción, dependiendo de la época del año. En la práctica, el tratamiento aplicado al desarrollo gonádico de la almeja catarina puede resultar un método muy atractivo, por la facilidad operativa que implica. El costo por este concepto, puede reducirse considerablemente acortando el tiempo de permanencia en el laboratorio (mínimo 30 días) empleando organismos en fase de gametogénesis avanzada, trasladando organismos de una zona climática a otra.

Sastry, (1979) menciona que las almejas utilizan importantes reservas de energía para producir los gametos y que este proceso se detendrá si el organismo es sometido a una mala nutrición prolongada, ocurriendo incluso la reabsorción de los tejidos somáticos para mantener la vida. Esto se registró en A. circularis durante la fase de acondicionamiento gonádico, observándose que el límite de concentración de I. galbana es crítico, ya que si se reduce la concentración a 75×10^4 cel/ml no se alcanza la madurez gonádica (Cuadro 6). Este límite no se explica por el contenido de la dieta ya que no se correlacionó con el avance en la madurez gonídica. Tampoco se explica por las diferencias en la tasa de filtración, ya que dentro del intervalo de concentraciones estudiadas, la tasa de ingestión sería la misma según la relación teórica de la tasa de filtración e ingestión con la concentración celular propuesta por Uinter, (1978) (Figura 12) para los bivalvos. Si fuese la misma tasa de ingestión, se hubiese obtenido los mismos resultados en los

Tratamientos 1 al 4. Probablemente en A. circularis, el punto de inflexión de la curva de ingestión, se encuentra en una concentración intermedia entre B y C, y no entre A y B como propone el esquema de Winter (Figura 12). Por lo tanto la explicación al límite de concentración estriba en la cantidad de los componentes bioquímicos de I. galbana, ingeridos.

La relación entre la tasa de filtración y la concentración de las microalgas con respecto al tamaño de la microalga, esta bien fundamentada (Winter, 1973; Bayne, 1976 y flor ton, 1971, 1983). Por ejemplo, la tasa de filtración de Dreissena polymorpha es la misma cuando se alimenta con 80,000 cel/ml de Chlamydomonas de 5 a 7 um, o con 80 cel/ml de Pediastrum de 180 a 200 um (Morton, 1971). En el presente trabajo se registró el mismo resultado, dado-que A. circularis, filtro a razón de 3.6 l/h a concentraciones de 75×10^4 cel/ml de I. galbana y a 10×10^4 cel/ml de T. chuii. Además se observó que al relacionar la concentración celular expresada en su biomasa equivalente con la tasa de filtración (Figura 5) la influencia del tamaño celular se pierde, indicando que la biomasa es el factor determinante que regula la filtración en A. circularis.

Los ejemplares maduros de A. circularis, responden positivamente en un 100% al estímulo térmico como inductor al desove. Aunque el agua irradiada con luz ultravioleta es por si misma un inductor al desove en otros bivalvos, en este caso no fue el estímulo principal y solo sirvió para esterilizar el agua

de mar filtrada y evitar organismos extraños en el cultivo de las larvas. Este método es usualmente manejado en el Centro de Acuicultura de Bahía Hagdalena en la producción masiva de ostión y se ha utilizado también en la producción piloto de almeja catarina. Haeda, et al., (1989), reportan no haber tenido éxito con este método inductor, y encontraron que la serotonina induce efectivamente el desove primeramente de la porción testicular evitando el riesgo de una polispermia cuando ocurre el desove de los óvulos.

El desarrollo embrionario y larval de A. circularis se observó bajo el microscopio compuesto. A las magnificaciones disponibles, no fue posible distinguir diferencias morfológicas importantes comparativamente con otros pectinidos como A. irradians (Sastry, 1965).

El proceso de asentamiento y metamorfosis es crucial en la almeja catarina ya que esta crece tan rápido que la formación de la disoconcha es muy frágil, por lo que el manejo de los organismos durante estas etapas ocasiona una alta mortalidad. Además, a diferencia del ostión, del cual existen biotecnologías ampliamente conocidas y eficientes, la almeja presenta un pie reptante que le permite además de moverse por el sustrato, adherirse fuertemente si se trata de desprender. La funcionalidad del pie se pierde gradualmente cuando el juvenil alcanza aproximadamente 2 mm de diámetro mayor. El biso, con su función fijadora, en esta especie no representa un gran problema para el

acuicultor, ya que es muy frágil, y los juveniles se pueden desprender del sustrato fácilmente. El juvenil en su nuevo sustrato, volver; a secretar el bisco. La capacidad de secreción del bisco, se conserva hasta la etapa adulta, según se observó en esta especie.

Con referencia a la selección del sustrato, para el asentamiento, la almeja catarina no parece hacer una selección estricta como otras especies, ya que en el presente trabajo 105 organismos se asentaron en las paredes de los tanques. Además, la experiencia en campo para la colecta de semilla silvestre indica que prácticamente cualquier material sintético o natural es buen sustrato para captarlas. Estos van desde redes de plástico, nylon, polietileno, etc. hasta ramas de arbustos de la región (Tripp-Quezada, 1985).

La tasa de crecimiento larval y juvenil de la almeja catarina fue lineal, a pesar de que se presentó la metamorfosis en un punto interoedio. Normalmente la tasa de crecimiento larval en moluscos es exponencial. Probablemente esto se hubiera registrado si el experimento se iniciara a partir de la fecundación. Muchos autores consideran la metamorfosis como el momento crítico en una producción intensiva de juveniles. En la almeja catarina se demostró que si los organismos son alimentados adecuadamente la mortalidad por esta causa será mínima (Figura 10).

Las condiciones experimentales de los estudios de crecimiento con larvas y juveniles (Cuadro 8) y juveniles (Cuadro 12), fueron diferentes en términos del tamaño de los organismos al inicio de los experimentos (123 ± 14 y 197 ± 45 μm respectivamente), la densidad de los mismos (1 y 0.2 org./l) y las concentraciones celulares empleadas. Sin embargo las almejas en ambos estudios, tuvieron tallas similares entre las 197 y 800 μm , lo que permitió hacer comparaciones relativas. Además, la densidad de los organismos no parece haber tenido una influencia importante en los resultados, ya que si se compara el Tratamiento 1 del primer estudio que contenía 5.0×10^4 cel/ml de L. galbana, con el Tratamiento 2 del segundo estudio con 10×10^4 cel/ml de L. galbana, se observa una mínima diferencia en las tasa de crecimiento (30.0 y 31.8 $\mu\text{m}/\text{día}$ respectivamente). Por lo tanto las diferencias se deben fundamentalmente a las dietas empleadas.

En general, las dietas combinadas compuestas por tres microalgas constituyeron los mejores Tratamientos. Por otro parte, en el primer estudio (Cuadro 8), las concentraciones celulares de las dietas fueron mucho menores y como consecuencia la tasa de crecimiento (44.4 $\mu\text{m}/\text{día}$) del mejor Tratamiento (7) fue la mitad del Tratamiento 4 del segundo estudio (85.2 $\mu\text{m}/\text{día}$). De aquí se concluye que los organismos del primer experimento tuvieron una limitación importante en el suministro alimenticio. Cabe hacer notar que la dieta del Tratamiento 7, aunque su concentración celular fué comparativamente menor, provee los

nutrientes esenciales para que las larvas sufran exitosamente la metamorfosis, sin mortalidad alguna.

El límite de concentración de la mezcla alimenticia a la cual los organismos alcanzan su máximo crecimiento, fue el contenido en el Tratamiento 4 del segundo estudio (Cuadro 11), con 25×10^4 cel/ml de I. galbana, T. chuii y SpX en una proporción de 2:1:2 respectivamente. Aquí se obtuvo una tasa de crecimiento de 85.2 $\mu\text{m}/\text{día}$, la cual es similar a la de A. irradians con 79 $\mu\text{m}/\text{día}$ (Sastry, 1965) y mucho más alta que la de Pteria sterna con 19.7 $\mu\text{m}/\text{día}$ (Araya-Núñez, 1988), especie que alcanza tamaños más grandes y es más longeva. Si se excede la concentración mencionada a 35×10^4 cel/ml; se registrará un descenso en la tasa de crecimiento de 85.2 a 70.2 $\mu\text{m}/\text{día}$ según los resultados.

En el presente trabajo se demostró que los adultos de la omeja catarina de 20 mm pueden ser mantenidos en el laboratorio por tiempos prolongados hasta de tres meses, pero con tasas de crecimiento y supervivencia menores que las registradas en organismos mantenidos en el mar. La explicación probable a la diferencia, es la baja concentración celular empleada en este experimento, si se compara con las empleadas en el estudio de acondicionamiento gonádico. En estos dos estudios, son comparables los Tratamientos 4 de acondicionamiento gonádico (Cuadro 6) y 1 de este experimento, (Cuadro 15), los cuales obtuvieron compuestos individualmente por 50.0×10^4 cel/ml de

L. galbana. En el Cuadro ti se puede observar que Ésta dieta no promovió la madurez gonádica en la almeja catarina, por lo cual se considera con bajo valor nutritivo. Además estos resultados (sección 3.2) parecen sugerir que las dietas en almeja catarina deberán con tener cuando menos 100×10^4 cel/ml de L. galbana, para lograr el buen estado de los organismos. La condición de las almejas en el laboratorio probablemente pueda mejorarse si se suministra cuando menos L. galbana a 100×10^4 cel/ml, según se sugirió en el acondicionamiento gonádico.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

La madurez gonádica de Argopecten circularis a partir de individuos en fase VI y I fue posible en un periodo de 30 días a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 35 ‰, un flujo de 2 l/min de agua de mar sin filtrar por 18 horas y un fotoperiodo de seis horas con el sistema cerrado, un suplemento alimenticio de I. galbana en concentraciones de 125, 100 x 10⁴ cel/ml y la combinación I. galbana y T. chuii en una concentración de 110 x 10⁴ cel/ml en una proporción de 9:1 respectivamente.

De estos resultados se puede concluir que se requiere una cantidad mínima de células de I. galbana, para lograr el desarrollo gonádico de la almeja catarina, independientemente de su estado monoespecífico o de mezcla con otra microalga. El límite crítico de concentración de I. galbana para ser utilizado en el acondicionamiento gonádico es de 75 x 10⁴ cel/ml, una concentración menor no desarrolla la madurez en las almejas.

En relación a la tasa de filtración, se concluye que esta se encuentra influenciada más que por la concentración celular, por la biomasa de las microalgas en suspensión.

Esta almeja, cuando se encuentra completamente madura responde favorablemente al estímulo de fluctuaciones térmicas durante la inducción al desove. Esta desova cuando disminuye la temperatura de 30 a 25 °C después de repetidas elevaciones.

El desarrollo embrionario a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35 %. fué similar al observado en otros bivalvos, presentando las características formas de blástula y gástrula en un periodo de nueve horas, tiempo en que aparece la primera larva trocófora.

La vida pelágica de la larva de Argopecten circularis, cultivada en el laboratorio, es de 10 días a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35%, este tiempo puede alargarse o acortarse dependiendo de la cantidad y composición del alimento suministrado.

La metamorfosis y el asentamiento se dan entre los 12 y 15 días cuando la larva mide más de 180 μm , ésta es conocida por la pérdida del músculo aductor anterior y del velum así como por la extensión del pie, aparición de la glándula bisal, desarrollo de los pliegues branquiales y la rápida secreción de la disoconcha.

El juvenil de A. circularis tomó la forma de un organismo adulto después de los 25 días de edad, cuando fueron visibles las costillas sobre la disoconcha, así como el hábito natatorio y la respuesta geotáctil negativa de los ocelos.

En la almeja catarina se demostró que las larvas alimentadas adecuadamente con una concentración mayor que 5.5×10^7 cel/ml de una mezcla de I. galbana, T. chuii y SpX (con 1.0 , 1.5 y 3.0×10^4 cel/ml) pueden reducir la mortalidad asociada con la metamorfosis.

La dieta combinada de I. galbana, T. chuii y SpX en proporciones de 10.0 , 5.0 y 10.0×10^4 cel/ml respectivamente, probó ser la concentración límite a la cual se promovió el óptimo crecimiento de los juveniles de A. circularis a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y 35.0% en un sistema semicerrado. Además, de promover una mayor supervivencia.

Las dietas utilizadas en el experimento de crecimiento de ejemplares adultos de A. circularis de 20.3 ± 1.66 mm, probaron ser insuficientes, recomendándose suministrar cuando menos las 100×10^7 cel/ml de I. galbana probadas en el acondicionamiento gonhdico.

CAPITULO 6

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AMADOR-BUENROSTRO, J. 1983. Cultivo de la almeja catarina, Argopecten circularis en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis profesional. Esc. sup. de Ciencias **Marinas**, U.A.B.C. 51 pp.
- ARAYA-NUÑEZ, O. 1988. Embryonic and larval development, larval rear ing, **juvenile** growth, gonad maturity and induction of spawning in the west **American pearl-oyster** Pteria sterna (Gould). M. S. Thesis. Departament of Zoology. Stockholm University. 30 pp.
- BAQUEIRO-CARDENAS, E., I. PEÑA-RAMIREZ Y A. MASSO-ROJAS. 1982. Analisis de una población sobreexplotada de Argopecten circularis (Sow., 1835) en La Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Ciencia Pesquera, I.N.P., Sria. de PESCA, tlex. 1 (2): 57 -65.
- BAYNE, B. L. 1976. The biology of mussel **larvae**. In: Bayne, B.L. (ed.) **Marine mussels: Their ecology and Physiology**. pp. 81-120. Cambridge University Press. London.
- ? BAYNE, B.L. 1983. Feeding and growth in mollusc **larvae**. In: Verdonk, N.H., J.A.M. Van Der Viggelaar y A.S. Toapa (eds.) The mollusca Vol. 3, pp. 299-352. **Academic** Press N.Y.
- BREESE ,W.P. Y R.E. MALOUF. 1975. Hatchery manual for the **Pacific oyster**. Publ. No. ORESU-h-75 002. 22 pp.
- CALABRESE, A. Y H.C. DAVIS. 1970. Tolerances and requeriments of embryos and **larvae** of bivalve **molluscs**. Helgolander Uiss. **Meeresunters.** 20: 553 - 564.
- ✓ CASTAGNA, M. Y W. DUGGAN. 1971. Rear ing the bay **scallop**, Aequipecten irradians. Proceeding National Shellfish. Association, Illyland, U.S.A. 61: 80 - 85.
- CREECKMAN, L. L. 1977. The effects of conditioning the **American oyster** (Crassostrea virginica) with Tetraselmis suesica and cornstarch on the growth, vigor and survival of its **larvae**. M.S. Thesis, Univ. of Virginia, USA 58 PP.
- DAVIS, M.C. Y R.R. GUILLARD. 1958. Relative value of ten genera of **microorganism** as food for oyster and **clam larvae**. U.S. Fish Wild Service Fishery **Bulletin** 136 (58): 293-304.

- ✓ DE PAUW, N. 1981. Use and production of **microalgae** as **food** for nursery bivalves. pp. 35-69. In: **CLAUS, C., N. DE PAUW y E. JASPERS (eds.). Nursery cul turing of bival ve molluscs.** E.H.S. Special Publication No. 7 **Bélgica.** 394 PP-
- / **DISALVO, L.H., E. ALARCON, E. MARTINEZ Y E. URIBE.** 1984. Progress in mass culture of **Chlamys Argopecten purpurata (Lamarck, 1819)** with notes on its natural history. *Revista Chilena de Historia Natural.* Chile 57: 35-45.
- ✓ **DUPUY, J.L., N.T. WINDSOR Y C.E. SUTTON.** 1977. **Manual** for design and operation of an oyster seed hatchery for the American oyster **Crassostrea virginica.** Special Report No. 142. **V.I.M.S.,** 104 pp.
- ✓ **EPIFANIO, C. E.** 1975. **Culture** of bivalve **mól lusks** in recirculating systems: nutritional requeriments. *Proceeding on Aquaculture Nutrition, USA.* 173 - 194.
- ✓ **EPIFANIO, C.E.** 1981. Phitoplankton and yeast as food for feeding juvenile bivalves: a review of research at the University of Delaware. *Proceeding 2nd International Conference on Aquaculture Nutrition: Biochemical and Phisiological approaches to shellfish nutrition. (ed.) C.D. PRUDER, C. LANGDON y D. CONCKLIN.* Delaware. 444 pp.
- EPIFANIO, C.E. Y J. EWART.** 1977. **Maximum** ration of four algal diets for the oyster **Crassostrea virginica** Gmelin. *Aquaculture* 11: 13-29.
- FELIX-PICO, E.** 1978. Cultivo de la almeja catarina. Oficina de Desarrollo Acuacultural, Depto. de Pesca, La Paz, B.C.S., **México. (Inf. Tec.)** 17 pp.
- GERDES, D.** 1983. The **Pacific** oyster **Crassostrea gigas.** Part I. Feeding behaviour of **larvae** and adults. *Aquaculture* 31: 195-219.
- ✓ **GUILLARD, R.R.L.** 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. p. 29-60 En: **SMITH, W.L. Y M.H. CHANLEY (eds).** **Culture** of marine **invertebrate animals.** Plenum Press N.Y. 338 pp.
- ✓ **GUILLARD, R.R.L.** 1975. Isolation and purification. **Methods** for microflagellates and nanoplankton. pp 69-86 In: **STEIN, J. (ed).** Handbook of phycological methods. **culture** me thods and growth measurements. Cambridge University Press. Gret Britain. 448 pp.
- ? **HELM, M.M.** 1977. **Mixed algal f e eof** **Ostréa edulis** larvae with **Isochrysis galbana** and **Tetraselnis suesica.** *Journal of Harine Biology Association U.K. G. Britain.* 57: 1019-1029.

- HELM, M.M. Y P.F. MILLICAN. 1977. Experiments in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae Crassostrea gigas Thunberg. Aquaculture II: 1-2
- IMAI, T. 1971. Aquaculture in shallow seas. Progress in shallow sea culture. Publication for National Marine Fishery Service NOAA USA. 615 pp.
- KEEN, M.A. 1971. Sea shells of the Pacific west America. Marine mollusks from Baja California to Perú. 2nd ed. Stanford Univ. Press USA. 1064 pp.
- ✓ Le-BORNE, Y. 1981. Controlled reproduction techniques of bivalve mollusks for extensive rearing or restocking: Hatchery role. Ocean Ranching and Restocking., Publ. CNEXO (FRANCE) Actes Colloques., No. 12: 51-54.
- LONGO, F. J. 1983. Meiotic maturation and fertilization. In: VERDONK, N. H., J.A.M. Van Der BIGGELAAR Y A.S., TOMPA (eds.). The mollusca. Vol. 3 pp. 50-90. Academic Press, N.Y.
- LOOSANOFF, V. L. Y H.C. DAVIS. 1963. Rearing of bivalve molluscs. Advances in Marine Biology 1: Z-136.
- MAEDA-MARTINEZ, A.N., HONSALVO-SPENCER, P. Y T. REYNOSO-GRANADOS. 1989. Tecnología para la producción intensiva de semilla de almeja catarina (Argopecten circularis). Publicaciones Especiales del Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz, B.C.S. 82 pp.
- MASSO-ROJAS, J. A. E I. PEÑA-RAMIREZ (en prensa). Comportamiento y fluctuaciones poblacionales de la almeja catarina (Argopecten circularis) en bancos silvestres de las lagunas San Ignacio, Guerrero Negro y Ojo de Liebre, B.C.S., México. Ciencia Pesquera. 12 p.
- MAZON-SUASTEGUI, J.M. 1987. Evaluación de cinco dietas microalgales en el crecimiento larval de Modiolus capax (Conrad.18371 y Pinctada mazatlanica (Hanley, 18451. Mollusca bivalvia. Tesis de Maestría CICIHAR, IPN. 77 p.
- HORTON, B. S. 1971. Studies on the biology of Dreissena polymorpha Fall. V. Some aspects of filter-feeding and the effect of microorganisms upon the rate of filtration. Proceedings Malacology Society London (39) 289-301.
- NORTON, B. 1983. Feeding and digestion in bivalvia. SALEUDDIN, A.S.M. Y K.M., WILBUR (eds). The mollusca vol. 5 Physiology, part 2 Academic Press. 65-147.

- PARKER, R. E. 1979. Introductory **statistics for** biology. 2nd ed
Inst. of Biology. Studies in biology no. 43. A. Edward,
Great Britain. 122 pp.
- PEIRSON, U.H. 1983. Utilization of eight algal **species** by the
scallop Argopecten irradians concentricus (Say). **Journal**
of Experimental Marine Biology Ecology **Vol. 68: 1-11.**
- RODRIGUEZ-JARAMILLO, H.C., CACERES-MARTINEZ, C. Y
RUIZ-VERDUGO, C.A. 1987. Resultados preliminares de la
biología reproductiva de Argopecten circularis (Sowerby,
1835) en la Ensenada de La Paz, B.C.S. durante el
periodo de Septiembre de 1986 a Octubre de 1987.
Memorias 2º Congr. AMAC' 87, La Paz, B.C. S.
- SASTRY, A. 1963. Reproduction on the bay scallop, Argopecten
irradians Lamark, influence of temperature on maturation
and spawning. **Biology Bulletin Marine Biology Laboratory**
Woods Hole (125): 146-153.
- SASTRY, A. 1965. The development and external **morphology** of
pelagic larval and postlarval stages of the bay scallop,
Aequipecten irradians concentricus, Say, reared in the
laboratory. **Bulletin of Marine Science 15(2): 417-435.**
- SASTRY, A. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). Vol. 5
pp. 3-292 In: GIESE, A.C. Y J.S. PEARSE (eds.).
Reproduction of marine invertebrate. **Academic Press** N.Y.
- SIGNORET, H. y H. SANTOYO. 1980. **Aspectos ecológicos** del
plancton de La Bahía de La Paz, Baja California Sur.
Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología.
Univ. Nal. Autón. México, 7(2): 217-248.
- ✓ THRONDSSEN, J. 1985. Introduction to the identification of marine
flagellates (mainly phytoflagellates, exclusive
dinoflagellates). **International Phytoplankton Course 68**
pp.
- TRIPP-QUEZADA, A. 1985. **Explotación y cultivo** de la almeja
catarina Argopecten circularis en Baja California Sur.
Tesis de **Maestría, CICIMAR, IPN.** 164 pp.
- UKELES, R. 1971. Nutritional requirements in shellfish **culture**.
In: PRICE, jr. Y D.L. HAURER (eds). **Proceeding**
Conference on Artificial propagation of commercial
valuable shellfish-oyster. Univ. Delaware. 43-64.
- UKELES, R. 1975. Views on bivalve **larvae** nutrition. **Proceeding**
of the first **International Conference on Aquaculture**
Nutrition. 127- 162.

- VICENCIO-AGUILAR, M. Y J. SINGH-CABANILLAS. 1988. Guía practica para el cultivo de la almeja catarina. Boletín del Departamento de Acuicultura de la Delegación Federal de Pesca. La Paz, B.C.S. 37 pp.
- WALNE, P. R. 1974 Culture of bivalve molluscs, 50 years' experience at Conwy. The Whitefriars Press Ltd. London. 175 pp
- ? WHYTE, J.N.C. 1987. Biochemical composition and energy content of six species of phitoplankton used in mariculture of bivalve. Aquaculture 60: 231-241.
- ? WINTER, J.E. 1973. The filtration rate of Mytilus edulis and dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. Marine Biology 22: 317-328.
- ? WINTER, J.E. 1978. A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. Aquaculture 13: 1-33.

ANEXO 1

- 1 - CARACTERISTICAS DE LAS **MICROALGAS** CULTIVADAS
- 2 - **MEDIO** DE CULTIVO "f/2" DE GUILLARD (1975)
- 3 - **COMPOSICION QUIMICA** DE Isochrysis galbana
Y Tetraselmis chuii (WHYTE, 1987).

1.- CARACTERISTICAS DE LAS MICROALGAS CULTIVADAS

Es un criterio generalizado en la selección de las microalgas para alimento de moluscos bivalvos, el tamaño de sus células, el grosor de la pared celular y el grado de toxicidad de sus metabolitos (Davis, 1953; Davis y Guillard, 1958; Walne, 1974 y De Pauw, 1981).

Isochrysis galbana (Parke, 1949), tiene una longitud de cinco a seis micras y un volumen de 43.8 a 57 micras cúbicas. Es de forma redonda aplanada o alargada, presenta dos cloroplastos de color amarillo-café a café-dorado y dos flagelos.

Tetraselmis chuii (Butcher, ex. E.G. Prings), tiene una longitud celular de 10 - 12 micras y un volumen de 329.6 a 520 micras cúbicas. Es de forma cuadrangular bilateralmente comprimida, con una depresión en donde se originan los cuatro flagelos, presenta un cloroplasto simple lobulado en forma de campana de color verde olivo brillante.

SpX es una forma algal, aislada de la Ensenada de La Paz, con el método de diluciones seriadas (Guillard, 1975 y Thronsen, 1985), que forma cadenas de dos a tres células redondas de aproximadamente una o dos micras, y un cloroplasto verde olivo brillante.

2.- MEDIO DE CULTIVO "F/2" DE GUILLARD (1975)

1.- MACRONUTRIENTES

REACTIVOS	GRAMOS/100 ml DE AGUA DESTILADA
NaNO_3 (Nitrato de sodio)	7.5
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Fosfato monobásico de sodio)	0.5

para preparar medio de cultivo se usan a razón de 1 ml por litro de agua de mar

2.- MICRONUTRIENTES

REACTIVOS	GRAMOS/100 ml DE AGUA DESTILADA
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Sulfato cúprico penta-hidratado)	0.98
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sulfato de zinc hepta-hidratado)	2.20
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Cloruro de cobalto hexa-hidratado)	1.00
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Cloruro de manganeso tetra-hidratado)	1.80
$\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Molibdato de sodio di-hidratado)	0.63

3.- SOLUCION STOCK DE MICRONUTRIENTES (metales traza)

REACTIVOS	AFORAR A UN LITRO DE AGUA DESTILADA
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Cloruro férrico hexa-hidratado)	3.15
Na_2EDTA (EDTA dibásico)	4.36

Se disuelven en un poco de agua destilada y se agrega un mililitro de cada uno de los reactivos de micronutrientes y se afora a un litro

Para preparar medio de cultivo se usa a razón de un ml por litro de agua de mar.

4.- SOLUCION STOCK Di VITAMINAS (Modificado para este trabajo).

REACTIVOS	CONTENIDO
Monoclorhidrato de L-lisina	300 mg
Clorhidrato de tiamina	10 mg
Clorhidrato de piridoxina (B ₆)	5 mg
Cianocobalamina (B ₁₂)	25 ug
Vehiculo c.b.p.	1 ml

Contenido en un mililitro de la solución infantil de vitaminas INCREMIN GOTAS (Marca registrada).

Nota.- Un mililitro de esta solución fué diluida en 100 ml de agua destilada estéril, usándose a razón de un mililitro por litro de medio de cultivo.

3.- COMPOSICION QUIMICA DE Isochrysis galbana Y Tetraselmis chuii (WHYTE, 1987)

Microalga	Nitrógeno	CONSTITUYENTES ENERGETICOS (Kcal/g de peso seco)				
	(proteínico)	Lípidos	Carbohidratos	Proteinas	Total	Energfa de combustión
	% de peso seco					
<u>I. galbana</u>						
exponencial	4.49	1.89	0.19	1.35	3.43	3.91
estacionaria	4.95	2.10	0.41	1.49	4.00	4.52
<u>T. chuii</u>						
exponencial	5.48	0.56	0.35	1.64	2.55	3.10
estacionaria	5.27	0.64	0.40	1.58	2.62	3.20

El fitoplancton como alimento debe aportar energia y nutrientes esenciales, por lo que es importante, en la selección de la microalga la determinación de su valor nutritivo en el desarrollo de larvas y juveniles en sistemas de cultivo.

ANEXO 2

BIOLOGIA DE LA ALMEJA CATARINA

1.- TAXONOMIA

Phylum: mollusca

Clase: bivalvia

Subclase: Pterionorpha

Orden: Pterioidea

Superfamilia: Pectinacea

Familia: Pectinidae

Género: Argopecten (Monterosato, 1887)

Especie:

Argopecten circularis(Sowerby,1835)

Esta especie es de conchas convexas y aproximadamente iguales, éstas exhiben una amplia variedad de colores que van desde el blanco puro al moteado con tonos anaranjados, púrpura y negro. Su forma inflada y sus 21 costillas son características de la especie (Keen,1971).

2.- SINONIMIA Y NOMBRES COMUNES

La almeja catarina también es conocida como almeja

voladora y almeja catalina, algunos sinónimos de la especie son Pecten tumidus (Sow.,1835), Pecten ventricosus (Sow.,1842), P. inca (Orbigny, 1846), P. solidulus (Reeve, 1853) y P. filitextus (Linnaeus, 1830) según la revisión de Keen (1971).

3. -DISTRIBUCION Y HABITAT

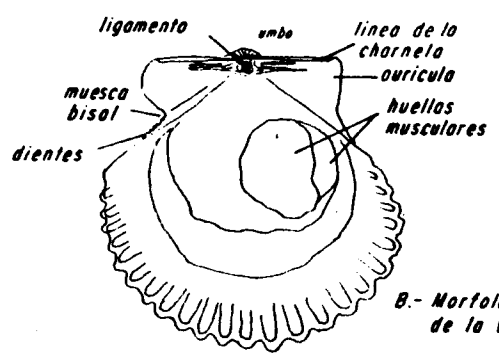
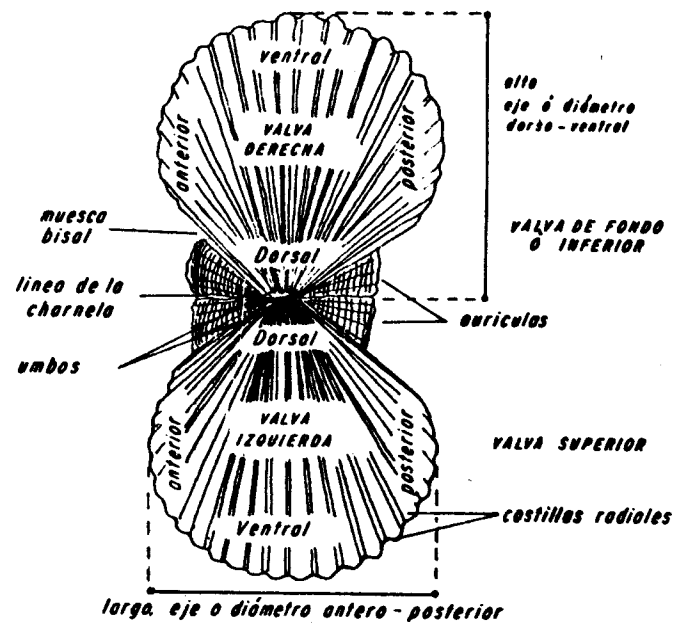
A. circularis se localiza desde Isla Cedros, Golfo de California, hasta Islas Galápagos y Paita, Perú. En Baja California Sur se encuentra en bahías de fondo areno-lodoso y grava en asociación con algas, pasto marino y corales (Baqueiro et al., 1982). Keen (1971) comenta que esta especie se puede encontrar en profundidades de 1 a 35 m.

4. -ANATOMIA

La forma de sus conchas es circular y son casi iguales, la valva derecha se diferencia de la izquierda en que esta presenta la muesca bisal distinguiéndoseles unos pequeños dientecillos, además de que su coloración es más brillante y por dentro es más blanca. La charnela recta forma las proyecciones auriculares, el ligamento es grueso y de color negro (Figura 13).

El manto es una fina membrana transparente que cubre todas las partes blandas del organismo a excepción del músculo aductor. El margen externo es grueso y se eleva de acuerdo con los pliegues de las valvas. En su margen terminal se encuentran

A.- Orientación y morfología exterior de una almeja abierta.



B.- Morfología interna de la valva derecha.



C.- Vista ventral de una almeja cerrada

FIG 13.- Morfología y dimensiones de las valvas de Argopecten circularis (Sowerby, 1835).

los tentáculos de tamaño variable, siendo más cortos los anteriores. En el pliegue paleal oftálmico se encuentran ojos especiales (ocelos) que varían en número de acuerdo con la talla, (Figura 14).

Las branquias se encuentran debajo del manto, fijas a una membrana suspendida entre la bolsa visceral y el músculo aductor, éstas se encuentran cubiertas por unos filamentos branquiales de color café-pálido que consisten en un par de láminas, la unión de éstas y la membrana suspendida constituyen el eje branquial o ctenidio.

El sistema digestivo se inicia en la boca que tiene forma de una hendidura horizontal cubierta por los palpos labiales, esta abre al esófago y estómago, continuándose con el intestino que se curva en el interior de la gónada extendiéndose hacia la parte interior, finalmente regresa para pasar por la cavidad pericárdica, el recto rodea al músculo aductor y termina en el ano en la parte no estriada del músculo.

El estilete cristalino abastece de enzimas al estómago y al intestino medio. El hepatopancreas de color verde oscuro se encuentra sobre el estómago al cual cubre totalmente.

El pie en los ejemplares adultos es vestigial así como su función, mientras que la glándula bisal localizada en la base de la superficie ventral del pie, secreta numerosas hebras

transparentes las cuales ayudan a la almeja a permanecer fija al sustrato y desprenderse cuando les es necesario.

El músculo aductor se localiza centralmente y ocupa ~~el~~ 6s de la cuarta parte del volumen visceral. Este se divide en dos partes, la porción mayor es la parte estriada y la porción pequeña es la no estriada, esta tiene una forma elíptica en un corte transversal. El músculo estriado funciona en los movimientos rápidos y la parte no estriada en los movimientos lentos.

El sistema excretor de esta almeja consta de un par de nefridios de color café-pálido, de forma alargada. Se encuentran bajo la cavidad pericárdica, sus extremos parecen comunicar esta cavidad con la cavidad paleal.

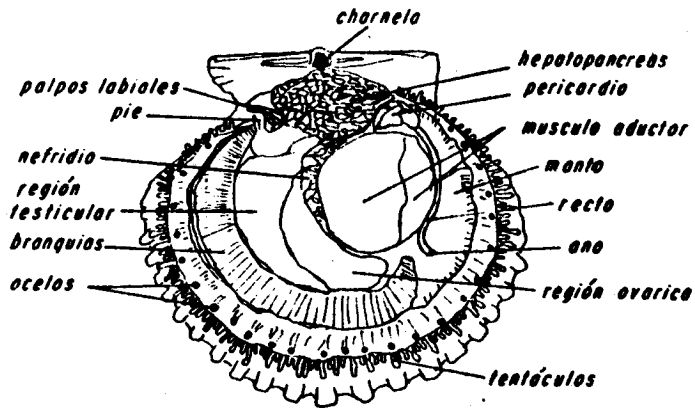
La cavidad pericárdica se compone de dos aurículas y un solo músculo ventricular, ésta se encuentra cubierta por un pericardio transparente y fino. Esta se localiza en la parte dorsal, en el espacio que se encuentra entre el hepatopáncreas y el músculo aductor.

Los órganos sensoriales de esta almeja son 105 ocelos, estos se encuentran en el margen del manto y son sensitivos a la intensidad de la luz y al movimiento, siendo más sensitivos a la reducción de la intensidad luminosa que al incremento (Lai, 1971). Como una respuesta a esta sensación el organismo se mueve

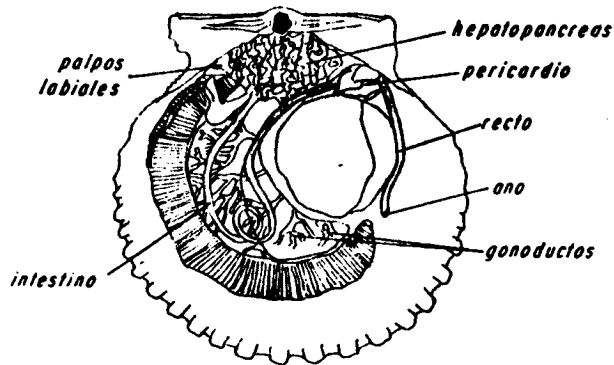
en una dirección conveniente durante el proceso de alimentación.

En el sistema reproductor de esta especie, la gónada se diferencia en una porción anterior testicular y una porción posterior ovárica madurando ambas partes al mismo tiempo, lo cual le da la característica de hermafrodita funcional a estos organismos. La gónada con forma de lengua situada en una porción ventral al músculo, rodea parte del intestino y se constituye de numerosos canales genitales que terminan en una fina red de folículos. Ambas porciones se diferencian por su color y textura cuando se encuentran en proceso de maduración. La porción testicular se localiza en la región anterior desde el borde ventral de la gónada a la parte dorsal, en donde se alarga considerablemente, observándose de color blanco-lechoso. La porción ovárica de color rojo-naranja, ocupa la parte más considerable de la gónada (Figura 14).

El ciclo reproductor de esta especie es bastante activo, encontrándose organismos maduros todo el año, a excepción del mes de septiembre, presenta tres periodos de desoves masivos en las distintas localidades, los cuales coinciden con cambios bruscos de salinidad y descensos en la temperatura (Baqueiro et al., 1982; Tripp-Quezada, 1985 y Vicencio-Aguilar y Singh-Cabanillas, 1988) Estos se han verificado por las colectas de semilla silvestre para cultivo.



A.- Vista desde el lado derecho



B.- Sistema digestivo y reproductivo visto desde el lado derecho.

FIG. 14.- Esquema anatómico de Argopecten circularis.
 (Sowerby, 1835)