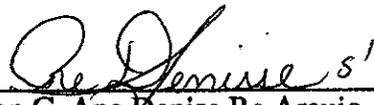


RESUMEN de la tesis del Biól. Miguel Angel del Río Portilla presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en OCEANOLOGIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Octubre de 1991.

**CRECIMIENTO DE *Pteria sterna* (GOULD, 1851) (MOLLUSCA, BIVALVIA),
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y DE
CONCENTRACION DE ALIMENTO.**

Resumen aprobado por:


M. en C. Ana Denise Re Araujo.
Directora de Tesis. ~

Se determinó la influencia que tienen la temperatura y la concentración de alimento en el crecimiento de la ostra perlera *Pteria sterna*. Se utilizaron temperaturas de 20, 25 y 30 °C y concentraciones de alimento de 2, 4 y 8 % del peso seco calculado de los organismos. Como fuente de alimento se empleó la microalga *Chaetoceros* sp. (cepa CH-X-1 del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada). El experimento tuvo una duración de 15 semanas. Cada semana se midió el eje de crecimiento máximo (ECM) y quincenalmente el Largo y Ancho de la concha, así como el eje de la charnela o ala (Ala). El crecimiento mayor se obtuvo en el tratamiento de 30 °C y 8% de alimento seguido por el de 25 °C y 8%. Una baja concentración de alimento produjo el mismo efecto a cualquier temperatura sobre el crecimiento de los organismos en experimentación. Por medio de un análisis de superficie de respuesta se encontró un efecto sinérgico entre la temperatura y la concentración de alimento en el crecimiento. Sin embargo, la temperatura no tuvo una influencia notable en el índice de condición a las diferentes concentraciones de alimento, existiendo un mayor índice a mayor concentración de alimento. Utilizando la "ecuación alométrica", se definió el crecimiento entre el Largo con respecto al ECM como isométrico, mientras que los del Ancho y del Ala fueron alométricos, el último con las mayores variaciones. Al comparar estas relaciones con las de los organismos que fueron cultivados dentro de canastos en la Bahía de Los Angeles, B. C. y con los de un banco natural de la misma localidad, se observaron relaciones similares entre el Largo y Ancho con el ECM, mientras que el Ala tuvo la variación mayor. Esto indica que el crecimiento de esta ostra es principalmente en un plano, teniendo como ejes principales el ECM y el Largo. También se observó que las variaciones en la morfología de *Pteria sterna* se deben principalmente a las condiciones de crecimiento más que a la temperatura o a la concentración de alimento. Se corrobora la potencialidad de esta especie con fines acuiculturales.

TESIS DEFENDIDA POR: MIGUEL ANGEL DEL RIO PORTILLA

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITE:

M.C. ANA DENISE RE ARAUJO.- Director del Comité

DR. DOMENICO VOLTOLINA LOBINA.- Miembro del Comité

DR. LUIS FERNANDO BÜCKLE RAMIREZ.- Miembro del Comité

M.C. FRANCISCO SUAREZ VIDAL.- Miembro de Comité

DR. MARIO MONTEFORTE SANCHEZ.- Miembro del Comité

DR. LUIS EDUARDO CALDERON AGUILERA.- Director Estudios de Posgrado

3 DE OCTUBRE DE 1991

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

CRECIMIENTO DE *Pteria sterna* (GOULD, 1851) (MOLLUSCA,
BIVALVIA), BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y
DE CONCENTRACION DE ALIMENTO.

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro
en Ciencias, presenta:

BIÓL. MIGUEL ANGEL DEL RIO PORTILLA.

Ensenada, B. C. octubre de 1991.

DEDICATORIA

A Yoly y Toño,

quienes han hecho posible no sólo mi existencia.

**A mis hermanos y excelentes amigos: Toño, Fede, Anilú y Yoly, así como a mi cuñada Rita
y a Toñito;**

por su cariño y apoyo sin igual.

A la familia Portilla López, especialmente a mi tío Carlos,

por su ayuda incondicional a lo largo de mi estancia por estos rumbos.

Con gran acariño para mi abuelita Anita y para aquellos quienes no están aquí.

A tí que estuviste justo cuando más lo necesitaba. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Ana Denise Re A. no sólo por la dirección de la tesis, sino por el gran apoyo brindado a lo largo de la misma y sobre todo por su amistad.

A mis sinodales Dr. Mario Monteforte y M. en C. Francisco Suárez por sus comentarios para el mejoramiento de la tesis. Al Dr. L. Fernando Bückle, además de sus críticas y comentarios, por haberme permitido utilizar datos y organismos de su proyecto. De manera especial doy las gracias al Dr. Doménico Voltolina porque sin su ayuda, apoyo, regaños y comentarios, esta tesis no sería lo que es.

A la M. en C. Beatriz Cordero, Biól. Enrique Olivarez, M. en C. Ma. del Pilar Sánchez por su ayuda durante el experimento. Al, prácticamente, Dr. Francisco Correa por la identificación de los cangrejos encontrados en los canastos Nestier. Al Dr. Jesús Antonio del Río y M. en C. José Federico del Río, por sus críticas y comentarios al manuscrito. Al personal técnico y administrativo del Departamento de Acuicultura por la ayuda a lo largo de mi estancia en este centro, especialmente al Oc. Eduardo Morales y Téc. Francisco Valenzuela por su ayuda en la colecta y transporte de los organismos. Al Sr. Ignacio Valenzuela por su ayuda en la elaboración de las figuras.

A mis amigos del Departamento de Acuicultura; Beatriz C., Lourdes T., Clara C., Irene G., Roxana R., Carmen P., Pilar S., Enrique O. y Francisco C., quienes aportaron su granito de arena en mi formación, además de brindarme su amistad.

A mis amigos del Departamento de Ecología y agregados culturales, porque han contribuido de alguna forma a mi formación profesional y personal. Valga como un recuerdo de convivencia; Miriam P., Juanita L., Lilia C., Maru M., Lupita R., Carmen B., Martha R., Clara J., Raquel H., Manuel S., Juan Gabriel D., Héctor A., Héctor R., Rigoberto G. y de manera muy especial a Carmen R.

A todo el personal del C.I.C.E.S.E. que me brindó su apoyo y amistad.

Al CONACyT que apoyó mis estudios con una beca crédito.

CONTENIDO

I INTRODUCCION.	1
I.1 Información biológica.	1
I.2 Antecedentes de cultivo de <i>Pteria sterna</i>	3
I.3 Forma de crecimiento.	5
I.4 Índice de condición.	8
I.5 Fuente de alimento.	9
II OBJETIVO.	10
III HIPOTESIS.	10
IV MATERIALES Y METODOS.	11
IV.1 Juveniles de <i>Pteria sterna</i> .	11
IV.1.1 Zona de colecta.	11
IV.1.2 Captación de la semilla.	11
IV.1.3 Transportación al laboratorio.	13
IV.1.4 Aclimatación y mantenimiento.	14
IV.2 Cultivo de microalgas.	14
IV.3 Diseño experimental.	15
IV.4 Registros periódicos.	17
IV.5 Medición de pesos y determinación del índice de condición.	19
IV.6 Determinación del crecimiento.	20
IV.7 Tratamientos estadísticos de los datos.	20
IV.8 Organismos que fueron cultivados en el campo.	21
V RESULTADOS.	23
V.1 Colecta y mantenimiento.	23
V.2 Distribución de los organismos.	24

CONTENIDO (Continuación)

V.3 Variables Fisicoquímicas.	24
V.4 Crecimiento de <i>Pteria sterna</i> .	30
V.4.1 Superficie de respuesta.	34
V.5 Pesos e índice de condición.	40
V.5.1 Superficie de respuesta.	41
V.6 Variaciones morfométricas.	45
V.7 Organismos que fueron cultivados en el campo.	49
V.7.1 Relaciones morfométricas.	53
V.8 Registros de organismos de un banco natural.	54
VI DISCUSION.	57
VI.1 Colecta y mantenimiento.	57
VI.2 Variables fisicoquímicas.	57
VI.3 Crecimiento de <i>Pteria sterna</i> .	59
VI.3.1 Superficies de respuesta.	65
VI.4 Variaciones morfométricas.	66
VII CONCLUSIONES.	69
LITERATURA CITADA.	70
APENDICE.	76

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1.	Morfología externa de <i>Pteria sterna</i> . Vista frontal (a) y exterior de ambas valvas (b). Se muestran las dimensiones tomadas durante el experimento.	4
2.	Localización de la zona de colecta y cultivo (A) y banco natural (B) de la ostra perlera <i>P. sterna</i> en la Bahía de Los Angeles.	12
3.	Diagrama de flujo.	16
4.	Esquema de los acuarios (a) y sistema (b) utilizados durante el ensayo de medición de la influencia de la temperatura y la concentración de alimento sobre el crecimiento de <i>P. sterna</i> .	18
5.	Distribución de tallas de los organismos colectados en la Bahía de Los Angeles en julio de 1990.	23
6.	Variación de la temperatura en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	26
7.	Cambios en la salinidad en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	26
8.	Cambios en la saturación de oxígeno en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	27
9.	Variación en el pH en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	27
10.	Curvas de crecimiento de <i>P. sterna</i> bajo tres tratamientos de temperatura y tres concentraciones de alimento.	30
11.	Velocidad de crecimiento de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.	33
12.	Superficie de respuesta generada a partir del modelo simplificado de la velocidad de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	36
13.	Crecimiento porcentual de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.	37
14.	Superficie de respuesta para el crecimiento porcentual de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.	39
15.	Índice de condición de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.	42

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
16.	Superficie de respuesta para el índice de condición de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.	44
17.	Distribución de tallas de los organismos que fueron cultivados en la Bahía de Los Angeles luego de cuatro meses de cultivo.	51
18.	Distribución de tallas de los organismos que fueron cultivados en la Bahía de Los Angeles luego de seis meses de cultivo.	51
19.	Representación esquemática de las proporciones entre el ECM, Largo, Ancho y Ala de los organismos al momento de la colecta, al inicio y al final del experimento en el laboratorio, a los cuatro y seis meses de cultivo en la Bahía de Los Angeles y del banco natural en Febrero '88, Abril '89 y Abril '90.	56

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
I	Periodicidad de los registros que se obtuvieron para determinar la influencia de la temperatura y de la concentración de alimento en el crecimiento de <i>P. sterna</i> .	19
II	Análisis de varianza inicial para el eje de crecimiento máximo de <i>P. sterna</i> considerando cada sección como tratamiento independiente.	25
III	Promedio global y desviación estándar de las variables fisicoquímicas de los nueve tratamientos.	25
IV	Datos condensados del experimento de crecimiento de <i>P. sterna</i> a tres temperaturas y tres concentraciones de alimento durante 15 semanas.	29
V	Análisis de varianza en la semana 15 para el eje de crecimiento máximo de <i>P. sterna</i> considerando los nueve tratamientos de temperatura y concentración de alimento.	31
VI	Análisis de covarianza para el eje de crecimiento máximo de <i>P. sterna</i> en los experimentos de crecimiento a tres temperaturas y tres concentraciones de alimento, considerando todas las fechas de muestreo.	31
VII	Evaluación del modelo cuadrático para la velocidad de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	34
VIII	Evaluación del modelo cuadrático simplificado para la velocidad de crecimiento de <i>P. sterna</i> .	34
IX	Evaluación del modelo cuadrático para el crecimiento porcentual de <i>P. sterna</i> .	37
X	Evaluación del modelo cuadrático simplificado para el crecimiento porcentual de <i>P. sterna</i> .	38
XI	Evaluación del modelo cuadrático para el índice de condición de <i>P. sterna</i> .	42
XII	Evaluación del modelo cuadrático simplificado para el índice de condición de <i>P. sterna</i> .	43
XIII	Relaciones morfométricas de <i>P. sterna</i> al inicio del experimento.	45
XIV	Análisis de covarianza para las razones del Ala, Largo y Ancho entre el ECM de <i>P. sterna</i> en los experimentos de crecimiento a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento, con respecto al tiempo.	46

LISTA DE TABLAS (Continuación)

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
XV	Relaciones morfométricas de los organismos cultivados en laboratorio.	48
XVI	Densidad aparente del tejido y de la concha de los organismos en cultivados en el laboratorio.	49
XVII	Relaciones morfométricas de los organismos que fueron cultivados en la Bahía de Los Angeles, B. C. de julio a noviembre y enero de 1990.	52
XVIII	Relaciones morfométricas de organismos colectados en un banco natural en la Bahía de Los Angeles, B. C. en diferentes fechas.	55
XIX	Comparación del crecimiento de <i>P. sterna</i> en diversos estudios.	62
XX	Tasas de crecimiento de otras especies en México.	63

CRECIMIENTO DE *Pteria sterna* (GOULD, 1851) (MOLLUSCA, BIVALVIA), BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y DE CONCENTRACION DE ALIMENTO.

I INTRODUCCION.

I.1 Información biológica.

La ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851), conocida también como "concha nácar" o "pega pega", es un molusco bivalvo perteneciente a la Familia Pteriidae. Se distribuye a lo largo del Golfo de California hasta el Perú. Esta familia se distingue de las demás porque "posee un 'ala' que es una extensión en el margen de la charnela hacia afuera del disco" (Keen, 1971), cuya función según García-Cubas *et. al.* (1987), sería la de incrementar la distancia de la descarga de la corriente exhalante. Es una especie dioica, que aparentemente se reproduce todo el año, con la posible excepción de los periodos más cálidos (L. F. Bückle, C. I. C. E. S. E., com. pers.), la fertilización ocurre en la columna de agua y las larvas son planctotróficas (Araya-Núñez, 1988). Las tallas promedio de los adultos son de 100 y 85 mm de alto y largo, respectivamente (Keen, *op. cit.*).

La concha nácar ha estado sometida a una explotación intensa desde el siglo XVI, para la obtención de perlas y/o de la concha. Esta última es utilizada en la fabricación de artesanías o de productos farmacéuticos. La explotación desmedida propició una gran disminución de las poblaciones o bancos naturales, razón por la cual se declaró en veda en 1929 (Mosk, 1931) y en veda permanente desde 1939 (Anónimo, 1939).

No obstante que es considerada como una especie en peligro de extinción y con un gran potencial para su cultivo (Araya-Nuñez, 1988; Baqueiro, 1987), existen pocos estudios sobre su biología y aspectos de cultivo. Estos incluyen investigaciones sobre la captación de semilla natural (Aguirre-Hinojosa, 1987; Rufz-Verdugo y Cáceres-Martínez, 1990a; L. F. Bückle, C. I. C. E. S. E., com. pers.) y su cultivo en el campo (Araya-Nuñez, 1988; Singh-Cabanillas, 1990; M. Monteforte, Centro de Investigaciones Biológicas, C. I. B., com. pers.). Sin embargo, el único trabajo de laboratorio de nuestro conocimiento es el ya citado de Araya-Nuñez (*op. cit.*).

La acuicultura es una rama del quehacer humano similar a la agricultura. Ambas se dedican a cultivar y en algunos casos a recuperar recursos, con el fin de lograr una producción que pueda ser utilizada en beneficio del hombre.

Para poder lograr este objetivo hay que considerar los diferentes factores que influyen en el cultivo de los organismos. De éstos se pueden destacar los socioeconómicos, técnicos y biológicos.

Los factores biológicos se pueden dividir en factores bióticos (intrínsecos y extrínsecos) y abióticos (Brett, 1979). De los factores bióticos intrínsecos, el más importante quizás sea la variabilidad de la especie en cuestión, ya que su capacidad de respuesta a diferentes factores ambientales tendrá un resultado directo sobre su morfología y en términos comerciales sobre la producción.

Por el otro lado están todos los factores externos, ya sean bióticos (p. ej. depredadores, parásitos y abundancia de alimento para el caso de los organismos heterotróficos) o abióticos (temperatura, salinidad y oxígeno entre otros). Dichos factores tienen en algunos casos una influencia determinante en el desarrollo de los organismos, por lo que no deben ser descartados.

En esta investigación se averiguó el efecto de algunas influencias externas sobre el crecimiento de *Pteria sterna*, considerando un factor biótico (concentración de alimento) y uno abiótico (temperatura) en condiciones controladas.

I.2 Antecedentes de cultivo de *Pteria sterna*

Existe un estudio previo del cultivo en canastos de *P. sterna* en la Bahía de la Paz (Singh-Cabanillas, 1990), desarrollado entre mayo de 1980 y abril de 1981, que se inició con organismos de 17.5 mm; las tallas finales fluctuaron entre 71.0 y 80.4 mm con una sobrevivencia de 76.0 a 96.8%.

Desgraciadamente este estudio no continuó, pero en otro proyecto coordinado por M. Monteforte del C.I.B. de La Paz, se han obtenido fijaciones masivas tanto de *P. sterna* como de *Pinctada mazatlanica*, que se están empleando para ensayos de cultivo extensivo en la Bahía de la Paz (García-Gazca y Monteforte, 1990; Monteforte y López, 1990). Estos cultivos tienen como propósito principal la recuperación de este recurso para su posterior explotación en Bahía de la Paz (M. Monteforte, C. I. B., com. pers.).

Por otra parte el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (C. I. C. E. S. E.) está evaluando los resultados de ensayos de fijación de larvas de *P. sterna* en la Bahía de los Angeles, B. C. Hasta ahora se cuenta con resultados preliminares de fijación y de crecimiento en una balsa flotante (Aguirre-Hinojosa, 1987; L. F. Bückle, C. I. C. E. S. E., com. pers.). Estos estudios realizados específicamente en la ensenada "La Gringa" en la Bahía de Los Angeles, B. C., demostraron una mayor fijación de *P. sterna* en cuerdas de red anchovetera que en cámaras de llantas (Aguirre-Hinojosa, *op. cit.*). En estudios posteriores

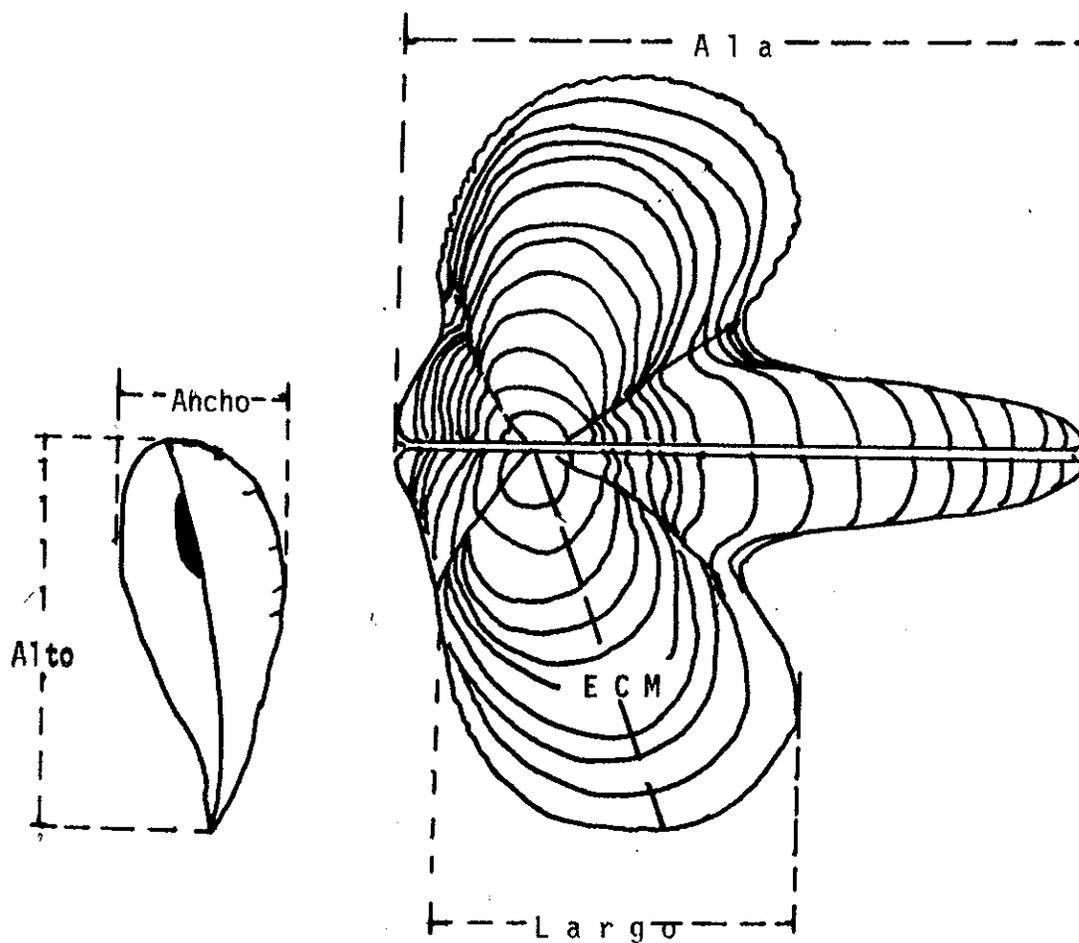


Fig. 1. Morfología externa de *Pteria sterna*. Vista frontal (a) y exterior de ambas valvas (b). Se muestran las dimensiones tomadas durante el experimento (nomenclatura según Seed, 1980). Eje de crecimiento máximo, ECM, longitud de la charnela, Ala.

en la misma localidad, se obtuvo un crecimiento de 6.7 mm mes^{-1} durante el periodo junio de 1987 a agosto de 1988 y se calculó la siguiente relación entre el eje de crecimiento máximo (ECM) (Fig. 1) y el peso seco del tejido (PS):

$$\text{PS} = (0.23 \text{ ECM} - 0.02)^3 \quad (1)$$

(L. F. Bückle, C. I. C. E. S. E., com. pers.).

I.3 Forma de crecimiento.

En términos muy amplios el crecimiento de un organismo se puede definir como "un incremento medible de un sistema orgánico, producido por la asimilación de materiales obtenidos de su ambiente" (von Bertalanffy, 1938). En este contexto el presente estudio consideró el crecimiento somático en longitud y peso.

Para determinar el crecimiento de los organismos, hay que medirlos en edades diferentes y la terminología empleada para definir los incrementos es:

Crecimiento absoluto: con éste se representa el incremento corporal acumulado en un tiempo determinado (edad del organismo).

Crecimiento relativo: es aquel que indica el porcentaje de incremento corporal por unidad de tiempo (Seed, 1980; Wilbur y Owen, 1964).

El crecimiento absoluto produce curvas a las que se les ha intentado ajustar una serie de modelos para predecir la edad de los organismos. La ecuación diferencial que representa de manera general el crecimiento de los organismos está dada por:

$$dy/dt = |ay - f(y)|$$

donde a es una constante positiva de tamaño y $f(y)$ es una función del tamaño (Ricker, 1979 citado por Moreau, 1987). Existen diversas soluciones matemáticas a esta ecuación, dentro de las más importantes están el modelo logístico, la curva de Gompertz y la de von Bertalanffy (Moreau, 1987).

Todos los seres vivos siguen alguna tendencia durante el crecimiento. La Alometría es el campo del conocimiento que estudia los cambios en la proporciones de dos dimensiones diferentes de los organismos (Gould, 1966; Seed, 1980). En ocasiones se ha llegado a denominar "ecuación alométrica" (Gould, *op.cit.*; Schmidt-Nielsen, 1984; Widdows, 1978) a la función :

$$Y = A X^b$$

que describe de la mejor manera los cambios corporales de dos dimensiones diferentes y/o funciones de los organismos (Espina, 1989; Seed, 1980; Wilbur y Owen, 1964). En ella X y Y pueden ser cualquier par de medidas corporales o tasas fisiológicas, A es la razón de las medidas bajo examen y b es llamado el índice de crecimiento inicial (Wilbur y Owen, 1964) o coeficiente de crecimiento (Seed, 1980).

Para efectos de simplificación de los cálculos, se realiza una transformación logarítmica de esta ecuación:

$$\log Y = \log A + b \log X$$

con la cual se puede utilizar cualquier base para los logaritmos y mediante un análisis de regresión lineal se calculan las constantes A y b . Una vez obtenido el valor de b , hay dos criterios para establecer si la relación entre las variables X y Y es isométrica o alométrica. En el caso de relaciones entre dimensiones lineales (p. ej. longitudes, L) un valor de $b=1$ será indicativo de un crecimiento isométrico, valores mayores indicarán una alometría positiva y valores menores de la unidad una alometría negativa.

Cuando las variables en cuestión son longitud y superficie, L^2 (p.ej. área de las branquias para la respiración o para la crianza de larvas, Kabat, 1985), se utiliza un valor de $b=2$ como indicador de crecimiento isométrico. Análogamente cuando se utiliza el volumen (L^3) o el peso corporal, un valor del coeficiente $b=3$, será un indicador de isometría (Kabat, *op. cit.*; Seed, 1980).

Las relaciones alométricas se han empleado en diferentes áreas. Se ha encontrado que el volumen y la respiración de *Tivela stultorum* tienen una relación isométrica con respecto a la longitud, mientras que las tasas de filtración e ingestión, así como la energía disponible para el crecimiento y reproducción son alométricas (Espina, 1989). Por otra parte, se ha observado que el número de larvas que *Transennella tantilla* puede criar en su manto y branquias está en relación isométrica con respecto a su longitud (Kabat, 1985). Para *Mytilus edulis* el consumo de oxígeno está relacionado con la talla de los organismos. Sin embargo este consumo tiene una pendiente, b , que varía entre 0.66 y 0.78 en invierno y primavera, mientras que en verano y otoño fluctúa entre 0.9 y 1.03. Esto indica que este exponente no es necesariamente constante para cada especie a lo largo del tiempo (Bayne, 1973), ya que puede ser modificado por algunos factores ambientales (Widdows, 1978).

También se han utilizado las razones Largo/Alto en diferentes clases de edad como indicadores de la forma de crecimiento de los organismos. Se ha observado que *Pinctada* sp. (Galtsoff, 1931, posteriormente identificada como *P. maxima* por Alagarwami y Chellam, 1977) y *Pinctada fucata* (Alagarwami y Chellam, *op. cit.*), crecen en los primeros estadios de desarrollo en el Largo (eje anteroposterior, según su nomenclatura) y que conforme aumentan de tamaño su crecimiento es proporcionalmente mayor en el Alto (eje dorsoventral).

Pteria sterna pertenece a la misma familia que estas dos especies, por lo que cabría esperar una similitud en cuanto a la forma de crecimiento.

I.4 Índice de condición.

La condición es definida como "la capacidad de un animal a responder favorablemente a un estrés ambiental adverso, sea este físico, químico o biológico" (Bayne, 1975; citado por Mann, 1978).

De manera similar a otros organismos, la condición de los moluscos bivalvos puede ser afectada por falta de alimento, salinidad, exposición al aire o enfermedades entre otros factores (Mann, 1978).

Lucas y Beninger (1985), de manera general, consideran dos tipos de índices:

a) Índices estáticos: aquellos que son determinados en un punto en el tiempo, lo que da información sobre el estado fisiológico actual de un animal.

b) Índices dinámicos: aquellos que son evaluados en un periodo de tiempo de la vida de una población y los cuales dan información acerca de los cambios fisiológicos en los individuos incluidos en la población.

El índice estático que más se recomienda para los bivalvos, es la razón entre el peso seco de la carne y el de la concha, ya que esta relación elimina los problemas de variaciones producidas por la cantidad de agua contenida en los tejidos, como sucede cuando se emplea el peso húmedo de la carne.

Un valor bajo de este índice indica que el organismo ha realizado un esfuerzo biológico, tal como el consumo de energía bajo condiciones ambientales desfavorables o por enfermedad o aún por la producción de gametos.

I.5 Fuente de alimento.

Chaetoceros sp. es una microalga perteneciente a la División Bacillariophyta que fue aislada de la Bahía de Todos Santos, B. C. por Trujillo-Valle, en 1988 (Cepa CH-X-1 del C. I. C. E. S. E.) (Voltolina-Lobina *et al.*, 1991).

Debido a que es una cepa que puede ser cultivada en medios alternativos, con un crecimiento al menos comparable con otras microalgas utilizadas para el cultivo de organismos acuáticos (López-Elías, 1990), se le ha empleado como alimento para *Artemia franciscana*, *Mytilus edulis* y adultos de *Pteria sterna*, por esta razón se consideró como una fuente de alimento adecuada para los organismos del presente estudio.

Se ha observado que las condiciones de cultivo provocan algunas variaciones en la composición bioquímica y en el contenido de materia total (López-Elías, 1990). En el caso del contenido de materia seca, éste fluctúa entre 30 (López-Elías, *op. cit.*) y 34 μg por 10^6 células (B. Cordero-Ezquivel, C. I. C. E. S. E., com. pers.) cuando se cultiva en medio "f" de Guillard y Ryther (1962). En este medio, durante la fase de crecimiento exponencial la composición bioquímica no es diferente en diluciones de 33 y 50% (López-Elías, *op. cit.*).

II OBJETIVO

Conocer la influencia de la temperatura y de la concentración de alimento sobre el crecimiento de juveniles de *Pteria sterna* (Gould, 1851) (Mollusca, Bivalvia), bajo condiciones de laboratorio.

III HIPOTESIS.

Ho: Temperaturas y raciones de alimento diferentes no afectan el crecimiento de los juveniles de *Pteria sterna*.

Ha: El crecimiento de *Pteria sterna* es modificado por la temperatura y/o la concentración de alimento.

IV MATERIALES Y METODOS.

IV.1 Juveniles de *Pteria sterna*.

IV.1.1 Zona de colecta.

La semilla se colectó en la Bahía de Los Angeles que se localiza entre los 113° 28' y 113° 33' long. W, y los 28° 53' y 28° 58' lat. N, dentro del Golfo de California.

Su clima está considerado como muy seco, con una temperatura ambiental media anual entre 22 y 24 °C y con una precipitación media anual de 0-100 mm (INEGI, 1982). En estudios previos, la temperatura anual del agua en la bahía ha fluctuado entre los 14.0 y 29.5°C (Aguirre-Hinojosa, 1987; L. F. Bückle-Ramírez, C. I. C. E. S. E., com. pers.).

En la parte norte de la bahía existe una pequeña ensenada denominada "La Gringa" (Fig. 2). En esta ensenada se colocaron una serie de colectores que pertenecen al proyecto "*Pteria*" a cargo de L. F. Bückle-Ramírez del Departamento de Acuicultura del C. I. C. E. S. E. Cada colector consistió de un saco cebollero el cual podía contener diferentes sustratos; red de monofilamento, cuerdas de ixtle, malla tipo mosquitero y ramas de árbol (L. F. Bückle-Ramírez, com. personal). Estos colectores se ubicaron a unos 150-200 m de la línea de costa y a profundidades de 1 a 3 m.

IV.1.2 Captación de la semilla.

Después de dos meses de inmersión, el 4 y 5 de julio de 1990 se recogieron los colectores, que se limpiaron manualmente y con agua a presión generada por una bomba hidroneumática,

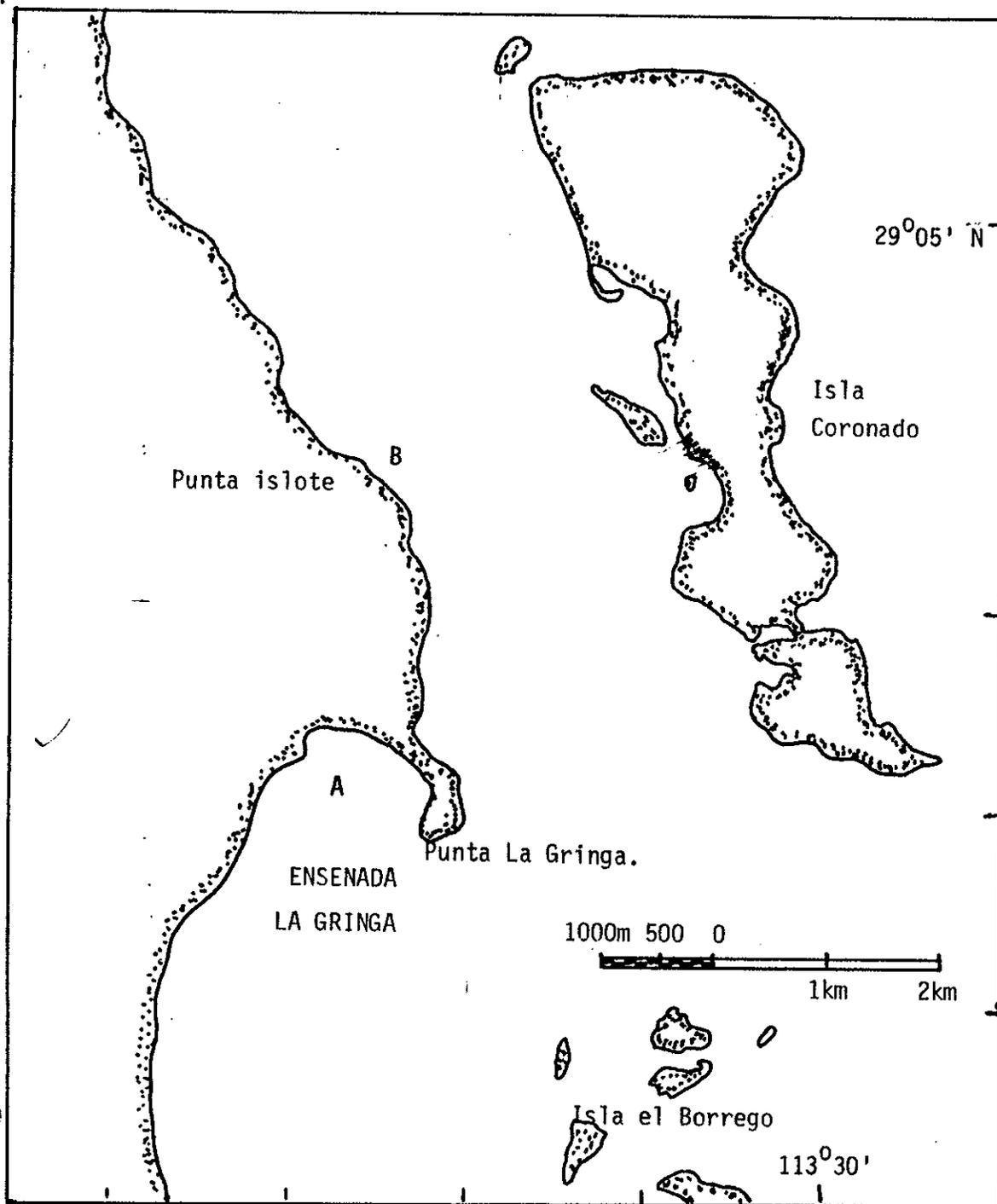


Fig. 2. Localización de la zona de colecta y cultivo (A) y banco natural (B) de la ostra perlera *Pteria sterna* en la Bahía de Los Angeles.

para eliminar las partículas de tierra y algunos organismos y algas.

La semilla se separó del sustrato con ayuda de un bisturí, el bisco se cortó cuidadosamente con el fin de no dañar al animal. Los organismos colectados se mantuvieron de 24 a 48 h en un recipiente de poliuretano dentro de una hielera, con el fin de mantener el agua cerca de la temperatura del momento de colecta (27 °C aproximadamente). El agua se agitó con frecuencia para favorecer la oxigenación y se cambió por lo menos tres veces al día, para eliminar los productos de desecho.

IV.1.3 Transportación al laboratorio.

El 6 de julio, la semilla se trasladó al laboratorio del C. I. C. E. S. E. en Ensenada, B. C. dentro de una bolsa de malla tipo mosquitero en un sistema de dos cilindros de plástico (150 l de capacidad cada uno) interconectados entre sí por una manguera.

Los organismos fueron colocados en el primer cilindro, mientras que en el segundo se inmergió una bomba hidroneumática, la cual asperjó agua en la parte superior del primero para airear y recircular el agua. También dentro del segundo cilindro se incluyeron bolsas de hielo para evitar que la temperatura ascendiera. Mientras duró el viaje, la motobomba se activó durante tres minutos a intervalos de 20 minutos.

Una vez en el laboratorio la semilla se introdujo a un acuario de 45 l, con la misma agua que traía. Se colocó una piedra de aireación y se inició la alimentación de mantenimiento con la microalga *Chaetoceros* sp.

IV.1.4 Aclimatación y mantenimiento.

Durante este periodo, cada dos días se extrajeron del acuario las heces de los organismos y se cambió aproximadamente el 50 % del volumen total del agua con agua de mar filtrada y esterilizada con lámparas de luz ultravioleta.

Inicialmente se separó la semilla con ayuda de un bisturí. Sin embargo, los organismos tienden a agruparse y por este motivo se colocaron fragmentos de conchas limpias de adultos dentro de los acuarios con el fin de que la semilla se fijara en ellos.

Para la alimentación se empleó *Chaetoceros* sp. en dos porciones diarias. Las raciones se calcularon en base al peso seco de los organismos. Utilizando los datos facilitados por L. F. Bückle del C. I. C. E. S. E., se modificó la ecuación mencionada en el apartado I.2 para que se ajustara al modelo alométrico, obteniéndose la fórmula exponencial siguiente:

$$PS = 0.00869 \text{ ECM}^{3.14} \quad (2)$$

en donde se indica un crecimiento alométrico positivo ($P < 0.001$) en la relación Peso-ECM de los organismos de *P. sterna* que fueron cultivados en la balsa flotante en la Bahía de Los Angeles.

La aclimatación de los organismos fue de ocho semanas y en la séptima fueron trasladados a los acuarios experimentales y distribuidos aleatoriamente.

IV.2 Cultivo de microalgas.

Se utilizó *Chaetoceros* sp. (cepa CH-X-1 del C. I. C. E. S. E. aislada por M. de L. Trujillo-Valle) como alimento para la semilla, tanto durante el mantenimiento como en la fase experimental.

El cultivo fue del tipo semicontínuo, empleando garrafrones de 18 l de capacidad y un estanque de 500 l, con medio f/2 y con una razón de dilución del 50 y 33% respectivamente (Fig. 3). La densidad de los cultivos se cuantificó con un hematocitómetro con el retículo de Neubauer y de 0.1 mm de profundidad (Voltolina-Lobina *et al.*, 1989).

Con la densidad de las microalgas, su peso seco y el peso seco de *P. sterna* calculado semanalmente se determinó el volumen de cultivo necesario para la alimentación de las ostras.

IV.3 Diseño experimental.

El experimento se inició el 31 de agosto y se concluyó el 14 de diciembre de 1990 por un total de 15 semanas (104 días). Al inicio del experimento se sacrificaron 20 organismos de la población original aclimatados en la mismas condiciones de los organismos experimentales, para determinar el peso seco y el índice de condición iniciales (Fig. 3).

Aguirre-Hinojosa (1987) reportó para Bahía de Los Angeles temperaturas de 20 hasta 29 °C para el periodo de mayo a noviembre. Este trabajo simuló el rango térmico del periodo mencionado.

El diseño experimental fue de tipo factorial con tres temperaturas (20, 25 y 30 °C) y tres concentraciones de alimento (2, 4 y 8 % del peso seco de la carne calculado cada semana). La densidad de microalgas se mantuvo aproximadamente constante a lo largo del experimento, en 20, 40 y 80 x 10³ cél ml⁻¹ modificando el volumen de agua en cada sección de los acuarios (Fig. 3). Cada tratamiento consistió de tres réplicas con nueve organismos en cada una.

Las raciones (2, 4 y 8% PS), divididas en dos porciones diarias, se distribuyeron en cada una de las tres secciones de cada acuario de manera aleatoria. Se empleó la ecuación 2 para determinar la cantidad de microalgas que se agregó por ración en cada tratamiento. Cada semana se hizo la corrección pertinente debida al crecimiento de los organismos.

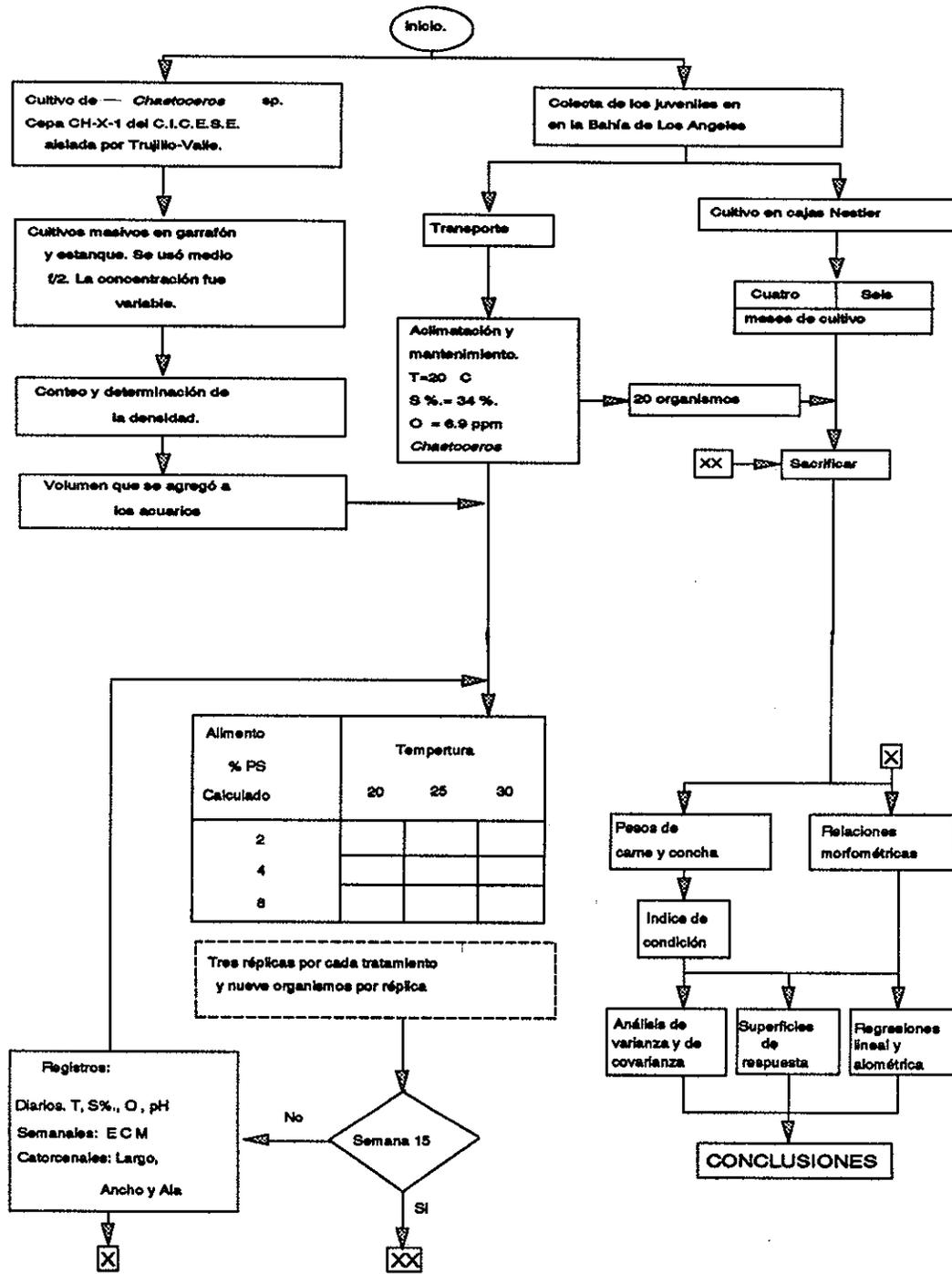


Fig. 3. Diagrama de flujo.

Previamente se permitió que los organismos se fijaran en fragmentos de concha nácar, para facilitar su manipulación durante el experimento.

El diseño completo comprendió nueve acuarios de 45 l cada uno, divididos en tres partes o secciones (Fig. 4-a). Cada sección representó una unidad experimental. Un total de 243 individuos se distribuyeron en las unidades de manera aleatoria.

Todos los acuarios se colocaron en baños maría (Fig. 4-b) cuya temperatura se controló con calentadores con termostato de 110 Watts (Phipps & Bird, Inc.). En algunos días hubo la necesidad de utilizar un ventilador de escritorio para evitar que aumentara la temperatura del tratamiento de 20 °C.

Se realizaron cambios de agua cada dos días, con agua de mar esterilizada con lámparas de luz ultravioleta. La temperatura del agua se ajustó previamente a la temperatura experimental. No se realizaron ajustes de salinidad ni de pH durante los cambios de agua.

La oxigenación se mantuvo con aire, inyectado con una piedra de aireación en cada sección. Al finalizar las quince semanas, los organismos se dejaron en inanición durante 24 horas y se sacrificaron (se separaron con un bisturí de los fragmentos de concha y se congelaron en bolsas de polietileno).

IV.4 Registros periódicos.

Las mediciones de las condiciones ambientales se realizaron diariamente. Los registros biométricos tuvieron una frecuencia semanal o catorcenal (Tabla I, Fig. 3).

El oxígeno disuelto se midió con un oxigenómetro YSI modelo 57; la temperatura con termómetros y/o con el oxigenómetro; el pH con un potenciómetro Orion Modelo SA 230 y la salinidad con un refractómetro de mano Atago 8810.

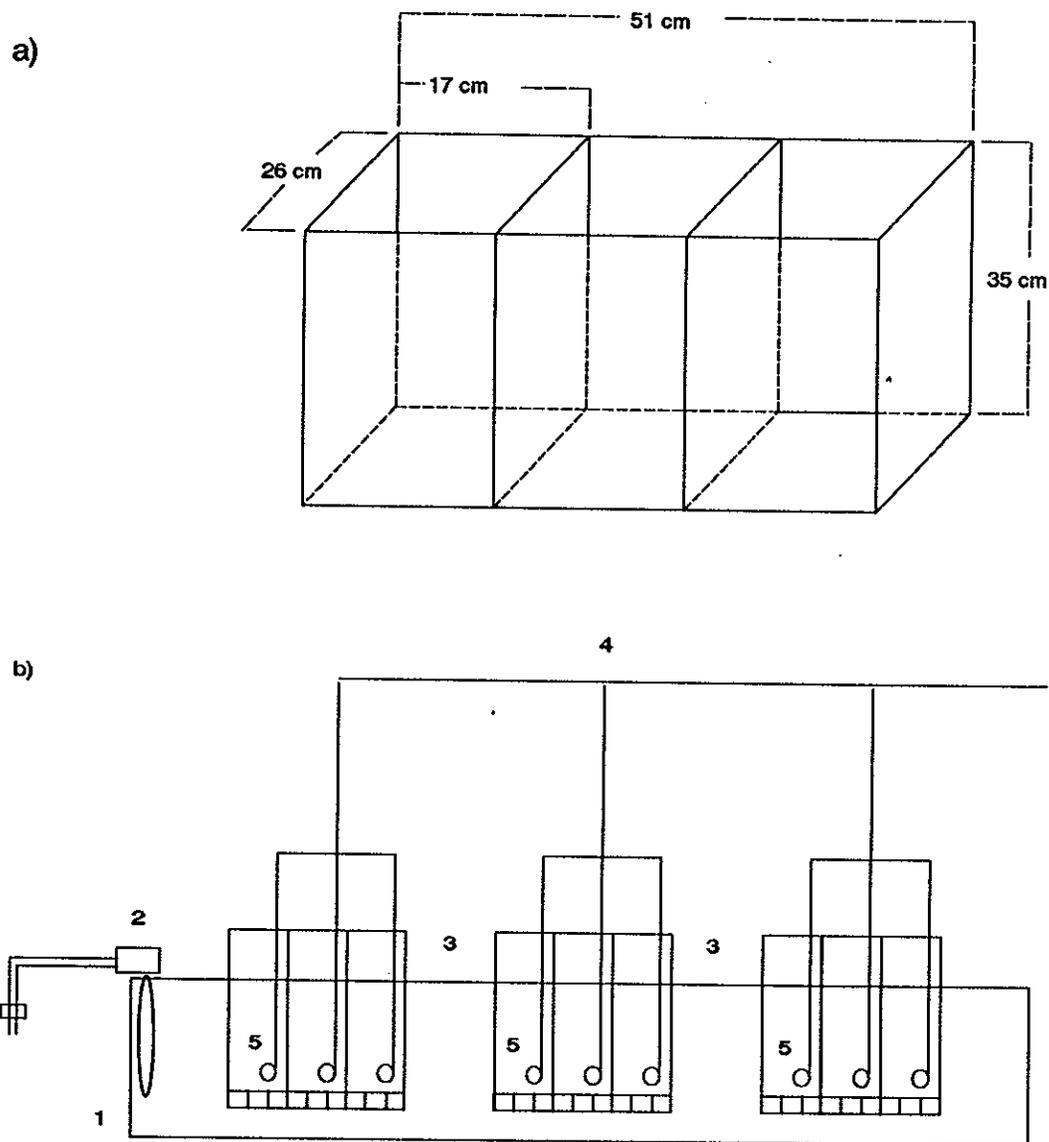


Fig. 4. Esquema de los acuarios (a) y sistema (b) utilizados durante el ensayo de medición de la influencia de la temperatura y la concentración de alimento sobre el crecimiento de *Pteria sterna*. 1.- Bandeja de fibra de vidrio. 2.- Calentador con termostato. 3.- Acuarios divididos en secciones. 4.- Sistema de aireación. 5.- Rejillas con malla tipo mosquitero.

Como la solubilidad del oxígeno tiene una relación inversa con la temperatura, se decidió trabajar con el porcentaje de saturación. Los datos de la concentración de oxígeno se transformaron a porcentaje de saturación, considerando la temperatura y la salinidad al momento de la medición.

Tabla I. Periodicidad de los registros que se obtuvieron para determinar la influencia de la temperatura y de la concentración de alimento en el crecimiento de *P. sterna*.

Diarias	Semanales	Catorcenales
No. Cél. Temperatura Salinidad Oxígeno pH	ECM	LARGO ANCHO ALA

Las variables fisicoquímicas se midieron diariamente en una de las tres repeticiones de cada tratamiento, lo que dió una medición cada tres días por sección. Esto se hizo ya que no se encontraron diferencias notables entre las secciones.

Las variables morfométricas se midieron con un vernier Mitutoyo, con una precisión de 0.02 mm, la lectura se ajustó a 0.1 mm.

IV.5 Medición de pesos y determinación del índice de condición.

Los organismos fueron descongelados, medidos y pesados (peso húmedo total, húmedo y seco de la concha y húmedo, seco y cenizas de la carne) en una balanza Mettler HL52 con una

precisión de 0.1 mg. La concha y la carne fueron secadas a 60 °C por 2 y 24 h respectivamente en una estufa Single-Wall y la carne se calcinó a 590 °C por 12 h en una mufla Lindberg modelo 51894.

El índice de condición se calculó como la razón del peso seco orgánico del tejido entre el peso seco de la concha multiplicada por mil (Mann, 1978; Lucas y Beninger, 1985).

IV.6 Determinación del crecimiento.

El crecimiento se midió considerando la dimensión de crecimiento máximo de la concha (del umbo al margen de la concha), o eje de crecimiento máximo (ECM) (Fig. 1).

Se obtuvo la relación del Largo, Ancho y Ala con respecto al ECM. Mediante un análisis de regresión lineal y con el modelo alométrico, se ajustaron rectas para cada una de las relaciones por medio del método de mínimos cuadrados.

IV.7 Tratamientos estadísticos de los datos.

Los datos de ECM se contrastaron mediante un análisis de varianza de dos vías, después de comprobar su normalidad mediante la prueba de bondad de ajuste de X^2 ($\alpha=0.05$).

Para las comparaciones de pares de medias y de las pendientes con respecto a un valor dado, se empleó el estadígrafo t (Steel y Torrie, 1988).

Las curvas obtenidas se contrastaron por medio de un análisis de covarianza y de la prueba *a posteriori* SNK (Steel y Torrie, 1988; Zar, 1974).

Las ecuaciones de las superficies de respuesta se obtuvieron por medio de análisis de regresión múltiple por pasos utilizando el paquete estadístico Statgraphics y considerando la técnica de selección de las variables en los modelos propuesta por Zar (1974). La forma de la superficie obtenida se determinó mediante la técnica del Indicador o Determinante (Lehmann, 1969). Se obtuvieron las razones Largo, Ancho y Ala entre el ECM para cada fecha de muestreo y se calcularon las ecuaciones de regresión lineal y alométrica entre el Largo, el Ancho y el Ala contra el ECM por el método de mínimos cuadrados. Con ésto se determinó el tipo de crecimiento en los diferentes tratamientos.

La densidad de un cuerpo se define por el peso del mismo entre el volumen que ocupa dicho cuerpo. Debido a que las valvas no tienen un cierre hermético no se pudo evaluar el volumen de las mismas por lo que se calculó una 'densidad aparente'. Se consideró que el volumen de la concha puede estar dado por un prisma rectangular resultado del producto del ECM, Largo y Ancho de la concha.

Se utilizaron los siguientes paquetes para microcomputadoras:

- a) Manipulación de los datos: Dbase III+, Lotus 1,2,3 (ver. 2) y Quattro Pro (ver. 1).
- b) Estadística: Statgraphics (ver. 4), Lotus 1,2,3 (ver. 2), Systat (ver. 4).

IV.8 Organismos que fueron cultivados en el campo.

Con el fin de comparar el crecimiento de los organismos bajo condiciones de laboratorio y en el medio natural, 110 de los 386 organismos obtenidos en los colectores se dejaron dentro de dos canastos Nestier suspendidos a 1.5 m de profundidad, en el lugar de colecta (Fig 2).

A los cuatro y seis meses de cultivo se llevaron al laboratorio 20 y 55 organismos respectivamente, así como algunos depredadores y los restos de las conchas de los organismos

muertos. Todos fueron fijados en alcohol isopropílico y se procesaron de la misma forma que los organismos de laboratorio, para determinar sus relaciones morfométricas y su índice de condición.

V RESULTADOS.

V.1 Colecta y mantenimiento.

De los 386 organismos colectados, alrededor del 85 % tuvieron una talla entre 5 y 10 mm de ECM (Fig. 5). La mortalidad durante el periodo de aclimatación y mantenimiento fue del 4.3 %.

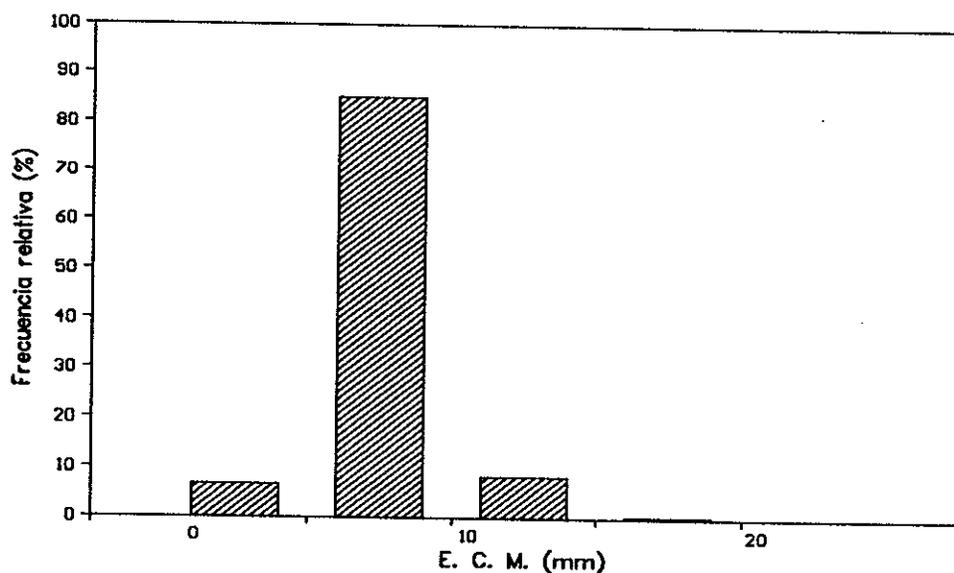


Fig. 5. Distribución de tallas de los organismos colectados en la Bahía de Los Angeles en julio de 1990.

En abril de 1990 se hizo una prospección del banco natural localizado en la Bahía de Los Angeles (A. Re-Araujo, C. I. C. E. S. E., Fig. 2). Se trasladaron al laboratorio 41 organismos y se dejaron bajo observación. Junto con los adultos desapercibidamente se transportaron cuatro organismos menores de 2 cm y se pudo apreciar que éstos eran capaces de moverse

sobre diferentes sustratos sin un estímulo aparente, así como cuando se les cortó el bisco manualmente. Para su fijación, prefirieron las conchas de sus congéneres adultos en vez los sustratos artificiales de los estanques. Este fenómeno también fue observado en los organismos experimentales, ya que en el transcurso del experimento tuvieron cierta movilidad, que tendió a disminuir con el tiempo.

V.2 Distribución de los organismos.

Se realizaron dos distribuciones aleatorias de los organismos. En ambas se usó el ECM para hacer un análisis de varianza de una vía considerando cada sección de los acuarios como un tratamiento independiente, para determinar si existía una distribución heterogénea de los organismos.

En la primera se detectaron diferencias entre las secciones, por lo que se procedió a realizar una segunda distribución.

En ésta, se observó que no hubo diferencias significativas entre las secciones (Tabla II). Con ésto se consideró que los organismos fueron distribuidos homogéneamente y por lo tanto no existió sesgo inicial.

Durante la segunda semana se detectó la presencia de un organismo adicional en una de las secciones de 30 °C y 8% de alimento, que se decidió dejar en esa sección dada la imposibilidad de reconocer individualmente a los organismos.

V.3 Variables Físicoquímicas.

La temperatura promedio de los tratamientos fue cercana a la temperatura deseada de 20, 25 y 30 °C (Tabla III). Los cambios en la temperatura fueron similares entre los tres tratamientos

Tabla II. Análisis de varianza inicial para el eje de crecimiento máximo de *Pteria sterna* considerando cada sección como tratamiento independiente.

Fuente de error	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Entre grupos	0.5444	26	0.0209	0.518	0.9757
Dentro de gpo.	8.7290	216	0.0404		
Total (corr.)	9.2734	242			

Tabla III. Promedio global y desviación estándar de las variables fisicoquímicas de los nueve tratamientos. La temperatura es el promedio de dos mediciones diarias, mientras que las demás son el promedio de una lectura diaria.

Temperatura Alimento	20			25			30		
	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Temperatura (°C)	19.84 0.38	19.86 0.36	19.86 0.36	25.00 0.50	25.01 0.51	24.96 0.46	29.85 0.82	29.78 0.87	29.81 0.83
Salinidad (‰)	32.45 1.93	32.45 1.99	32.60 1.85	33.06 2.23	32.94 2.18	33.31 2.03	32.15 2.78	32.15 2.73	32.33 2.69
Oxígeno (%)	95.02 3.20	95.04 2.63	94.77 2.96	95.42 2.56	95.12 2.52	94.55 3.07	93.46 3.57	92.81 4.13	91.64 6.49
pH	8.03 0.12	8.00 0.13	7.97 0.12	8.07 0.19	8.02 0.20	8.02 0.20	8.06 0.14	8.02 0.15	7.95 0.18

para cada grupo de concentraciones de alimento (Fig. 6). La desviación estándar fue mayor a los 30 que a los 25 y ésta mayor que a los 20 °C que fue la más cercana a la temperatura ambiente del laboratorio. La disminución de la temperatura el día 50, se debió a una interrupción de la energía eléctrica.

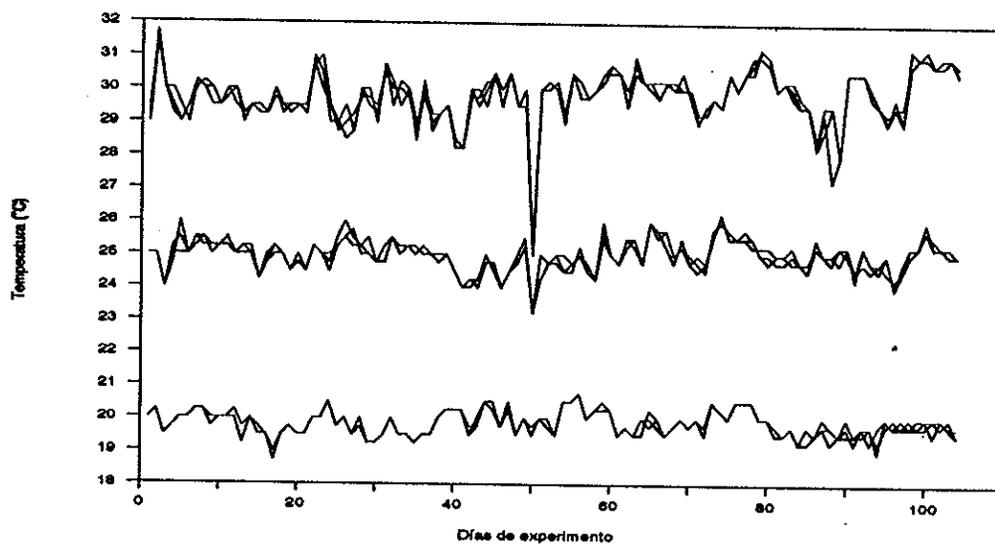


Fig. 6. Variación de la temperatura en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de *P. sterna*.

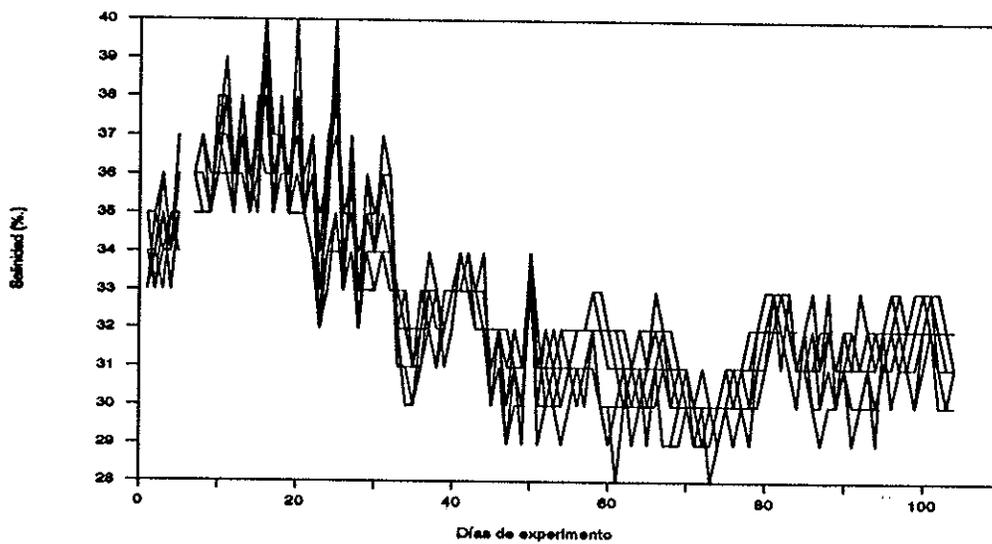


Fig. 7. Cambios en la salinidad en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de *P. sterna*.

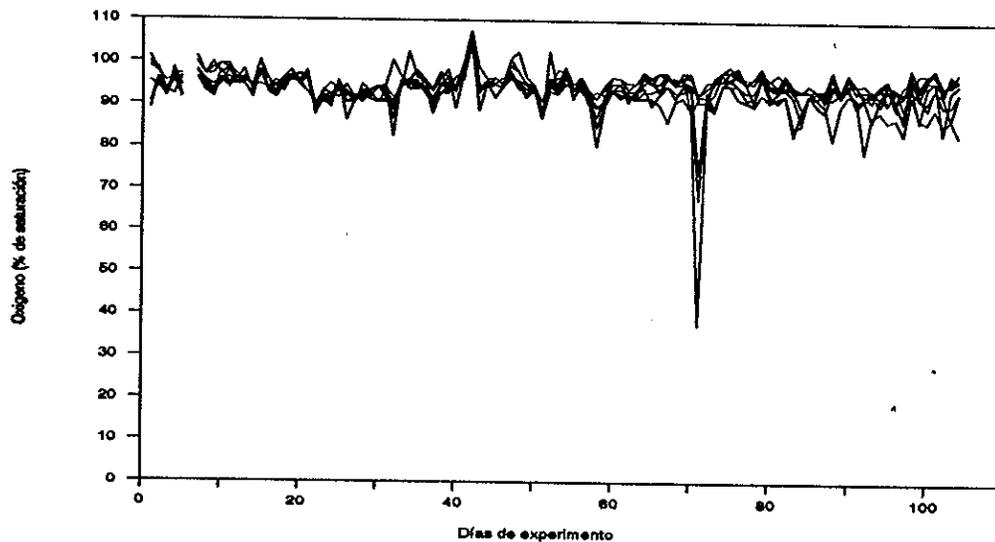


Fig. 8. Cambios en la saturación de oxígeno en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de *P. sterna*.

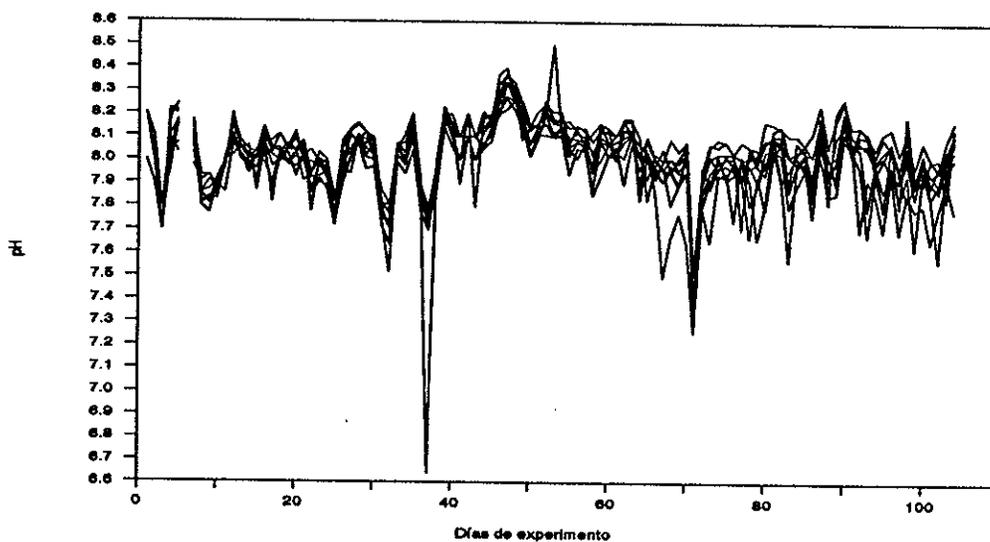


Fig. 9. Variación en el pH en todos los tratamientos durante el experimento de crecimiento de *P. sterna*.

Como se puede apreciar, la salinidad de los acuarios tuvo una gran variación (Tabla III y Fig. 7). Esto se debió a que, como se hicieron cambios de agua cada dos días, se produjo una evaporación de agua de los acuarios y por consiguiente un incremento en la salinidad producida por las diferencias térmicas entre el agua de los acuarios y la temperatura ambiente. Se observa a su vez que el tratamiento a 25 °C tuvo una salinidad ligeramente mayor, lo cual se supone debido a la mayor ventilación, dada la cercanía de este tratamiento a la puerta del laboratorio y al aire acondicionado del mismo.

En la cuarta semana los acuarios se cubrieron con una hoja de polietileno para disminuir la evaporación. De todas formas, como se puede observar en la Fig. 7, se puede decir que las variaciones de la salinidad fueron similares para todos los tratamientos.

En general, el promedio de la saturación de oxígeno se mantuvo por arriba del 90%, con una ligera tendencia a disminuir a los 30 con respecto a 20 y 25 °C (Tabla III). Se puede considerar que la variación de la saturación de oxígeno a lo largo del experimento se mantuvo homogénea para todos hasta el día 60 aproximadamente (Fig. 8). Luego de esta fecha la saturación de oxígeno tendió a variar más, pero sin ser mayor del 20%.

El pH no mostró variaciones importantes (Fig. 8) y tuvo un valor promedio de 8 para todos los tratamientos (Tabla III), con la única excepción de los días 37 y 71. Las variaciones en estos días se produjeron por fugas del sistema de CO₂, que se corrigieron en cuanto fueron detectadas. En las últimas semanas se observaron fluctuaciones mayores en los valores de pH de manera similar a las observadas en la saturación de oxígeno.

Tabla IV. Datos condensados del experimento de crecimiento de *Pteria sterna* a tres temperaturas y tres concentraciones de alimento durante 15 semanas. Promedio general y desviación estándar. * 28 organismos.

Temperatura Alimento	20			25			30		
	2	4	8	2	4	8	2	4	8*
Mortalidad (%)	0.0	3.7	0.0	3.7	3.7	0.0	7.4	3.7	0.0
Talla inicial (mm)	11.7 1.9	11.9 2.0	11.8 1.6	11.3 1.6	11.4 2.1	11.4 2.4	11.7 2.0	11.9 1.9	12.3 2.1
Talla final (mm)	17.4 2.8	20.2 3.6	21.0 3.8	17.6 2.2	22.9 3.8	26.2 4.9	17.8 2.7	23.9 2.7	29.2 3.9
Crecimiento (%)	49.7	70.4	78.1	56.0	100.9	129.5	51.8	100.4	137.7
Velocidad (mm sem ⁻¹)	0.4	0.6	0.6	0.4	0.8	1.0	0.4	0.8	1.1
Pesos									
Carne (%)	21.8 1.8	26.0 4.2	28.6 3.1	20.6 2.1	26.3 1.4	33.8 2.1	24.0 3.7	25.2 2.0	31.5 1.4
Carne seca (%)	20.1 1.8	21.2 4.2	23.4 3.1	18.0 2.1	16.6 1.4	21.1 2.1	15.6 3.7	17.5 2.0	19.9 1.4
Orgánico tejido (%)	81.5 3.4	82.6 6.5	86.1 5.0	77.8 1.6	78.4 2.8	84.8 4.0	73.7 5.7	79.8 2.2	85.1 1.7
Cenizas (%)	18.5 3.6	17.4 6.5	13.9 5.0	22.2 1.6	21.7 2.8	15.2 4.0	26.3 5.7	20.2 2.2	15.0 1.7
Concha (%)	73.5 0.1	69.6 5.2	66.7 4.0	72.1 5.0	68.0 3.5	60.9 5.6	71.6 4.1	70.0 6.7	63.5 3.5
Concha seca (%)	78.2 1.9	74.0 2.6	71.4 3.2	79.5 3.9	73.7 4.6	66.2 3.7	76.0 3.8	74.8 12.7	68.5 2.9
I. C.	52.5 12.3	70.9 21.1	100.4 32.0	43.3 9.6	60.4 10.3	118.2 35.2	39.6 9.7	58.0 13.7	97.2 18.8

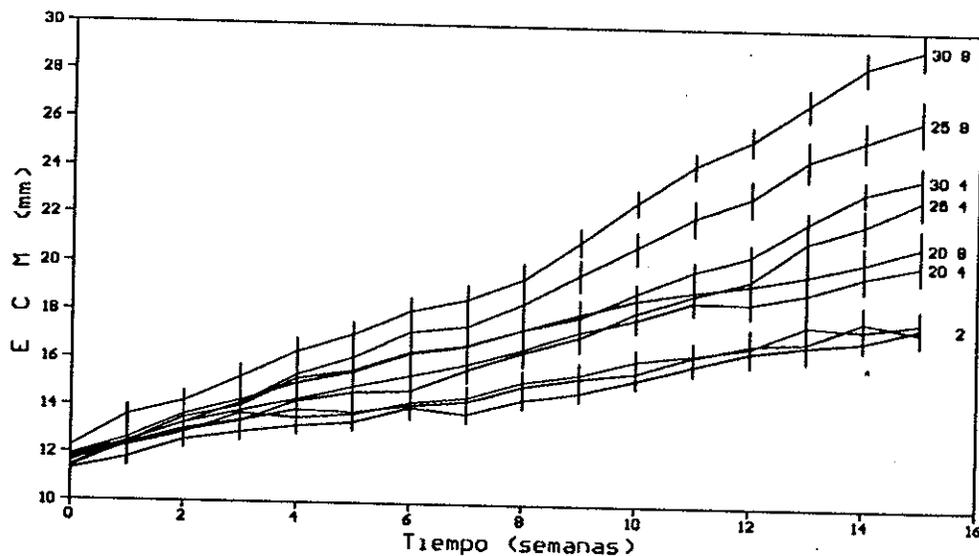


Fig. 10. Curvas de crecimiento de *Pteria sterna* bajo tres tratamientos de temperatura y tres concentraciones de alimento. Se muestran valores promedio \pm el error estándar. Los tratamientos de las diferentes temperaturas al 2% de alimento no fueron diferentes significativamente.

V.4 Crecimiento de *Pteria sterna*.

La tasa de mortalidad observada fue muy baja (Tabla IV). En forma global hubo un 2.5 % de mortalidad de los organismos. Cuatro de ellos murieron por desecación al salirse del agua. Se desconoce la causa de la muerte de los dos restantes, pero se observó que fueron de los más pequeños.

El crecimiento de *Pteria sterna* fue distinto para los diferentes tratamientos (Fig. 10). Un análisis de varianza de los datos del ECM en la semana 15 muestra diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos y de la interacción de los mismos (Tabla V).

Tabla V. Análisis de varianza en la semana 15 para el eje de crecimiento máximo de *Pteria sterna* considerando los nueve tratamientos de temperatura y concentración de alimento.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Efectos principales	32.2424	4	8.0606	65.436	0.0000
Temperatura	7.0811	2	3.5405	28.742	0.0000
Alimento	24.6646	2	12.3323	100.114	0.0000
Interacción					
Temperatura-alimento	4.2919	4	1.0729	8.711	0.0000
Residuo.	28.2088	229	0.1231		
Total (corr.)	64.7432	237			

Tabla VI. Análisis de covarianza para el eje de crecimiento máximo de *Pteria sterna* en los experimentos de crecimiento a tres temperaturas y tres concentraciones de alimento, considerando todas las fechas de muestreo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Covariable (tiempo)	362.6374	1	362.6373	100.000	0.000
Efectos principales	111.9262	4	27.9815	324.245	0.000
Temperatura	17.7661	2	3.5405	102.935	0.000
Alimento	92.8917	2	12.3323	538.206	0.000
Temperatura-alimento	11.9537	4	2.9884	34.630	0.000
Residuo	331.2961	3839	0.0862		
Total (corr.)	817.8135	3848			

Coeficiente de covarianza para el tiempo 0.0663516

El análisis de covarianza para todos los datos indica que existe una influencia por cada tratamiento y por la interacción de los mismos, así como un efecto producido por el tiempo (Tabla VI), con lo que se demuestra que las pendientes de las diferentes curvas de crecimiento fueron heterogéneas.

La pendiente de cada curva representa la velocidad de crecimiento de los organismos. Esta velocidad de crecimiento, así como el crecimiento porcentual de los individuos en los nueve tratamientos, indican que no existe diferencia en el crecimiento de los organismos alimentados con la ración menor en las tres temperaturas experimentales. El crecimiento observado a 20 °C fue igual para 4 y 8%, así como para 4% a 25 y 30 °C. El crecimiento a 25 °C y 8% fue diferente a los anteriores, al igual que a 30 °C y 8% que tuvo el crecimiento mayor (Fig. 10 y 11, Tabla IV).

El crecimiento porcentual observado a 30 °C y 8% es casi tres veces mayor que el obtenido a bajas concentraciones de alimento (Figs. 10 y 13).

Las mismas similitudes y diferencias se observan en el porcentaje de incremento y en la velocidad de crecimiento (Tabla IV).

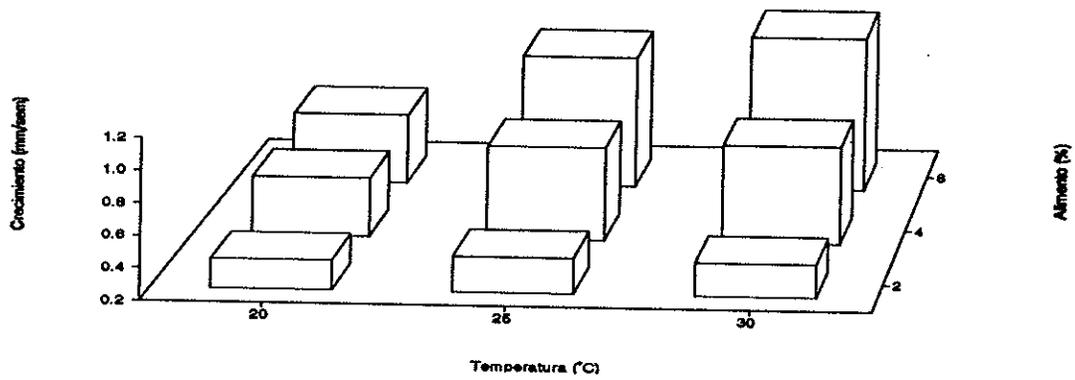


Fig. 11. Velocidad de crecimiento de *P. sterna* a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.

Tabla VII. Evaluación del modelo cuadrático para la velocidad de crecimiento (mm sem^{-1}) de *P. sterna*. $R^2 = 98.16 \%$

Variable independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	-1.642	0.643	-2.554	0.084
T	0.145	0.051	2.817	0.067
T ²	-0.003	0.001	-3.068	0.055
A	0.051	0.045	1.139	0.338
A ²	-0.017	0.003	-5.183	0.014
T A	0.008	0.001	6.829	0.006

Tabla VIII. Evaluación del modelo cuadrático simplificado para la velocidad de crecimiento (mm sem^{-1}) de *P. sterna*. $R^2 = 98.03 \%$

Variable independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	-1.481	0.650	-2.278	0.085
T	0.140	0.053	2.647	0.057
T ²	-0.003	0.001	-2.960	0.042
A ²	-0.014	0.002	-6.267	0.003
T A	0.009	0.001	9.726	0.001

V.4.1 Superficie de respuesta.

Con los datos obtenidos, es imposible decidir si se alcanzó el valor óptimo de condiciones ambientales, para la velocidad de crecimiento de *Pteria sterna* (Fig. 11). Sin embargo, la tendencia general es que a mayor temperatura y mayor concentración de alimento el crecimiento será mayor.

Para evaluar la influencia de dos factores sobre la respuesta de los organismos se utiliza el método de superficie de respuesta (Alderdice, 1972). Este análisis utiliza polinomios de grado

diferente. Sin embargo, de manera general, se ha observado que la ecuación de segundo grado o cuadrática representa adecuadamente la respuestas de los organismos. En el presente estudio, todas las respuestas fueron evaluadas utilizando esta ecuación.

Los cálculos para obtener el modelo cuadrático para la velocidad de crecimiento se hicieron con los valores promedio. Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Vel}(\text{mm sem}^{-1}) = -1.642 + 0.145 T - 0.003 T^2 + 0.051 A - 0.017 A^2 + 0.008 TA$$

donde T es la temperatura y A el alimento.

Con el análisis de regresión múltiple se obtuvieron los valores para la evaluación de la ecuación (Tabla VII). El modelo explica el 98% de la varianza total observada. A su vez se aprecia que el factor A no contribuye significativamente en la explicación del modelo, por lo cual se decidió simplificarlo utilizando la técnica de regresión múltiple por pasos, que permitió obtener el siguiente modelo:

$$\text{Vel}(\text{mm sem}^{-1}) = -1.481 + 0.140 T - 0.003 T^2 - 0.014 A^2 + 0.009 TA$$

Este nuevo modelo explica el mismo porcentaje de la varianza total observada (Tabla VIII), y todos los términos de la ecuación son significativos con un alfa de 0.09. Con este modelo se observa que el efecto interactivo T A tiene la mayor influencia, seguido por el efecto cuadrático del alimento y de la temperatura y finalmente por el efecto lineal de la temperatura. La superficie de respuesta obtenida con este modelo (Fig. 12) revela un sistema de cordillera ascendente de tipo elipsoide. En ésta se observa que a bajas concentraciones de alimento la temperatura tiene poca influencia en el crecimiento de *P. sterna*, mientras que a concentraciones mayores se aprecia el efecto significativo del término de la interacción del modelo (Tabla VIII).

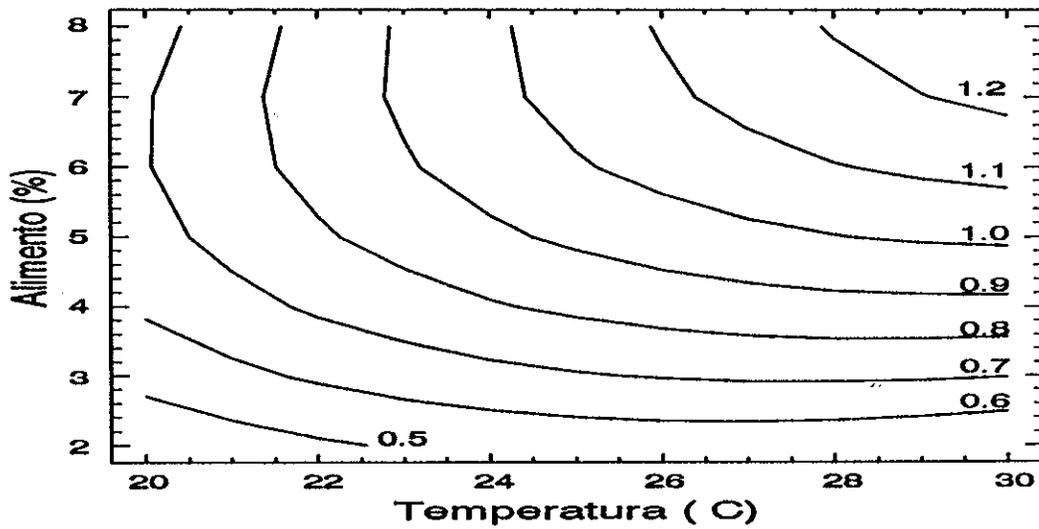
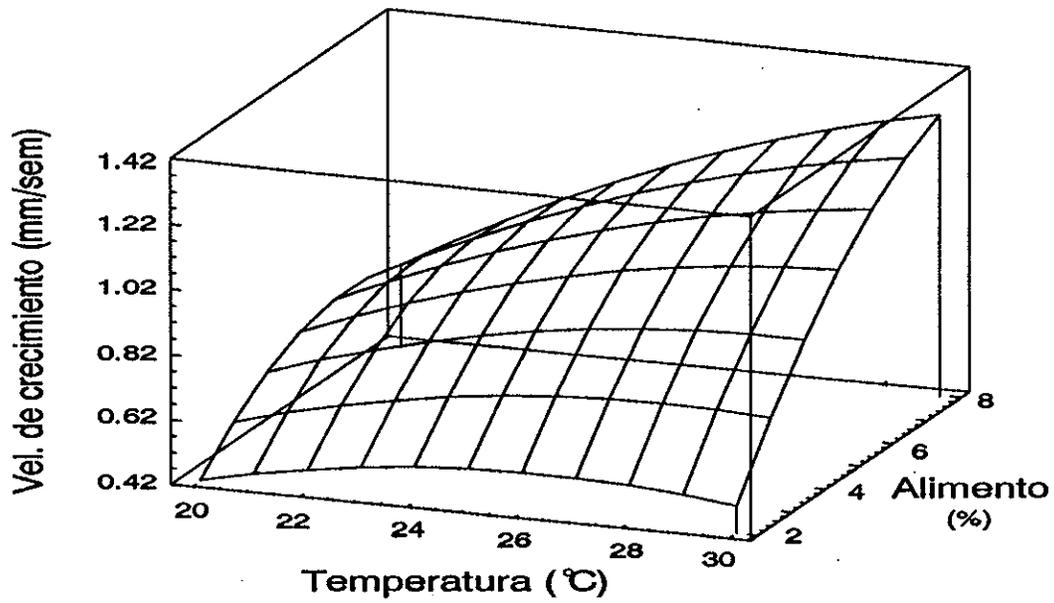


Fig. 12. Superficie de respuesta generada a partir del modelo simplificado de la velocidad de crecimiento de *P. sterna*.

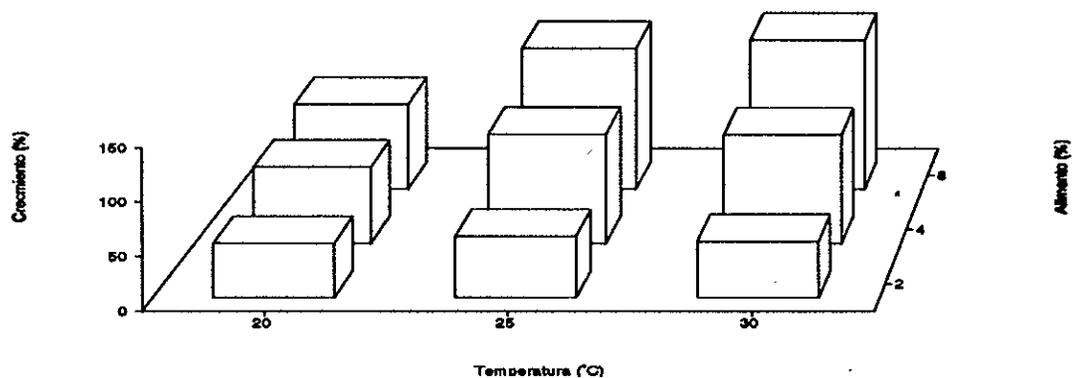


Fig. 13. Crecimiento porcentual de *P. sterna* a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.

Tabla IX. Evaluación del modelo cuadrático para el crecimiento porcentual de *P. sterna*.
 $R^2 = 97.32\%$

Variable independiente	Coficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	-337.479	97.633	-3.457	0.041
T	20.035	7.794	3.632	0.036
T ²	-0.585	0.155	-3.784	0.032
A	10.844	6.799	1.595	0.209
A ²	-2.238	0.492	-4.540	0.020
T A	0.884	0.179	4.939	0.016

Tabla X. Evaluación del modelo cuadrático simplificado para el crecimiento porcentual de *P. sterna*. $R^2 = 96.28 \%$

Variable independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	-303.253	112.134	-2.704	0.054
T	27.427	9.153	2.997	0.040
T ²	-0.585	0.182	-3.214	0.033
A ²	-1.650	0.387	-4.267	0.013
T A	1.072	0.159	6.760	0.003

De igual manera que para la velocidad de crecimiento, no se obtuvo un valor óptimo del crecimiento porcentual (Fig. 13).

Al evaluar el modelo cuadrático para el crecimiento porcentual se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Crec}(\%) = -337.479 + 28.035 T - 0.585 T^2 + 10.844 A - 2.235 A^2 + 0.884 TA$$

Mediante un análisis de regresión múltiple se evaluó la ecuación obtenida (Tabla IX) en donde se puede apreciar que todos los términos, con excepción del término A, tienen un nivel de significancia menor de 0.05 para rechazar la hipótesis de que el coeficiente correspondiente no es diferente de cero. Por esto se decidió hacer una simplificación del modelo eliminando el término A, con lo que se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Crec}(\%) = -303.253 + 27.427 T - 0.585 T^2 - 1.650 A^2 + 1.072 TA$$

Al hacer nuevamente la evaluación del modelo se puede apreciar que todos los términos de la ecuación son significativos con un alfa de 0.06 (Tabla X). Hubo una ligera modificación en el porcentaje de la varianza total explicada por el modelo (1.04 %). Al igual que la velocidad

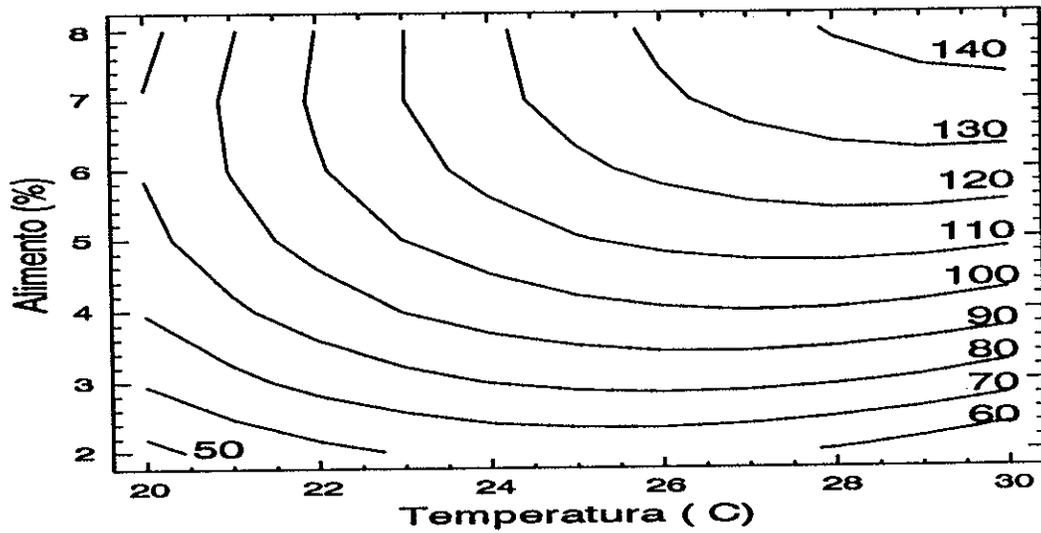
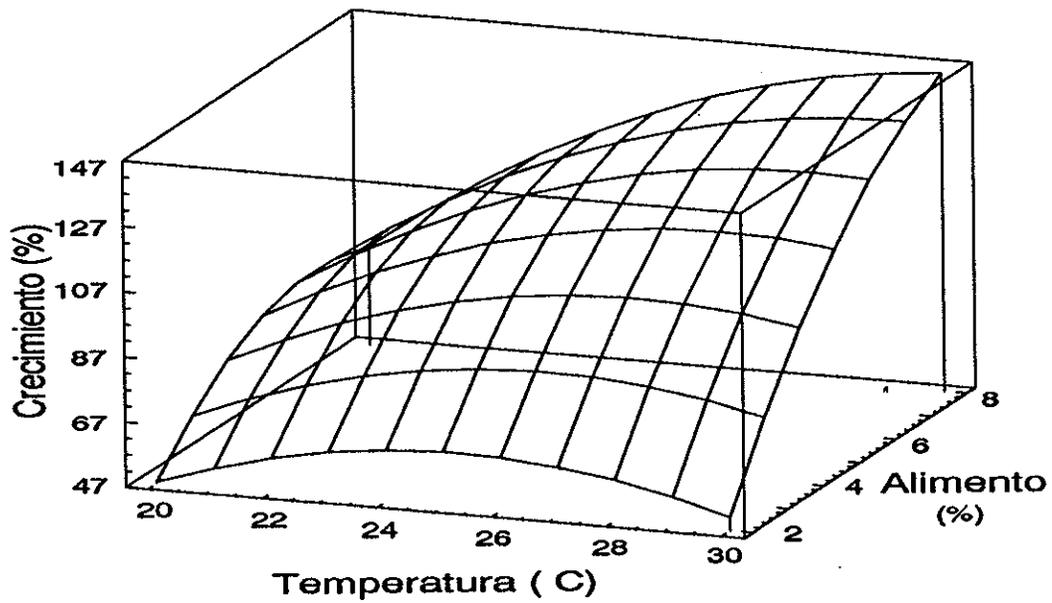


Fig. 14. Superficie de respuesta para el crecimiento porcentual de *P. sterna* a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.

de crecimiento, los términos que tuvieron una mayor influencia fueron la interacción, el término cuadrático del alimento y de la temperatura y finalmente el término lineal de la temperatura.

La superficie de respuesta generada por el modelo anterior (Fig. 14), puede ser considerada como una cordillera ascendente de tipo elipsoide. En ella se aprecia la influencia del término de interacción de la ecuación obtenida.

Como se mencionó anteriormente, uno de los modelos más utilizados para representar el crecimiento de los organismos es el de von Bertalanffy, que al igual que otros modelos, requiere que los datos de crecimiento abarquen la mayor parte de la curva, es decir que se tengan datos en los que exista evidencia de crecimiento asintótico (Seed, 1980).

Este modelo no pudo ser utilizado en el presente estudio debido a la falta de un punto de inflexión (Fig.10). En este caso los datos pueden ajustarse a un modelo lineal que tiene como pendiente la velocidad de crecimiento y como ordenada al origen el valor al inicio del experimento (11.7 mm).

V.5 Pesos e índice de condición.

El contenido de carne en los juveniles de *P. sterna* se incrementó conforme aumentó la concentración de alimento (Tabla IV). Se observa que el mayor rango se encontró a los 25 °C, que fue de 13.2 %, seguido por el tratamiento de 30 °C con 7.5 y finalmente el de 20 °C con 6.8 % . Para el caso de las temperaturas no se observan cambios notorios entre los tratamientos.

El contenido de humedad en la carne de los organismos tuvo un ligero aumento conforme se incrementó la temperatura y una disminución conforme se incrementó el alimento (Tabla IV).

El contenido orgánico de los organismos estuvo en relación directa con la concentración de alimento proporcionada y en relación inversa con la temperatura.

La concha correspondió al 68 % del peso total de los organismos cultivados en el laboratorio. Se obtuvo una relación inversa del porcentaje de la concha con respecto al peso total, conforme el organismo fue alimentado en mayor cantidad. No existió una influencia notoria de la temperatura.

El contenido de humedad de la concha fluctuó entre los 20.5 y 33.8 % (Tabla IV). El rango obtenido a 25 °C fue mayor que para 20 y 30 °C.

Se observó que el índice de condición resulta fuertemente influenciado por la concentración de alimento (Tabla IV, Fig. 14) y que a bajas concentraciones de alimento el índice de condición disminuye al aumentar la temperatura, mientras que para concentraciones altas el valor máximo alcanzado se encuentra a los 25 °C.

V.5.1 Superficie de respuesta.

Se compararon los modelos obtenidos con los valores promedio y con el conjunto total de datos. Los coeficientes evaluados fueron muy similares para ambos modelos, pero la variación total explicada fue de 93.37 y 59.73% respectivamente. Debido a que para los casos de velocidad de crecimiento y de crecimiento porcentual se utilizaron los valores promedio, se decidió emplear los promedios también para el índice de condición.

Al obtener el modelo cuadrático para el índice de condición se obtuvo la siguiente ecuación:

$$I.C.= -28.764 +6.647 T -0.169 T^2 +3.075 A +0.259 A^2 +0.174 TA$$

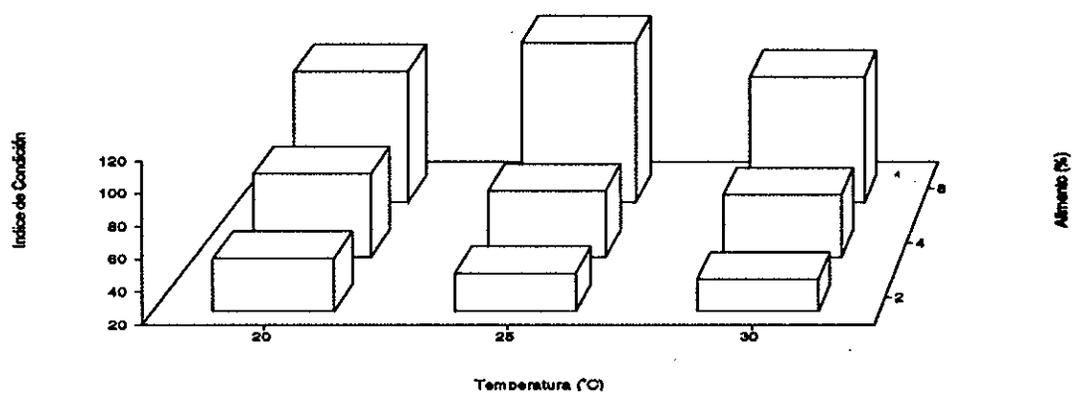


Fig. 15. Índice de condición de *P. sterna* a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.

Tabla XI. Evaluación del modelo cuadrático para el índice de condición de *P. sterna*. $R^2 = 89.86$

Variable independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	-28.764	157.66	-0.182	0.867
T	6.647	12.59	0.528	0.634
T ²	-0.169	0.25	-0.675	0.548
A	3.075	10.98	0.280	0.798
A ²	0.259	0.80	0.326	0.766
T A	0.174	0.29	0.603	0.589

Tabla XII. Evaluación del modelo cuadrático simplificado para el índice de condición de *P. sterna*. $R^2 = 93.37$

Variable independiente	Coefficiente	Error estándar	Valor de t	Nivel de signif.
Constante	61.233	8.128	7.533	0.0003
T ²	-0.057	0.012	-4.684	0.0034
T A	0.398	0.038	10.574	0.0000

Con un análisis de regresión múltiple se evaluó la ecuación (Tabla XI). El modelo explica el 90% de la varianza total observada. A su vez se puede apreciar que ningún factor contribuye significativamente en la explicación del modelo por lo cual se decidió hacer una simplificación del mismo.

Una regresión múltiple por pasos permitió obtener el siguiente modelo:

$$I. C. = 61.233 - 0.057 T^2 + 0.398 T A$$

Este nuevo modelo explica el 93% de la varianza total observada (Tabla XII). Todos los términos de esta nueva ecuación son altamente significativos y el efecto de la interacción tiene una mayor significancia que el efecto cuadrático de la temperatura. De esta forma se simplificó el modelo y se aumentó en un 3.5% el porcentaje de la varianza total explicada, con respecto al modelo anterior.

Al evaluar el determinante de esta ecuación se obtuvo que la superficie de respuesta describe una pequeña parte de un sistema ascendente de tipo hiperbólico (Fig. 16). En ella, se observa que a bajas concentraciones de alimento existe una pequeña influencia de la temperatura dado que el índice de condición tiende a disminuir con el aumento de esta variable, mientras que a concentraciones altas el índice se mantiene prácticamente constante.

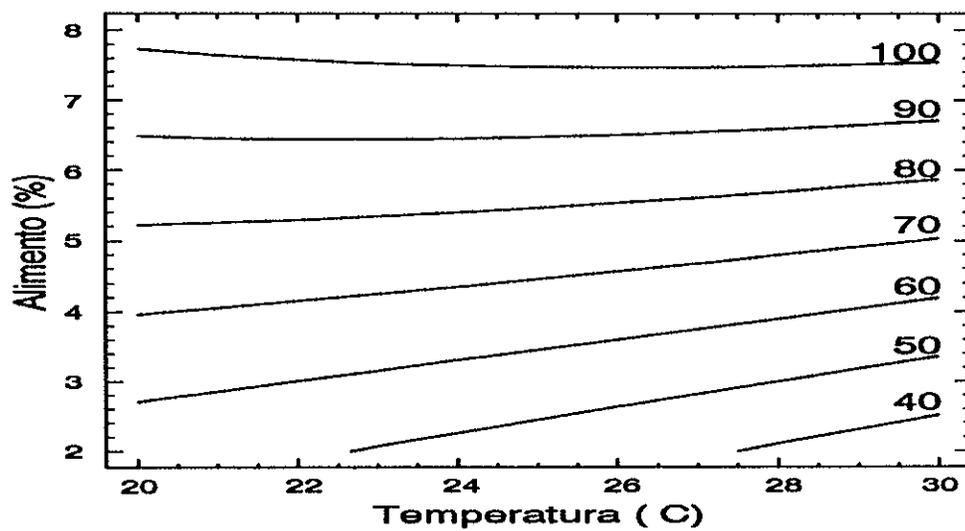
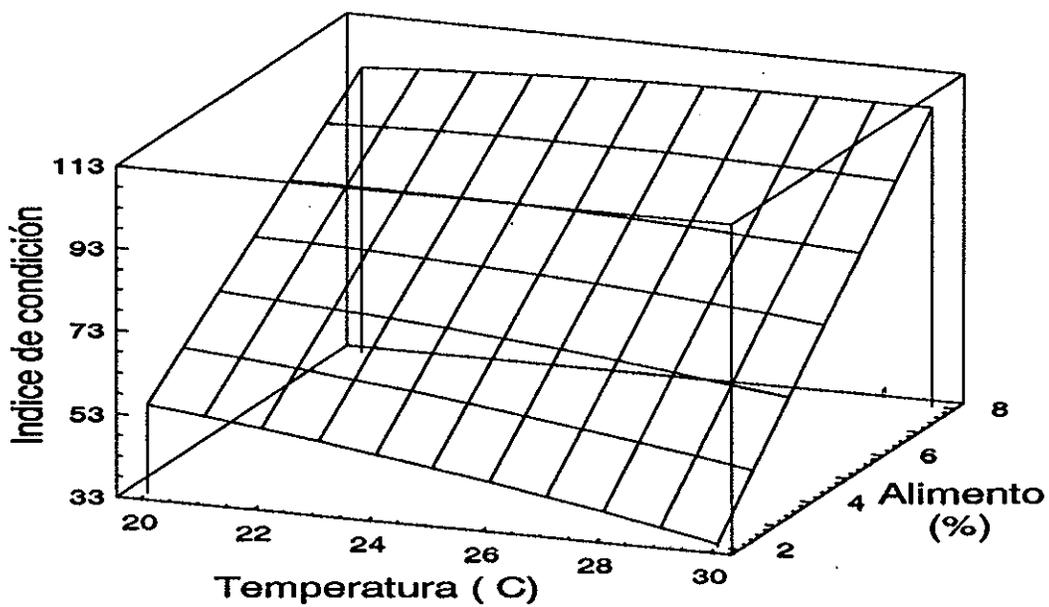


Fig. 16. Superficie de respuesta para el índice de condición de *P. sterna* a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento.

Tabla XIII. Relaciones morfométricas de *P. sterna* al inicio del experimento. * Diferente de uno $P < 0.05$.

	INICIAL (n=243)			Ecuación Alométrica		
	A'	B	R ²	A	b	R ²
LARGO	0.837	-0.01	85.8	0.843	0.995	85.3
ANCHO	0.387	-0.06	81.5	0.382	0.999	81.0
ALA	1.797	-1.36	68.9	1.276	1.108*	66.2

I. C. promedio = 114.37 ± 25.84 min=82.00 max=191.30
 ECM promedio = 11.7 ± 1.96 min= 6.8 max= 18.4

V.6 Variaciones morfométricas.

A lo largo del experimento no hubo limitaciones de tipo físico para que las ostras pudieran crecer en cualquier dirección.

Al inicio del experimento las relaciones morfométricas mostraron una isometría entre el Largo y Ancho con respecto al ECM, mientras que el Ala tuvo una alometría positiva, aunque con R² menor (Tabla XIII).

Durante la fase experimental se observaron variaciones en las razones del Largo, Ancho y Ala entre el ECM, por lo cual las pendientes se contrastaron por medio de un análisis de covarianza para determinar si existieron variaciones en el transcurso del tiempo (Tabla XIV). Se pudo observar que la razón Largo/ECM no cambia con el tiempo, mientras que el Ancho y el Ala mostraron variaciones significativas ($P < 0.05$ y $P < 0.001$ respectivamente). De manera análoga se obtuvo que el Largo sólo fue influenciado significativamente por la temperatura, pero el Ancho y el Ala presentaron diferencias significativas producidas por ambos factores.

Tabla XIV. Análisis de covarianza para las razones del Ala, Largo y Ancho entre el ECM de *P. sterna* en los experimentos de crecimiento a tres temperaturas y con tres concentraciones de alimento, con respecto al tiempo.

Largo/ECM					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Covariable (tiempo)	0.0005	1	0.0005	0.089	0.769
Efectos principales	0.1126	4	0.0281	5.109	0.000
Temperatura	0.0891	2	0.0445	8.083	0.000
Alimento	0.0248	2	0.0124	2.252	0.105
Temperatura-alimento	0.0187	4	0.0047	0.850	0.493
Residuo	11.8681	2154	0.0055		
TOTAL (CORR.)	11.9999	2163			
Coeficiente de covarianza para el tiempo -1.011×10^{-4} .					

Ancho/ECM					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Covariable (tiempo)	0.0041	1	0.0041	3.895	0.049
Efectos principales	0.1190	4	0.0297	27.951	0.000
Temperatura	0.0827	2	0.0413	38.840	0.000
Alimento	0.0380	2	0.0190	17.866	0.000
Temperatura-alimento	0.0561	4	0.0140	13.178	0.000
Residuo	2.2922	2154	0.0011		
TOTAL (CORR.)	2.4715	2163			
Coeficiente de covarianza para el tiempo -2.82×10^{-4} .					

Tabla XIV. (Continuación.)

Ala/ECM					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrado medio	F	Nivel de signif.
Covariable (tiempo)	1.1776	1	1.1775	36.576	0.000
Efectos principales	5.4379	4	1.3595	42.225	0.000
Temperatura	4.1230	2	2.0615	64.031	0.000
Alimento	1.3765	2	0.6882	21.377	0.000
Temperatura-alimento	1.8936	4	0.4734	14.704	0.000
Residuo	69.3791	2154	0.0322		
TOTAL (CORR.)	77.8582	2163			
Coeficiente de covarianza para el tiempo 0.004312.					

Considerando lo anterior se obtuvieron la regresiones lineales y alométricas de cada tratamiento para las tres relaciones (Tabla XV). Se obtuvo que, con excepción del tratamiento de 20 °C y 2% de alimento todas presentaron una relación isométrica entre el Largo y el ECM. La proporción Largo/ECM, dada por los coeficientes A y A', fue de 0.8:1 con pequeñas diferencias entre las dos ecuaciones.

A su vez se observa una alometría positiva en todos los tratamientos de 20 °C en la relación Ancho/ECM. La proporción en este caso es de 0.36:1 aproximadamente y se observó un ligero incremento de ésta conforme aumentó el alimento y disminuyó la temperatura.

En la relación Ala/ECM, el exponente b disminuyó conforme aumentaron la temperatura y el alimento. La proporción del Ala contra el ECM fue de 1.7:1, sin tener una tendencia específica en cuanto a la concentración de alimento.

Tabla XV. Relaciones morfométricas de los organismos cultivados en laboratorio. R^2 expresada como porcentaje. Diferente de uno, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ y *** $P < 0.001$. Las letras indican valores iguales con un 95% de confianza.

Largo	20			25			30		
	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Ec. lineal									
A'	0.774	0.841	0.877	0.811	0.828	0.858	0.834	0.826	0.831
	a	b	b	ab	ab	b	b	ab	a
B	0.09	0.01	-0.04	0.04	0.00	-0.03	-0.01	0.01	0.01
R ²	89.7	93.7	94.6	63.5	94.7	95.2	91.8	93.6	95.5
Ec. alométrica									
A	0.864	0.845	0.84	0.842	0.836	0.831	0.821	0.836	0.84
b	0.918	1.003	1.024	0.969	0.981	1.018	1.007	0.988	0.987
	a	ab	b	ab	ab	b	ab	ab	ab

R ²	85.4	93.4	94.3	70.7	91.9	95.4	91.5	94.3	96.1
Ancho									
Ec. lineal									
A'	0.411	0.408	0.41	0.336	0.359	0.4	0.368	0.324	0.359
	c	c	c	ab	b	c	bc	a	b
B	-0.06	-0.06	-0.05	0.04	0.01	-0.03	-0.02	0.07	-0.01
R ²	89.7	87.3	91.9	81.3	91.7	93.1	88.1	89	89.8
Ec. alométrica									
A	0.354	0.355	0.368	0.357	0.37	0.374	0.356	0.379	0.355
b	1.083	1.064	1.052	0.922	0.971	1.041	1.004	0.919	0.995
	b	b	ab	a	a	ab	ab	a	ab
	**	*	*			*		***	*
R ²	87.5	87.8	92.6	81.6	91	92.8	86.1	90.7	91.7
Ala									
Ec. lineal									
A'	1.793	1.821	1.957	2.082	1.861	1.797	1.767	1.546	1.707
	bcd	bcd	de	e	cd	bcd	bc	a	b
B	-0.07	-0.14	-0.15	-0.49	-0.24	-0.10	-0.20	0.26	-0.04
R ²	78.1	85.1	90.8	78.4	91.1	91.1	84.8	79.6	93
Ec. alométrica									
A	1.714	1.667	1.771	1.607	1.568	1.667	1.571	1.696	1.659
b	1.028	1.065	1.089	1.204	1.155	1.077	1.081	0.985	1.019
	ab	abc	abc	c	bc	abc	abc	a	a
		*	***	***	***	***	**		
R ²	78.4	84.8	90.6	78.6	90.7	93.5	84.3	78.5	94.6

Tabla XVI. Densidad aparente del tejido y de la concha de los organismos cultivados en laboratorio ($\times 10^{-4}$). Se dan los valores promedio y desviaciones estándar. Las letras indican valores iguales con un 95% de confianza.

	20			25			30		
	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Tejido	0.17	0.22	0.31	0.14	0.18	0.30	0.11	0.15	0.25
	0.05	0.05	0.07	0.01	0.02	0.06	0.02	0.03	0.01
	bc	d	f	b	c	f	a	bc	e
Concha	2.71	2.61	2.71	2.66	2.38	2.29	2.17	2.14	2.24
	0.45	0.27	0.39	0.54	0.33	0.47	0.35	0.38	0.35
	b	b	b	b	a	a	a	a	a

Al graficar el peso seco del tejido y de la concha contra el ECM se obtuvieron curvas con un coeficiente de correlación muy bajo. Por lo anterior se decidió obtener la relación de los pesos por unidad de volumen aparente, dado por el producto del ECM por Largo y por el Ancho. En el tejido se observa un incremento en densidad aparente al aumentar la cantidad de alimento y una disminución con las temperaturas altas (Table XVI).

La temperatura es uno de los factores más importante para la formación de la concha (Wilbur, 1964), ya que influye en la depositación de CaCO_3 . Esto parece confirmado por la "densidad aparente" de la concha que resultó progresivamente menor (con la excepción del caso de 25 °C y 2%) conforme aumentaba la temperatura.

V.7 Organismos que fueron cultivados en el campo.

El crecimiento promedio de los organismos mantenidos en la Bahía de Los Angeles fue mayor que el observado en el laboratorio (Tablas IV y XVII). Se tuvo una velocidad de crecimiento de 1.16 mm sem^{-1} para la muestra extraída a los cuatro meses y de 1.08 mm sem^{-1} para la de

seis meses, comparado con el crecimiento máximo alcanzado de $1.128 \text{ mm sem}^{-1}$ durante las 15 semanas a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ y 8% de alimento. Sin embargo, la velocidad de crecimiento de los organismos cultivados en el laboratorio, sólo fue comparable en los organismos de 25 y $30 \text{ }^\circ\text{C}$ y 8% de alimento, los restantes tuvieron velocidades inferiores.

Para los cuatro meses de cultivo, la distribución de tallas muestra un máximo entre los 25 y 30 mm de longitud del ECM (Fig. 17), mientras que para los seis meses el máximo está entre los 35 y 40 (Fig. 18).

Por medio de una prueba *t* se compararon los registros de los cuatro meses de cultivo con las observaciones de la décima semana, se detectó una diferencia significativa entre el ECM ($P < 0.01$). Debido a que no se tuvieron datos de campo correspondientes al mes de diciembre, se generaron 50 números aleatorios distribuidos normalmente con una media de 35mm y una desviación estándar de 7.55 mm, los cuales se compararon con los organismos de la decimoquinta semana. Se obtuvo una talla de $34.59 \pm 8.57 \text{ mm}$ existiendo una diferencia muy significativa ($P < 0.01$) entre los datos generados y los de la semana 15.

El índice de condición fue menor a los cuatro que a los seis meses con valores equivalentes al 5.5 y 8% de alimento (Fig. 16).

De manera general, la sobrevivencia de estas ostras fue del 68.18%. En el primer muestreo, a los cuatro meses, se encontraron restos de cinco conchas con un ECM promedio de $28.1 \pm 3.04 \text{ mm}$ (23.8 a 31.4). Cuatro de ellas tuvieron daño en la parte anterior y la más pequeña en la zona ventral posterior, producidos seguramente por un cangrejo, ya que dentro de la cajas se detectó la presencia de un cangrejo, *Pilumnus townsendi* (Rathbun), de 25.8 mm de ancho del carapacho. En el muestreo a los seis meses también se encontraron 11 cangrejos de la misma especie ($17.5 \pm 2.3 \text{ mm}$), uno (13.4 mm) de *P. gonzalensis* (Rathbun) y otro que no fue identificado debido a su tamaño (9.4 mm). En éste muestreo no se encontraron restos de conchas en la cajas.

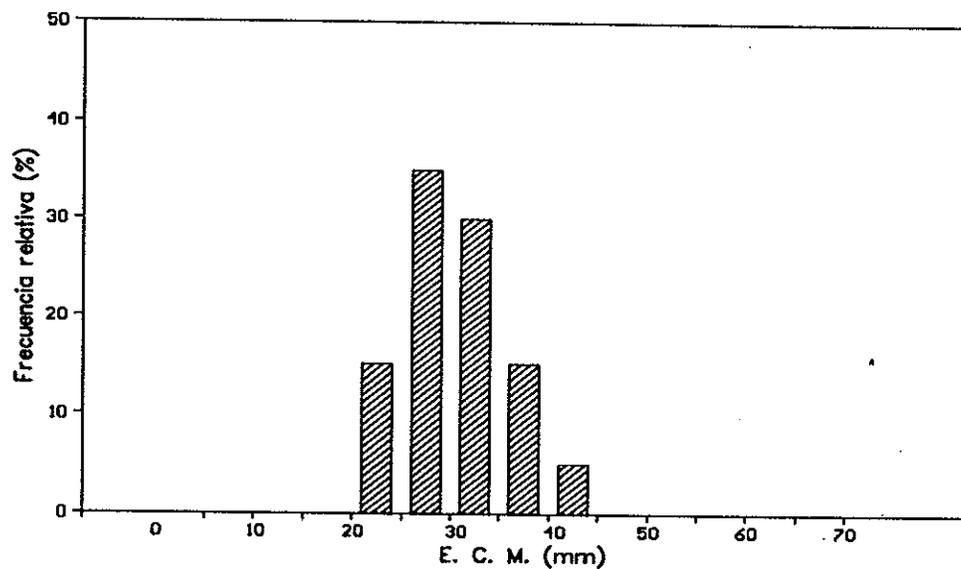


Fig. 17. Distribución de tallas de los organismos que fueron cultivados en la Bahía de Los Angeles luego de cuatro meses de cultivo (n=20).

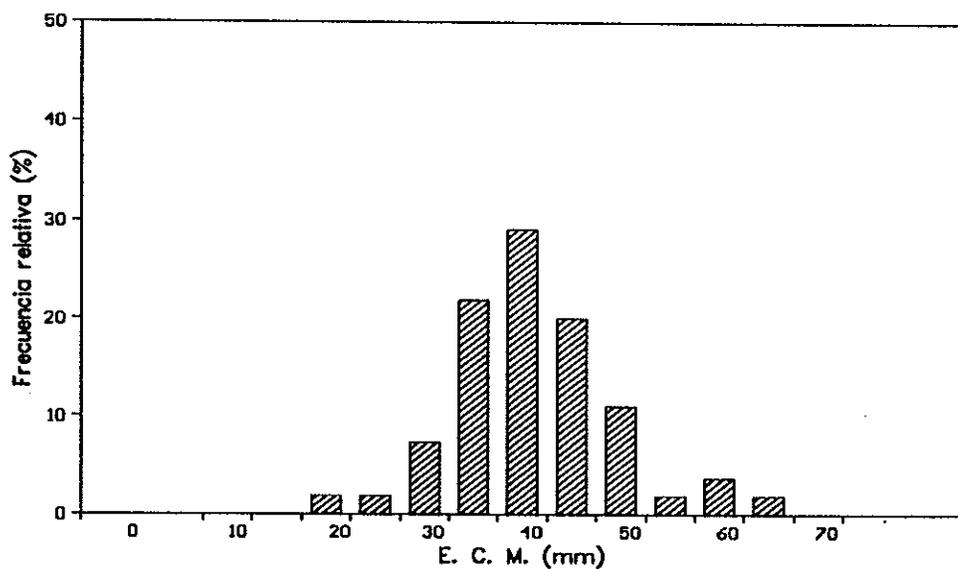


Fig. 18. Distribución de tallas de los organismos que fueron cultivados en la Bahía de Los Angeles luego de seis meses de cultivo (n=55).

Tabla XVII. Relaciones morfométricas de los organismos cultivados en la Bahía de Los Angeles, B.C. de julio a noviembre y enero de 1990. R^2 expresada como porcentaje. Diferente de uno o tres, * $P < 0.01$, ** $P < 0.05$ y *** $P < 0.05$.

Colecta (5-7-90)						
R. Lineal			Ecuación Alométrica			
ECM promedio = 7.35 ± 1.78 , min=3.7 max=16.1 (N=79)						
	A'	B	R ²	A	b	R ²
LARGO	0.812	0.126	91.6	0.880	0.968	86.7
ANCHO	0.349	0.173	78.4	0.472	0.878	75.2
ALA	1.642	0.177	76.0	1.530	1.038	73.5
4 MESES (n=20)						
I. C. promedio = 81.09 ± 17.47 min=58.51 max=146.78						
ECM promedio = 30.7 ± 4.6 , min=23.4 max= 41.90						
Densidad aparente ($\times 10^4$):						
Tejido = 0.17 ± 0.02						
Concha = 1.85 ± 0.24						
	A'	B	R ²	A	b	R ²
LARGO	0.915	-0.220	92.6	0.757	1.095	92.1
ANCHO	0.364	0.133	81.9	0.471	0.871	78.0
ALA	0.941	1.320	53.7	1.905	0.704	51.7
P. TEJIDO				4.8E-6	3.051	88.4
P. CONCHA				7.8E-4	2.261 ***	87.8
6 MESES (n=55)						
I. C. promedio = 106.95 ± 41.96 min=29.84 max=207.30						
ECM promedio = 38.7 ± 8.25 min=19.6 max= 63.8						
Densidad aparente ($\times 10^4$):						
Tejido = 0.20 ± 0.07						
Concha = 1.66 ± 0.37						
	A'	B	R ²	A	b	R ²
LARGO	0.917	-2.54	90.8	0.509	1.095 *	91.0
ANCHO	0.301	2.61	81.5	0.719	0.818 ***	81.3
ALA	0.926	9.34	71.4	2.043	0.846 *	72.9
P. TEJIDO				4.7E-7	3.691 **	85.1
P. CONCHA				3.9E-4	2.440 ***	86.3

V.7.1 Relaciones morfométricas.

Las relaciones morfométricas de los organismos al momento de la colecta fueron similares a las presentes en los organismos en el laboratorio (Tablas XV y XVII). Se observa que existe un crecimiento isométrico en el Ala y Largo con respecto al ECM, mientras que el Ancho tuvo una pendiente en la regresión logarítmica ligeramente inferior a uno y el Ala un poco mayor de la unidad sin llegar a ser diferentes significativamente.

Al comparar las regresiones de los organismos a los cuatro y seis meses de cultivo, se observan ciertas diferencias entre ellas. Sin embargo, existen diferencias mayores con las ostras perleras del laboratorio y las del momento de la colecta.

La diferencia más notable es en la longitud del ala. Se observa que la pendiente en la ecuación lineal A' , indicador de la razón de crecimiento o cambio, disminuyó a tal grado que es posible decir que en estas ostras el crecimiento es más rápido en el ECM que en el eje de la charnela, a diferencia de lo observado en el laboratorio y al momento de la colecta. A su vez se aprecia una disminución en la R^2 .

Por otra parte el Largo tuvo una modificación en la razón de cambio, de 0.8 a 0.9, en condiciones de cultivo en el campo, mientras que el exponente b se mantuvo cercano a la unidad. Esto permite decir que aunque el tipo de cultivo es diferente, se conserva la razón entre estas dimensiones.

Para el Ancho de la concha se observa que no hubo una gran modificación con respecto a la condición inicial y la pendiente de la ecuación alométrica se conservó, aunque a los seis meses b fue diferente de la unidad ($P < 0.001$).

A los cuatro meses de cultivo se obtuvo una relación isométrica entre el peso del tejido y el ECM, mientras que a los seis fue alométrica positiva. Para el peso seco de la concha, en ambos muestreos se tuvo un indicador de alometría negativa.

V.8 Registros de organismos de un banco natural.

El departamento de acuicultura del C.I.C.E.S.E. ha realizado varias prospecciones a un banco natural de concha nácar en la Bahía de Los Angeles, B. Cfa. (Fig. 1). En éstas se han colectado organismos adultos en su mayoría (A. D. Re-Araujo, C. I. C. E. S. E., com. pers.). Se midieron sus dimensiones y se obtuvieron las ecuaciones de regresión lineal y alométrica (Tabla XVIII). Los resultados permiten corroborar lo observado con las ostras perleras que fueron cultivadas en laboratorio y en el medio natural. El Largo y el Ancho de la concha con respecto al ECM mantienen un crecimiento prácticamente isométrico, mientras que el Ala no lo hace. Igualmente la razón de cambio A' se ve modificada en mayor medida en el Ala que en el Largo o Ancho.

Para el caso de la densidad aparente de la concha, ésta es menor para los organismos cultivados en las cajas Nestier que en los organismos mantenidos en laboratorio y en los del banco natural. Los últimos dos tienen valores similares (Tablas IV, XVI y XVIII).

Para el muestreo de abril '89 solo se tuvieron las conchas. Los organismos colectados en abril '90 se mantuvieron vivos en el laboratorio para un experimento de desove y por consiguiente no se pudieron calcular los valores correspondientes de la ecuación alométrica para el peso de la carne y el de la concha.

Se realizó una representación esquemática de las relaciones morfométricas de todos los organismos observando las diferencias entre las relaciones del Largo, Ancho y Ala con el ECM (Fig. 19).

Tabla XVIII. Relaciones morfométricas de organismos colectados en un banco natural en la Bahía de Los Angeles, B. C. en diferentes fechas. R^2 expresada como porcentaje. Diferente de uno o tres, * $P < 0.01$, ** $P < 0.05$ y *** $P < 0.05$.

	R. Lineal			Ecuación Alométrica			
FEBRERO 88							
(n=181)							
I. C.	= 418.2 ± 83.25 min=235.3 max= 684.9						
ECM	= 118.7 ± 19.9 min= 11.5 max= 154.7						
Densidad aparente ($\times 10^4$)							
Tejido	= 0.9 ± 0.31						
Concha	= 2.2 ± 0.53						
	A'	B	R^2	A	b		R^2
LARGO	0.791	5.39	82.8	0.984	0.965		93.7
ANCHO	0.376	6.89	62.1	0.441	0.987		88.5
ALA	0.662	31.42	59.7	3.894	0.700	***	80.3
P. TEJIDO				5.4E-4	2.410	***	83.5
P. CONCHA				4.4E-4	2.642	**	95.7
ABRIL 89							
(n=21)							
ECM	= 87.5 ± 28.9 min= 36.0 max= 132.3						
Densidad aparente ($\times 10^4$)							
Concha	= 3.24 ± 4.02						
	A'	B	R^2	A	b		R^2
LARGO	0.754	6.72	96.1	1.168	0.924	*	97.6
ANCHO	0.408	3.88	88.0	0.766	0.882		90.6
ALA	0.628	40.70	88.8	7.432	0.574	***	88.0
P. CONCHA				4.4E-3	2.141	***	72.3
ABRIL 90							
(n=41)							
ECM	= 101.2 ± 40.0 min= 9.6 max= 159.4						
	A'	B	R^2	A	b		R^2
LARGO	0.760	0.567	93.0	1.107	0.934	**	97.8
ANCHO	0.490	0.393	83.0	0.301	1.088		92.4
ALA	0.725	2.199	86.0	2.181	0.822	***	92.5

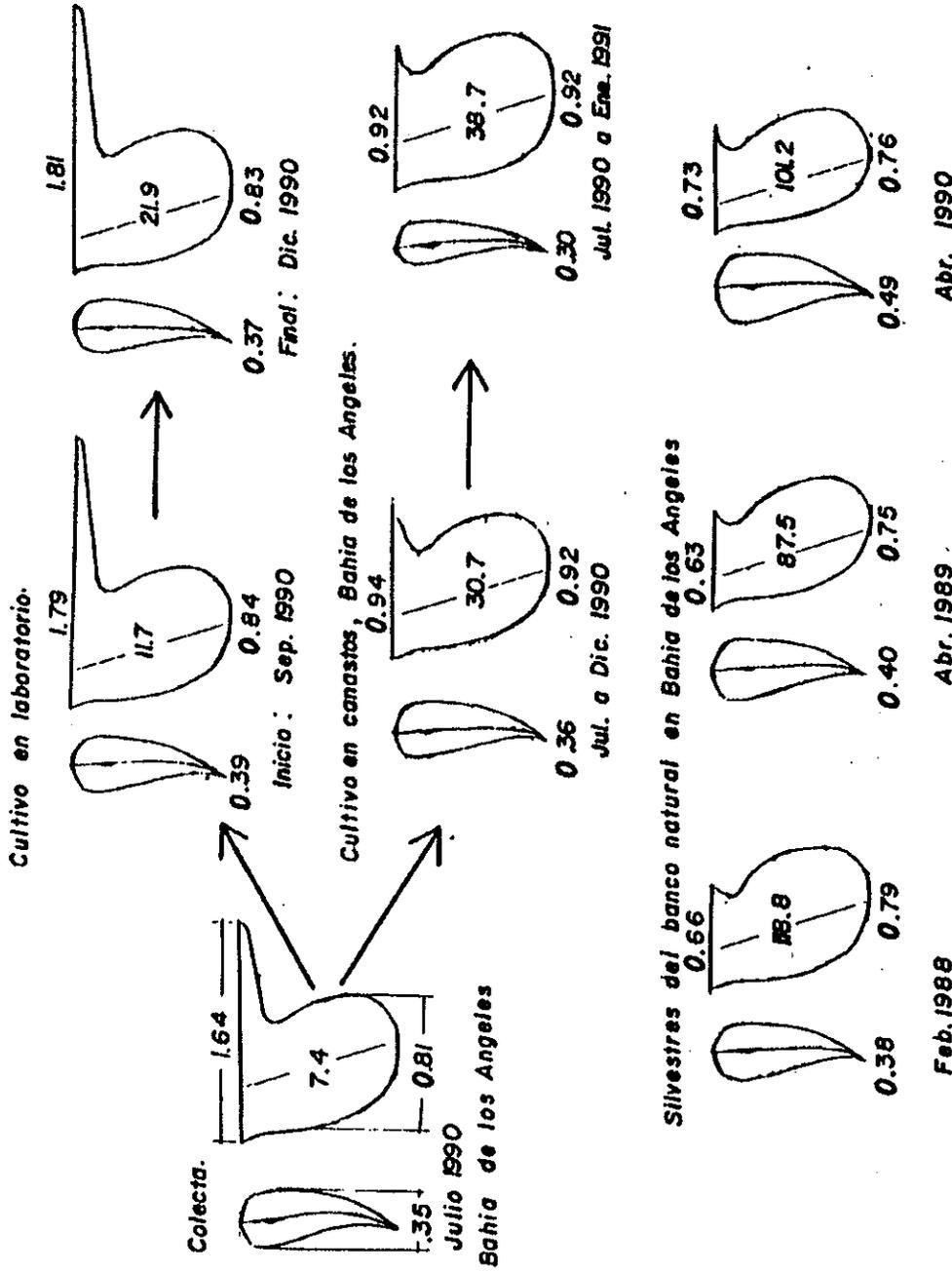


Fig. 19.

Representación esquemática de las proporciones entre el ECM, Largo, Ancho y Ala de los organismos al momento de la colecta (a), al inicio y al final del experimento en el laboratorio (b y c), a los cuatro y seis meses de cultivo en la Bahía de Los Angeles (d y e) y del banco natural en Febrero 88 (f), Abril 89 (g) y Abril 90 (h). Se muestran todos con una escala unitaria del ECM (valor real al centro) y las proporciones que guardan con respecto a éste.

VI DISCUSION.

VI.1 Colecta y mantenimiento.

Al considerar que los colectores permanecieron dos meses sumergidos y que la distribución de tallas de los organismos fue normal (Fig. 5) se puede considerar que todos pertenecieron a la misma cohorte.

La mortalidad observada durante el transporte y el mantenimiento se debió en parte al manejo de los organismos durante su traslado y a que algunas ostras murieron por deshidratación. *Pteria sterna* se mueve a través de sustratos duros mediante la extensión y contracción del músculo pedal retractor al igual que algunas especies de *Mytilus*, *Tridacna* y *Lacaea* (García-Cubas *et al.*, 1987). Este tipo de movimiento está probablemente relacionado con la búsqueda de un sustrato adecuado para la fijación.

El uso de fragmentos de conchas fue muy útil, ya que permitió tener, en la mayoría de los casos, a los organismos separados, lo que disminuyó el efecto de manipulación y el desgaste por regeneración del biso.

Si se considera que las conchas sirven como sustrato preferencial para la fijación de larvas, la pesca excesiva podría limitar el reclutamiento en el medio natural e impediría la recuperación de este recurso.

VI.2 Variables fisicoquímicas.

Las oscilaciones de temperatura fueron aproximadamente homogéneas, por lo cual se puede considerar que no causaron diferencias importantes entre los resultados obtenidos.

El rango de la salinidad en el presente estudio fue de 28 a 40 ‰ con algunas variaciones de hasta 5 ‰ en menos de 48 h, pero no se detectaron efectos negativos importantes, como mortalidad o disminución de la actividad de filtración que se pudiera relacionar directamente con estas variaciones. Se ha reportado que adultos de *Pteria sterna* sobreviven entre 29.3 y 35.2 ‰ (Araya-Núñez, 1988). Esto parecería indicar la existencia de algún mecanismo de regulación iónica en intervalos amplios de salinidad.

La saturación de oxígeno tuvo una mayor variabilidad durante las últimas semanas, posiblemente debido a que se incrementó notablemente la cantidad de alimento de los organismos para el tratamiento de 8%, a 25 y 30 °C. En varias ocasiones, principalmente antes del recambio de agua, se pudo observar cierta coloración ligeramente amarilla en el agua, probablemente debida a un aumento de los productos de degradación de pigmentos algales que podrían indicar un aumento paralelo de materia orgánica.

La disminución de oxígeno observada en el día 73 en todos los acuarios del tratamiento de 30 °C (Fig. 8), provocada por una falla en el sistema de aireación, produjo un abatimiento mayor de la concentración de oxígeno en los tratamientos de 8% que en los de 4 y 2% de concentración de alimento. Esto sugiere que existieron microorganismos que estuvieron degradando el material en suspensión causando una disminución de la concentración de oxígeno a niveles inferiores al 50 % de saturación en los tratamientos de mayor concentración de alimento.

Es conveniente evitar este tipo de situaciones en los sistemas de cultivo, ya que si bien ningún organismo fue aparentemente afectado (ningún animal falleció ni hubo anomalías en su alimentación), es muy probable que esto haya sido porque la falta de oxígeno no fue prolongada, aunque se sabe que aún en el medio marino ocurren fenómenos de hipoxia y anoxia dependiendo de la estratificación del agua, así como del enriquecimiento del medio y que los

organismos tienen formas diferentes de responder a estos estímulos. Por ejemplo se ha observado que larvas de *Mytilus edulis* expuestas a condiciones anóxicas se cierran y permanecen en el fondo (Wang y Widdows, 1991).

Las variaciones de pH en todos los tratamientos fueron similares, con excepción del día 37, cuando una fuga de CO₂ hacia el sistema de aireación afectó los acuarios a 25 °C disminuyendo notablemente su pH, ya que este gas al disolverse en agua forma ácido carbónico, el cual al disociarse es el responsable de la acidificación del agua (Boyd, 1990).

Los organismos se encontraron abiertos casi completamente, a tal grado que se podía observar su anatomía interna y no hubo respuesta (cierre de valvas) a diferentes estímulos. Después del cambio de agua y de haber corregido la fuga, se notó que los organismos se recuperaron completamente en un lapso de 30 minutos. Se podría concluir que como en el caso de los humanos, que pierden conciencia cuando la concentración de CO₂ en el aire es superior al 10 % (Windholz, 1983), los organismos estaban bajo anestesia.

Como en el caso del oxígeno, las variaciones del pH al final del experimento hacen pensar que la calidad del agua estuvo influenciada por la cantidad de microalgas proporcionadas como alimento o a un aumento de los procesos heterotróficos aerobios con el consiguiente incremento de sustancia orgánica que causa una mayor producción de CO₂ y una disminución en el pH.

VI.3 Crecimiento de *Pteria sterna*.

Las tasas de mortandad pueden ser consideradas casi nulas puesto que el promedio global fue del 2.5 % (6 individuos), más de la mitad de éste debido a la desecación de los organismos. Se puede esperar por lo tanto que la sobrevivencia de juveniles de *P. sterna*, mantenidos en las condiciones experimentales ensayadas, sea cercana al 100 %.

La temperatura no tuvo una influencia directa sobre el crecimiento de los organismos en concentraciones bajas de alimento, mientras que provocó una disminución en el índice de condición. Esto puede ser debido a un mayor requerimiento energético de los organismos a temperaturas elevadas, como sucede con *Mytilus edulis* (Widdows, 1978). Estos requerimientos han sido detectados, ya que se han encontrado variaciones en el consumo de oxígeno y en la excreción de amonio producidas por el estrés térmico y alimenticio (Bayne, 1973), aunque la tasa de filtración no tenga cambios aparentes provocados por la condición fisiológica del organismo ni por cambios en la temperatura (Widdows, 1978).

La temperatura tiene una gran influencia sobre una amplia gama de procesos biológicos (Kinne, 1970; Wilbur y Owen, 1964). Un incremento en la temperatura puede provocar un aumento del ritmo respiratorio, de la velocidad de batimiento de los cilios, así como del ritmo cardiaco. Generalmente, los moluscos bivalvos tienen una temperatura máxima entre 30 y 50°C, en el cual "la excitabilidad nerviosa desaparece y la muerte sobreviene" (García-Cubas *et al.*, 1987). En la parte de crecimiento se ha observado que la mayoría de los organismos pueden tener tolerancia a diferentes temperaturas dependiendo del estadio de vida (Kinne, *op. cit.*). En *Mytilus edulis* se han apreciado cambios en el incremento de la carne y de la concha producidas por variaciones estacionales (Hilbish, 1986). Estas variaciones consisten en un desacoplamiento entre el crecimiento del tejido y de la concha, que tiene como consecuencia un crecimiento por etapas a lo largo del año; primeramente aumenta el tejido y posteriormente la concha. En el caso de *Crassostrea virginica* se han detectado ciclos de crecimiento entre 5 y 7 semanas, sin hacer una diferenciación entre concha y tejido blando (Ukeles *et al.*, 1984). Estos son ejemplos que indican que los moluscos bivalvos no tienen necesariamente un crecimiento homogéneo. En el caso de la concha nácar no se pudieron detectar ciclos de crecimiento en el ECM, y hasta se podría pensar que el crecimiento fue homogéneo al ser casi lineal prácticamente en todos los tratamientos (Fig. 10).

Se ha observado que las tasas de crecimiento de *Tapes semidecussata*, *T. decussata* y *Mercenaria mercenaria* tienen diferencias dependiendo de la temperatura a la que crecen los organismos. Se observó que en organismos cultivados esta tasa aumenta entre 10 y 25 °C y que disminuye por arriba de estas temperaturas (Laing *et al.*, 1987). *Pteria sterna* no presentó este fenómeno, posiblemente debido a que las tres especies mencionadas viven en zonas templadas, mientras que *P. sterna* se encuentra en zonas tropicales. En la India, sin embargo, Pandya (1976) reportó que la ostra perlera *Pinctada fucata* tiene un crecimiento mayor entre 19 y 20 °C que entre 28 y 32 °C. Este fenómeno también fue observado por Chellam (1978) con organismos de tallas entre 30 y 60 mm de alto, cuyo crecimiento es de 0.77 a 0.15 mm por mes respectivamente.

La temperatura influye también en el proceso de alimentación: algunos organismos dejan de ingerir alimento cuando la temperatura baja de ciertos límites (Wilbur y Owen, 1964).

La interacción entre la concentración de alimento y la temperatura ha sido observada en el medio natural con *Placopecten magellanicus*, para la cual se notó que existe una relación entre profundidad, temperatura y cantidad de alimento (MacDonald y Thompson, 1985) y que las aguas profundas son poco favorables para su crecimiento, dadas las temperaturas bajas y la escasez de alimento.

Esto no quiere decir que al aumentar la temperatura y la cantidad de alimento siempre exista un aumento en el crecimiento, ya que las temperaturas altas pueden acelerar los requerimientos energéticos a tal punto que la cantidad de alimento disponible no es suficiente para que los organismos crezcan favorablemente (Sebens, 1982). Por otra parte, grandes cantidades de alimento pueden causar la producción de pseudoheces y por consiguiente una mayor pérdida energética.

Tabla XIX. Comparación de las tasas de crecimiento de *P. sterna* en diversos estudios. El primer estudio se realizó en la Ensenada de La Paz, los restantes en la Bahía de Los Angeles, B. C.

Periodo	Talla		Crecimiento mm mes ⁻¹	Referencia
	inicial	final		
may 80 - abr 81	17.5	71.0	4.8	Singh-Cabanillas 1990
	17.5	80.4	5.7	
may 85 - feb 86		71.4	7.5	Aguirre-Hinojosa, 1987
sep 85 - jul 86	35.1	62.7	2.8	Araya-Núñez, 1988
jun 87 - ago 88	18.0*	108.0*	6.7	Bückle-Ramírez com. pers.
jul 90 - nov 90	7.35	30.7	5.8	este estudio, campo
jul 90 - ene 91	7.35	38.7	5.2	este estudio, campo
ago 90 - dic 90	11.7	17.4	1.6	este estudio, lab. mínimo y máximo.
		29.2	5.0	

* Límite superior de la clase de talla máxima.

En este trabajo parece que, en la situación de la temperatura mayor, el metabolismo de los juveniles aumentó, disminuyendo en consecuencia la canalización del alimento para el almacenamiento de energía.

La velocidad de crecimiento observado en juveniles de *Pteria sterna* tanto en laboratorio como en el medio natural es comparable con el calculado en otros estudios (Tabla XIX). Se puede apreciar que las diferencias entre éstos se deben principalmente a la época del año en que se inició el cultivo y a la talla inicial de los organismos. Este fenómeno ha sido discutido con anterioridad por Wilbur y Owen (1964).

Tabla XX. Tasas de crecimiento de otras especies en México.

Especie	Localidad	Crecimiento mm mes ⁻¹	Referencia
<i>Crassostrea corteziensis</i>	Bahía Kino, Son.	7.6	Hoyos-Chairez y Robles Mungaray, 1990.
<i>Crassostrea gigas</i>	B. de San Quintín, B. C.	8.7 7.3	Acosta-Ruíz y Gutierrez-Wing, 1990.
	Bahía de los Angeles, B. C.	10-15	Islas-Olivares, 1982.
	Laguna Manuela, B. C.	9.2	Islas-Olivares <i>et al.</i> , 1982
<i>Crassostrea virginica</i>	Río Lagartos, Yuc.	10.7	Aldana-Aranda y Amador del Angel, 1990.
<i>Pecten vogdesi</i>	B. La Paz, B.C.S.	4.0	Ruiz-Verdugo y Cáceres-Martínez, 1990a.
		4.8	
<i>Pinctada mazatlanica</i>	B. La Paz, B.C.S.	5.0	Singh-Cabanillas, 1990.
		5.3	

Al considerar que el crecimiento está fuertemente influenciado por la concentración de alimento y por la temperatura, y al observar las épocas en los que fueron realizados los estudios, se comprende como aquellos estudios que se iniciaron en el periodo primavera-verano obtuvieron tasas de crecimiento mayores que el que inició a fines del verano.

La tasa de crecimiento de la concha nácar es ligeramente inferior al observado en especies de ostiones de interés comercial en diferentes partes de la República (Tabla XX) y es similar al de la almeja voladora y de la madre perla, *Pinctada mazatlanica*, que se encuentra en situación de sobreexplotación semejante a la concha nácar.

Las diferencias observadas entre el crecimiento de los organismos mantenidos en el laboratorio y los cultivados en la Bahía de Los Angeles, podría deberse a que en el laboratorio sólo se utilizó como dieta una especie de microalga. En la Bahía de Los Angeles se han reportado varias especies de microalgas entre ellas *Chaetoceros affine*, *C. decipiens*, *C. costatus*, *Eucampia zoodiacus* y *Planktoniella sol* entre otras, con concentraciones que fluctuaron entre 500 y 25 000 cél ml⁻¹ (Ayala-Sánchez y Michel, 1980). Los contenidos de seston total y de materia orgánica suspendida variaron, entre abril y noviembre de 1986, de 75.8 a 1.4 y 39.1 a 0.3 mg m⁻³ respectivamente para la bahía (S. Serrano, C. I. C. E. S. E., com. pers.). Estos datos quizás sean más importantes que los primeros ya que, además de las microalgas, existen partículas orgánicas en suspensión que pueden servir como fuente de alimento para las ostras, mejorando de tal forma la dieta de los organismos en condiciones naturales. Sin embargo, al comparar las tallas alcanzadas por las ostras a los cuatro meses con las de 30 °C y 8‰ en la semana 15, éstas resultaron ser similares. Aparentemente hubo un desfase entre el crecimiento en el campo y en el laboratorio producido probablemente por el tiempo de aclimatación de los organismos a las condiciones de laboratorio (8 semanas) o a que en los meses de septiembre y noviembre el contenido de material en suspensión y la temperatura bajan, limitando el crecimiento de las ostras perleras.

Por otra parte, el haber cosechado la microalga *Chaetoceros* sp., en su fase de crecimiento exponencial pudo haber influido favorablemente en el crecimiento de *P. sterna*. Estudios previos han demostrado que durante esta fase las microalgas tienen un contenido proteínico mayor (Pugh, 1975).

VI.3.1 Superficies de respuesta.

Al observar las superficies de respuesta (Figs. 12 y 14) y evaluarlas se podría esperar que en un nuevo ensayo sobre crecimiento bajo estas condiciones, se tenga un incremento del 58 al 93 % al incrementar la temperatura de 5 y 10 °C sobre 20°C respectivamente. Un incremento de cinco unidades sobre los 25°C sólo producirá un aumento del 22 %. Por otra parte, con los mismos incrementos de temperatura el índice de condición sólo aumentaría 3.02, 3.27 y 0.23% respectivamente. Esto indica que el cultivar organismos a temperaturas mayores de 20 °C dará un beneficio sustancial en el crecimiento, con proporciones de carne similares. Pero, en términos globales se tendrá una ganancia, ya que los organismos son grandes y también tendrán más carne en peso total, que organismos cultivados en temperaturas menores.

Como el crecimiento y el índice de condición del tratamiento de 2% de alimento no tuvo resultados favorables, éste quedaría descartado para su uso con fines acuiculturales.

Considerando las concentraciones de alimento restantes se puede observar que al duplicar la concentración de alimento sobre el 4%, se esperaría una respuesta favorable tanto en la velocidad de crecimiento como en el índice de condición en las tres temperaturas. Las ganancias deseadas serían del 7, 28 y 47 % en crecimiento y 40, 61 y 83 % en el índice de condición a 20, 25 y 30 °C respectivamente.

Lo anterior indica que las mejores condiciones para el crecimiento de juveniles de *Pteria sterna* se encuentra entre los 25 y 30 °C con una ración diaria del 8% del peso seco calculado. Por lo que, para el cultivo de *Pteria sterna* en el medio natural, se recomienda la ubicación de lugares en donde la productividad sea elevada y las temperaturas sean cercanas a los 25 °C o superiores. De igual manera sería conveniente producir semilla de esta especie bajo condiciones de laboratorio durante la primavera para dejarlas posteriormente en el medio natural aprovechando así las altas temperaturas del verano. Sin embargo, observaciones

realizadas en la Bahía de La Paz se ha detectado una gran mortalidad a temperaturas superiores de 28°C (M. Monteforte, C. I. B., com. pers.), este fenómeno podría estar relacionado con otros factores (concentración de oxígeno, disponibilidad de alimento, enfermedades, entre otras) que están fuera del alcance de este trabajo.

VI.4 Variaciones morfométricas.

Existen evidencias de que el tipo de ambiente en el que se desarrolla un organismo influye en su morfología (Seed, 1980), en el sentido que los cambios que presentan los organismos comparativamente a un cierto estándar son, en gran medida, respuestas morfológicas a las diferentes condiciones ambientales.

Al comparar los valores obtenidos al momento de la colecta y los de laboratorio se nota una relación estrecha, que se pudo deber a que no hubo limitaciones físicas en su crecimiento. Esto no sucedió con los organismos cultivados en canastos, en los cuales se observó que el Ala tuvo una relación isométrica al inicio del experimento y al final una alométrica negativa, como fue el caso de los organismos del banco natural, para los cuales también se observó un coeficiente de determinación muy bajo. Estos últimos tuvieron un cierto grado de agregación (S. Ramos-Rodríguez y A. D. Re-Araujo, C. I. C. E. S. E., com. pers.), lo que podría indicar un efecto similar al de los canastos. Es decir, la longitud del ala con respecto al ECM podría ser modificada en situaciones de agregación de los individuos, aunque es difícil encontrar una explicación para este cambio, debido al desconocimiento de la función del Ala.

Con excepción del muestreo de abril 90, en todos los casos se observó que el Largo tuvo un crecimiento isométrico con respecto al ECM.

Considerando el valor de A y A' al momento de la colecta inicial, se observa que estos coeficientes no tuvieron grandes diferencias en los organismos cultivados dentro del laboratorio, mientras que en el campo hubo modificaciones en A y los valores de A' fueron mayores. Los organismos del banco también presentaron un aumento, que indicaría que el Largo se mantiene en crecimiento isométrico con el ECM y que su proporción puede variar dependiendo de las condiciones de crecimiento de los organismos.

En el Ancho de la concha se observó que los organismos cultivados en la Bahía de Los Angeles durante cuatro meses mantuvieron el mismo coeficiente A con respecto al momento de la colecta, no así a los seis meses. El coeficiente A' fue diferente en todos los casos.

Bückle y col. (com. pers.) encontraron la siguiente relación entre el Ancho de la concha y el ECM (mm) en organismos cultivados en una balsa flotante:

$$\text{Ancho} = 0.385 \text{ ECM}^{1.019}$$

en donde se nota que el coeficiente A es similar a los valores observados en este trabajo.

La proporción peso de la concha por unidad de volumen aparente indica que el organismo mantendrá la misma densidad aparente, sin importar la cantidad de alimento que tenga a disposición. La densidad aparente del tejido está determinada tanto por la cantidad de alimento disponible como por la temperatura. Esto se puede explicar al considerar que a temperaturas superiores el metabolismo aumenta por lo que se requiere mayor energía para los procesos de mantenimiento del animal disminuyendo la energía disponible para el crecimiento y el almacenamiento.

Al considerar la alometría en la relación peso de la concha-longitud, el valor de b puede ser interpretado como un indicador de adaptación de los moluscos al sustrato en el que viven (Thayer, 1975). Así un valor de b menor de tres indicaría una adaptación a fondos blandos, o bien que se trata de organismos que están en crecimiento rápido, con mínimo de precipitación

de carbonatos, y un exponente mayor de tres indicará un incremento en la densidad de la concha más rápido que el crecimiento en longitud. Estos organismos estarían adaptados a sobrevivir en sustratos duros. Un ejemplo se encuentra en adultos de *Pinctada* sp. (*P. maxima*) para los cuales se calculó un valor de *b* de 3.215 (Galtsoff, 1931).

Al igual que la madre perla, la concha nácar tiene preferencia por los sustratos duros (Araya-Núñez, 1988; S. Ramos-Rodríguez y A. D. Re-Araujo, C. I. C. E. S. E., com. pers.) por lo que se esperaba observar un crecimiento alométrico positivo en la relación peso seco de la concha-ECM en los organismos colectados en el campo. Sin embargo, en todos los organismos extraídos de la Bahía de Los Angeles, la concha tuvo un crecimiento alométrico negativo, mientras que para el tejido blando se observó una alometría positiva. Esto también se detectó en los organismos que se mantuvieron en la balsa flotante, para los cuales se calculó la siguiente relación entre el peso seco de la concha (PSC) (g) y el ECM (mm) (L. F. Bückle-Ramírez, C. I. C. E. S. E., com. pers.):

$$\text{PSC} = 0.0016 \text{ ECM}^{2.18}$$

Lo anterior indicaría por lo tanto que estos organismos estaban en su fase de crecimiento. Con esto se podría señalar que las ostras perleras colectadas en el banco natural fueron organismos jóvenes que aún tenían un crecimiento preferentemente en tejido y en longitud que en incremento de la densidad de la concha. Este banco desapareció casi por completo luego de tres años de haber sido localizado (M. en C. A. D. Re-Araujo, C. I. C. E. S. E., com. pers.). Si esta situación es común en la península es comprensible la falta de recuperación de los bancos naturales de concha nácar, dado que no se permite que los organismos tengan varias épocas de reproducción, antes de ser extraídos con el fin de obtener las perlas y las conchas.

VII CONCLUSIONES.

La calidad del agua influye directamente sobre el crecimiento de cualquier organismo acuático (Boyd, 1990, Wheaton 1977). En el presente estudio, dado que no hubo problemas en el consumo del alimento, ni se notó mortalidad relacionada con los cambios en las variables fisicoquímicas (salinidad, saturación de oxígeno y pH), es posible decir que la calidad de agua fue la adecuada para la sobrevivencia de *Pteria sterna* en esta edad.

En los intervalos de temperatura y concentración de alimento utilizados en el presente estudio no se obtuvieron valores que puedan definitivamente definirse como óptimos para ningún parámetro de crecimiento obtenido (velocidad y porcentaje de crecimiento ni en el índice de condición).

La concentración de alimento y la temperatura producen un efecto sinérgico sobre el crecimiento porcentual y la velocidad de crecimiento de juveniles de la ostra perlera *Pteria sterna*. Sin embargo, el índice de condición de la concha nácar dependió en gran medida de la concentración de alimento.

Los cambios detectados en los diferentes parámetros morfológicos están mayormente influidos por el arte de cultivo utilizado, que por la concentración de alimento o la temperatura en la cual crecen estas ostras.

De manera general, el crecimiento de la concha nácar fue isométrico entre el Largo con respecto al ECM, mientras que el Ancho tuvo variaciones con una tendencia a ser isométrico y la longitud de la charnela o Ala tuvo grandes variaciones, aparentemente producidas por el espacio disponible para el crecimiento de los organismos. Esto indica que *Pteria sterna* posee dos ejes de crecimiento importantes, el ECM y el Largo, seguidas por el crecimiento en el Ancho, y que el eje de crecimiento con menor importancia es el del Ala. Dado que se desconoce la función fisiológica real de ésta última, las modificaciones observadas no pudieron ser explicadas.

LITERATURA CITADA.

- Acosta-Ruíz, M. J., M. T. Gutierrez-Wing. 1990. Evaluación de un sistema no tradicional para el cultivo del ostión. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p. 99.
- Aguirre-Hinojosa, E. 1987. Análisis de la fijación, crecimiento y sobrevivencia del mejillón *Modiolus capax*, durante el desarrollo de una comunidad sobre sustratos artificiales en la Bahía de Los Angeles B. C. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tesis de Maestría en Ciencias. Ensenada, B. C. México. 106 pp.
- Alagarswami, K. y A. Chellam. 1977. Change of form and dimensional relationship in the pearl oyster: *Pinctada fucata* from Gulf of Mannar. Indian J. Fish. 24: 1-14.
- Aldana-Aranda, D. y L. E. Amador del Angel. 1990. Crecimiento del ostión americano *Crassostrea gigas* en la ría de Río Lagartos, Yucatán. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p. 107.
- Alderdice, D. F. 1972. Factor combinations. Responses of marine poikilotherms to environmental factors acting in concert. En O. Kinne (Ed.). Marine Ecology. A comprehensive integrated treatise on life in Oceans and Coastal Waters. Vol. I. Environmental factors, part 3. Wiley-Interscience, London. p. 1659-1722.
- Anónimo. 1939. Diario Oficial de la Federación. Mayo fasc. 4 (1).
- Araya-Nuñez, O. 1988. Embryonic and larval development, larval rearing, juvenile growth, gonad maturity and induction of spawning in the west american pearl-oyster *Pteria sterna* (Gould). M. Sc. Thesis. Stockolm University. 30 pp.
- Ayala-Sánchez, N. E. y R. D. Michel. 1980. Relación entre la abundancia, distribución del plancton y el comportamiento de los parámetros hidrológicos en Bahía de Los Angeles, B. C. Memorias del 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura, México. 393-446.

- Baqueiro, E. 1987. Historia, presente y futuro del cultivo de bivalvos en México. Mem. III Reunión Nal. de Malacología y Conquiliología. Soc. Mex. de Malacología. Monterrey, Nuevo León, México. p. 469-501.
- Bayne, B. L. 1973. Physiological changes in *Mytilus edulis* L. induced by temperature and nutritive stress. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 53: 39-58.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University Alabama. 482 pp.
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. *En*. Hoar, W. S., D. J. Randall y J. R. Brett (Eds.). Fish Physiology. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press. p. 599-675
- Chellam, A. 1978. Growth of pearl oyster *Pinctada fucata* in the pearl culture farm at Veppalodai. Indian J. Fish. 25: 77-83.
- Espina, S. S. 1989. Balance energético de *Tivela stultorum* (Mollusca, Lamellibranchia). Influencia de factores intrínsecos y extrínsecos. U. N. A. M., México, Tesis de Doctorado en Ciencias. 123 pp.
- Galtsoff, P. S. 1931. The weight-length relationship of the shells of Hawaiian pearl oyster, *Pinctada* sp. Amer. Nat. 65 (700): 423-433.
- García-Cubas, A., M. Reguero, R. Gasca y E. Suárez. 1987. Modificaciones anatómicas de los moluscos bivalvos en relación con sus hábitos de vida. Mem. III Reunión Nal. de Malacología y Conquiliología. Soc. Mex. de Malacología. Monterrey, Nuevo León, México. p. 502-519.
- García-Gasca, A. y M. Monteforte. 1990. Colecta experimental de madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en isla Gaviota, B. C. S. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p 95-96.
- Gould, S. J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. Biol. Rev. 41: 587-640.
-

- Guillard, R. R. L. y J. H. Ryther. 1962. Studies on marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana*, and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Can. J. Microbiol.* 8: 229-239.
- Hilbish, T. J. 1986. Growth trajectories of shell and soft tissue in bivalves: Seasonal variation in *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 96: 103-113.
- Hoyos-Chairez, F. y M. Robles-Mungaray. 1990. Estudios sobre el cultivo piloto del ostión *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951), en un criadero comercial: II Crecimiento a talla comercial. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p. 81.
- INEGI, 1982. Baja California. Carta estatal de fenómenos climatológicos.
- Islas-Olivares, R. 1982. Análisis económico en el cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en puerto Don Juan, Bahía de Los Angeles, B. C. *Ciencias Marinas* 8 (2): 55-68
- Islas-Olivares, R., V. Guardado, A. M. Pérez. 1982. Crecimiento y sobrevivencia del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en la Laguna Manuela, B. C. México. *Ciencias Marinas* 8 (2): 47-54.
- Kabat, A. R. 1985. The allometry of brooding in *Transennella tantilla* (Gould) (Mollusca: Bivalvia). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 91: 271-279.
- Keen, A. M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America*. 2 ed. Stanford Univ. Press. p. 75-76.
- Kinne, O. 1970. Temperature. Animal invertebrates. *En*. Kinne, O. (Ed.) *Marine Ecology. A comprehensive integrated treatise on life in Oceans and Coastal Waters*. Vol. 1. Environmental factors, part 1. Wiley-Interscience. London. p. 407-514.
- Laing, I., S. D. Utting y R. W. S. Kilada. 1987. Interactive effect of diet and temperature on growth of juvenile clams. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 113: 23-38.
- Lehmann, C. H. 1969. *Geometría Analítica*. UTEHA. México. 494 pp.
-

- López-Elias, J. A. 1990. Cultivos semicontinuos de cuatro especies de microalgas con medios simplificados: evaluación de técnicas analíticas y de producción. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tesis de Maestría en Ciencias. Ensenada, B. C. México. 163 pp.
- Lucas, A. y P. G. Beninger. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*. 44: 187-200.
- MacDonald, B. A. y R. J. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 25: 279-294.
- Mann, R. 1978. A comparison of morphometric, biochemical and physiological indexes of condition in marine bivalve molluscs. *En*. J. H. Thorp y I. W. Gibbons (Eds.) *Energy and environmental stress in aquatic systems*. DOE Symp. Ser. (48): 484-497.
- Monteforte, M. y S. López. 1990. Captación masiva de semilla y preengorda de madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en la Bahía de La Paz, Sud California, México. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p 97-98.
- Moreau, J. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. *En*. R. C. Summerfelt y G. E. Hall (Eds.) *The age and growth of fish*. Iowa State Univ. Press, Ames. Iowa. p 81-113.
- Mosk, S. A. 1931. Spanish voyages and pearl fisheries in the Gulf of California. A study in economic history. Univ. Calif. Berkeley. Ph. D. Thesis. 344 pp.
- Paine, R. T. 1976. Size-limited predation: An observational and experimental approach with the *Mytilus-Pisaster* interaction. *Ecology*. 57: 858-873.
- Pandya, S. A. 1976. Influence of temperature on growth ring in the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) of the Gulf of Kutch. *Indian J. Mar. Sci.* 5: 249-251.
-

- Pugh, P. R. 1975. Variations in the biochemical composition of the diatom *Coscinodiscus eccentricus* with culture age and salinity. *Mar. Biol.* 33: 195-205.
- Ruíz-Verdugo, C. A. y C. Cáceres-Martínez. 1990a. Estudio preliminar de captación de juveniles de moluscos bivalvos en la Bahía de La Paz, B. C. S. México. *Inv. Mar. CICIMAR* 5 (num. esp. 1): 29-38.
- Ruíz-Verdugo, C. A. y C. Cáceres-Martínez, 1990b. Cultivo de almeja voladora *Pecten vogdesi* (Arnold, 1906) en la Bahía de La Paz, B. C. S. México. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p: 87.
- Schmidt-Nielsen, K. 1984. *Scaling. Why is animal size so important?* Cambridge University Press. 240 pp.
- Sebens, K. P. 1982. The limits to indeterminate growth: an optimal size model applied to passive suspension feeders. *Ecology.* 63: 209-222.
- Seed, R. 1980. Shell growth and form in the Bivalvia. *In.* Rhoads, D. C. y R. A. Lutz. (Eds.) *Skeletal growth of aquatic organisms. Biological record of environmental change.* Plenum Press. New York-London. p. 23-67.
- Sevilla, M. L. 1969. Contribución al estudio de la madreperla, *Pinctada mazatlanica* (Hanley) 1845. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* Tomo XXX p. 223-262.
- Singh-Cabanillas, J. 1990. Crecimiento y supervivencia de la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) en la Bahía de la Paz, B. C. S. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Acuicultura. AMAC '90. Hermosillo, Son. p. 82.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos.* 2ª ed. (primera en español) McGraw-Hill. 622 pp.
- Thayer, C. W. 1975. Morphologic adaptations of benthic invertebrates to soft substrata. *J. Mar. Res.* 33: 177-189.

- Ukeles, R., G. H. Wikfors y J. W. Twarog. 1984. Relative growth rate cycles in *Crassostrea virginica* (Gmelin) fed five algal diets. *J. Shellfish. Res.* 4: 155-159.
- Vermeij, G. J. 1978. Biogeography and adaptation. Patterns of Marine Life. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass. London. 332 pp.
- Voltolina-Lobina, D., L. F. Bückle-Ramírez y E. R. Morales- Guerrero. 1989. Manual de metodologías y alternativas para el cultivo de microalgas. 2a edición. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Informe especial OC-89-01. Ensenada, B. C., México, 67 pp.
- Voltolina-Lobina, D., M. de L. Trujillo-Valle y M. I. González-Leonardo. 1991. La colección de cepas de microalgas del Departamento de Acuicultura del C. I. C. E. S. E. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Comunicaciones Académicas. CTACT-9101. 49 pp.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws, II). *Human Biology.* 10: 181-213.
- Wang, W. X. y J. Widdows. 1991. Physiological responses of mussel larvae *Mytilus edulis* to environmental hypoxia and anoxia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 70: 223-236
- Wheaton, F. W. 1977. Acuicultura. Diseño y construcción de sistemas. A. G. T. Editor, S. A. 704 pp.
- Widdows, J. 1978. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 58: 109-124.
- Wilbur, K. M. y G. Owen. 1964. Growth. *En: Wilbur, K. M. y C. M. Yonge (Eds.). Physiology of Mollusca.* Vol. 1. Academic Press. New York. p. 211-242.
- Windholz, M. (Ed.) 1983. The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. Merck & Co. Inc. p 251.
- Zar, J. H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. N. J. 620 pp.
-

ANEXO.

Recomendaciones.

El crecimiento de los juveniles de *Pteria sterna* fue favorecido por las condiciones de temperatura y concentración de alimento más altas. Sin embargo esto no indica que la tasa de conversión alimenticia sea mayor en estas condiciones, por lo cual se recomienda que se realicen investigaciones sobre el balance energético de esta especie, para determinar la ración más adecuada para el cultivo de estos organismos.

Uno de los problemas más importantes en el cultivo de organismos es la eliminación de los depredadores. Para organismos marinos ésta es un poco difícil por la situación en la que se desarrollan los cultivos.

Para el caso de *Pinctada mazatlanica*, se han identificado algunos organismos como depredadores. Entre ellos se encuentran peces, estrellas de mar (Sevilla, 1969) y cangrejos del género *Pilumnus* (M. Monteforte, C. I. B., com. pers.). Dado que la ecología de la madreperla y de la concha nácar es muy similar, es probable que posean el mismo tipo de depredadores, por lo cual sería deseable protegerlos, por lo menos durante sus primeros meses de vida.

Para el cultivo de ambas, algunos organismos pueden ser excluidos mediante el uso de canastos. Sin embargo, esta protección no es efectiva en el caso de *Pilumnus townsendi*, ya que la larva de este cangrejo puede entrar por los orificios de los canastos y crecer hasta alcanzar un tamaño suficiente para poder atacar a las ostras. Un caso similar, en el que el depredador tienen un tamaño mínimo de presa se ha observado en la relación *Pisaster-Mytilus* (Paine, 1976).

Durante el proceso de crecimiento, las ostras forman una serie de prolongaciones del periostraco que forman ornamentaciones. Estas son de material frágil y se rompen con

facilidad. Por esta razón se considera que estas ornamentaciones no sirvan como un sistema antidepredador como sucede en algunos gasterópodos con ornamentaciones duras (Vermeij, 1978).

Finalmente, se recomienda hacer estudios sobre los depredadores (incluyendo al ser humano) y la forma de evadirlos.