

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

DEPARTAMENTO DE PESQUERIAS

**Crecimiento, Relaciones Alométricas y Reproducción de
las Ostras Perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*
(Bivalvia: Pteriidae) bajo condiciones de Repoblamiento
en El Merito, Bahía de La Paz, Baja California Sur,
México.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

PEDRO ENRIQUE SAUCEDO LASTRA

La Paz, B.C.S.

Febrero, 1995.

CONTENIDO:

I. AGRADECIMIENTOS	i
II. LISTA DE FIGURAS	iii
III. LISTA DE TABLAS	vi
IV. LISTA DE FOTOGRAFIAS	vi
V. GLOSARIO	vii
VI. RESUMEN	xii
VII. ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCION	1
Objetivos	5
2. ANTECEDENTES	7
2.1. Estudios sobre crecimiento, relaciones alométricas y reproducción de las ostras perleras en el mundo	7
2.2. Estudios sobre crecimiento, relaciones alométricas y reproducción de las ostras perleras en México	10
3. JUSTIFICACION	13
4. AREA DE ESTUDIO	15
4.1. Bahía de La Paz	15
4.2. El Merito	16
5. MATERIAL Y METODOLOGIA	19
5.1. Diseño experimental	19
5.2. Trabajo de campo	20
5.3. Trabajo de laboratorio	23
5.4. Tratamiento estadístico de la información	23
6. RESULTADOS	27
6.1.1. Crecimiento madreperla	27
6.1.2. Crecimiento concha nácar	32
6.2. Relaciones alométricas	37
6.2.1. Madreperla	37
6.2.1.1. Relación altura-longitud	39
6.2.1.2. Relación altura-grueso	43

6.2.1.3. Relación altura-peso	47
6.2.2. Concha Nácar	47
6.2.2.1. Relación altura-longitud	47
6.2.2.2. Relación altura-grueso	50
6.2.2.3. Relación altura-longitud del ala	51
6.2.2.4. Relación altura-peso	52
6.3. Reproducción	54
6.3.1. Madreperla	54
6.3.1.1. Ciclo reproductivo	54
6.3.1.2. Proporción sexual	55
6.3.1.3. Índice gonadosomático	61
6.3.2. Concha Nácar	63
6.3.2.1. Ciclo reproductivo	63
6.3.2.2. Proporción sexual	65
6.3.2.3. Índice gonadosomático	66
7. ANALISIS	69
7.1. Crecimiento	69
7.2. Relaciones alométricas	76
7.3. Reproducción	80
8. CONCLUSIONES	84
9. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS.	86
10. LITERATURA CITADA	88
11. APENDICE 1	98

II. LISTA DE FIGURAS:

FIGURA 1: Producción anual de perlas cultivadas, manejada en términos de exportación de los principales países en el mercado mundial (de Coeroli, 1994): PAG. 2

FIGURA 2: Localización geográfica del área de estudio (Caleta El Merito) dentro de la Bahía de La Paz: PAG. 18.

FIGURA 3: Medidas morfométricas de la madreperla *Pinctada mazatlanica*: PAG. 21.

FIGURA 4: Medidas morfométricas de la concha nácar *Pteria sterna*: PAG. 22.

FIGURA 5: Curva de crecimiento anual *in situ* para *Pinctada mazatlanica* construida con base en la altura y longitud de la concha: PAG. 29.

FIGURA 6: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha para *Pinctada mazatlanica* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*: PAG. 30.

FIGURA 7: Seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 31.

FIGURA 8: Curva de crecimiento ajustada mediante el modelo de Von Bertalanffy en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 32.

FIGURA 9: Curva de crecimiento anual *in situ* para *Pteria sterna* construida con base en la altura y longitud de la concha: PAG. 34.

FIGURA 10: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha para *Pteria sterna* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*: PAG. 35.

FIGURA 11: Seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales en *Pteria sterna*: PAG. 36.

FIGURA 12: Curva de crecimiento ajustada mediante el modelo de Von Bertalanffy en *Pteria sterna*: PAG. 38.

FIGURA 13: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para el intervalo de tallas completo: PAG. 39.

FIGURA 14: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: PAG. 41.

FIGURA 15: Proporciones de la **altura** y longitud de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: PAG. 42.

FIGURA 16: Seguimiento hipotético del crecimiento de *Pinctada mazatlanica* para mostrar el cambio en la forma de la concha con el aumento en talla (alometría negativa): PAG. 44.

FIGURA 17: Análisis de regresión lineal del grueso sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: PAG. 45.

FIGURA 18: Proporciones de la altura y grueso de la concha en *Pinctadu mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: PAG. 46.

FIGURA 19: Análisis de regresión multiplicativo del peso del animal sobre la altura de la concha en *Pinctadiz mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: PAG. 48.

FIGURA 20: Análisis de regresión multiplicativo de la longitud sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*: PAG. 49.

FIGURA 21: Proporciones de la **altura** y longitud de la concha en *Pteria sternu*: PAG. 50.

FIGURA 22: Análisis de regresión multiplicativo del grueso sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*: PAG. 51.

FIGURA 23: Proporciones de la altura y grueso de la concha en *Pteria sterna*: PAG. 52.

FIGURA 24: Análisis de regresión multiplicativo de la longitud del ala sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*: PAG. 53.

FIGURA 25: Proporciones de la altura y longitud del ala en *Pteria sternu*: PAG. 53.

FIGURA 26: Ciclo reproductivo anual de *Pinctada mazatlanica*: PAG. 58

FIGURA 27: Indicadores anuales de la actividad reproductiva (Madurez y Desove) en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 58.

FIGURA 28: Proporción sexual anual de *Pinctada mazatlanica*: PAG. 59.

FIGURA 29: Variación de la proporción sexual con relación a la **edad/talla** de los organismos en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 60.

FIGURA 30: Variación temporal (anual) de la proporción sexual en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 60.

FIGURA 31: Variación temporal (anual) del Índice Gonadosomático y su relación con la temperatura de fondo del agua en *Pinctadü mazatlanica*: PAG. 61.

FIGURA 32: Análisis exploratorio de Caja con Bitotes en *Pinctadü mazatlanica* para mostrar la homogeneidad de valores del Índice Gonadosomático y la presencia de valores extremos: PAG. 62.

FIGURA 33: Ciclo reproductivo anual de *Pteria sterna*: PAG. 64.

FIGURA 34: Indicadores anuales de la actividad reproductiva (Madurez y Desove) en *Pteria sterna*: PAG. 64.

FIGURA 35: Proporción sexual anual de *Pteria sternu*: PAG. 65.

FIGURA 36: Variación de la proporción sexual con relación a la **edad/talla** de los organismos en *Pteria sterna*: PAG. 67.

FIGURA 37: Variación temporal (anual) de la proporción sexual en *Pteria sternu*: PAG. 67.

FIGURA 38: Variación temporal (anual) del Índice Gonadosomático y su relación con la temperatura de fondo del agua en *Pteria sternu*: PAG. 68.

FIGURA 39: Análisis exploratorio de Caja con Bigotes en *Pteria sterna* para mostrar la homogeneidad de valores-del Índice Gonadosomático y la presencia de valores extremos: PAG. 68.

FIGURA 40: Diferencias morfométricas en la concha de tres organismos de *Pteria sterna* de la misma **edad/talla**: PAG. 78.

III. LISTA DE TABLAS:

TABLA A: Estadísticos básicos calculados para un ciclo anual de crecimiento *in situ* en *Pinctada mazatlanica*: PAG. 28.

TABLA B: Estadísticos básicos calculados para un ciclo anual de crecimiento *in situ* en *Pteria sterna*: PAG. 33.

IV. LISTA DE FOTOGRAFIAS:

FOTO 1: Conchero de *Pinctada mazatlanica* encontrado en la Isla Espíritu Santo en 1991, que ejemplifica la pesca clandestina que se ejerce a pequeña escala sobre los bancos naturales de ostras perleras: PAG. 4.

FOTO 2: Estadio de Indiferenciación sexual en *Pinctada mazatlanica* (40x): PAG. 56.

FOTO 3: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadio de Gametogénesis (10x): PAG. 56.

FOTO 4: Hembra de *Pinctada mazatlanica* en estadio de Gametogénesis (10x): PAG. 56.

FOTO 5: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadio de Madurez (40x): PAG. 56.

FOTO 6: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadio de Desove (40x): PAG. 56.

FOTO 7: Macho de *Pinctadu mazatíanica* en estadio de Postdesove (40x): PAG. 56.

FOTO 8: Estadio de Indiferenciación sexual en *Pteria sternu* (40x): PAG. 57.

FOTO 9: Macho de *Pteria sterna* en estadio de Gametogénesis (40x): PAG. 57.

FOTO 10: Hembra de *Pteria sterna* en estadio de Madurez (40x): PAG. 57.

FOTO 11: Macho de *Pteria sterna* en estadio de Madurez (40x): PAG. 57.

FOTO 12: Macho de *Pteria sternu* en estadio de Desove (40x): PAG. 57.

FOTO 13: Hembra de *Pteria sterna* en estadio de Postdesove (10x): PAG. 57.

V. GLOSARIO:

ALGORITMO: procedimiento matemático en el que se calcula una cantidad o valor numérico por **metodos** iterativos y mediante una relación explícita (fórmula).

ALOMETRIA: estudio de las diferentes proporciones de crecimiento de dos partes del cuerpo de un animal, o de una parte con relación al animal entero. Implica necesariamente un cambio en la forma del cuerpo original.

✧ **BANCO NATURAL:** agrupación de individuos de una misma especie en un sitio que posee características geológicas y oceanográficas propicias para favorecer la reproducción de la misma.

✧ **CELULA DE REPOBLAMIENTO:** Nombre dado a la estructura de cultivo de ostras perleras, que por sus características especiales (como dimensión, luz de malla, **sustrato** ofrecido y densidad de mantenimiento de los organismos), puede proporcionar las condiciones más similares a las que viven los organismos silvestres, protegiéndolos además, de los depredadores.

✧ **CICLO GAMETOGENICO:** eventos repetitivos dentro de las gónadas que conducen a la producción de gametos maduros. Un ciclo reproductivo normal se mide en tiempo e incluye las siguientes etapas: 1) acumulación de tejidos nutritivos para ser utilizados durante la gametogénesis; 2) proliferación y diferenciación de células sexuales; 3) maduración de gametos maduros, 4) desove y 5) un periodo de reposo y reabsorción de los gametos sobrantes.

✧ **CICLO REPRODUCTIVO:** es la periodicidad con que se manifiesta la actividad reproductiva en un organismo, desde la producción de gametos, el desove y la fertilización, hasta el desarrollo embrionario y larvario.

CULTIVO EXTENSIVO: en acuicultura, se considera extensivo al cultivo que se desarrolla en cuerpos de agua naturales o artificiales de grandes dimensiones (**lagos**, presas, etc.), en donde los organismos introducidos obtienen su alimento del medio natural; no existe control de enfermedades, competidores y depredadores; la producción de este tipo de práctica es poco controlable, ya que está sujeta a la dinámica poblacional. También se caracteriza por la baja densidad de individuos por superficie utilizada.

CULTIVO DE FONDO: variedad dentro del cultivo extensivo que se caracteriza por colocar las artes de cultivo sobre alguna estructura especial en el fondo del sistema.

CULTIVO EN SUSPENSION: tipo de cultivo extensivo en el que las artes de cultivo son colgadas, ya sea de una línea madre, o de una balsa ubicada en la superficie del mar.

ESPERMATOCITO: célula germinal masculina en vías de maduración.

ESPERMATOGONIA: Célula sexual masculina diploide que se multiplica activamente por mitosis en la zona germinativa (o periferia) de los testículos.

ESPERMATOZOIDE: gameto masculino maduro caracterizado por su movilidad.

FAGOCITO: célula ameboide perteneciente al sistema de defensa del organismo especializada en englobar y digerir cuerpos extraños no reconocidos por el mismo.

FIJACION: parte final del desarrollo **larvario** de ciertas especies marinas, en el que se deja el ambiente planctónico para asumir una vida bentónica. Durante el fenómeno la larva sufre una metamorfosis y se convierte en juvenil (semilla).

FOLICULO: Pequeña y delgada capa de tejido conjuntivo que sostiene al tejido germinal en el ovario de los animales.

GAMETO: célula sexual (reproductora) que debe fusionarse con otra del sexo contrario antes de que pueda desarrollarse.

GAMETOGENESIS: Proceso biológico que implica la formación de gametos masculinos (espermatogénesis) o femeninos (ovogénesis), a partir de las células primordiales de las gónadas.

HERMAFRODITA: Tipo de sexualidad propio de las especies cuyos componentes (individuos hermafroditas) elaboran simultáneamente gametos masculinos y femeninos.

INCLUSION (en **parafina):** proceso histológico mediante el cual un tejido es embebido en parafina, de tal suerte que ésta sustituye completamente al agua que poseía

anteriormente el tejido. El propósito principal de la inclusión es permitir el corte con el micrótopo.

INDICE GONADICO: valor numérico que expresa el peso de la gónada con relación al peso o volumen del animal. Mide la condición reproductiva de los organismos de diferentes tallas en **una** población, de tal suerte que los cambios individuales en sus gónadas a diferentes tiempos puedan ser comparados entre sí.

INDICE GONADOSOMATICO: valor numérico que expresa el peso de la gónada como un porcentaje del peso del animal.

INJERTO (en **perlicultura**): operación mediante la cual se introduce artificialmente **algún** objeto (núcleo) de cierto material y un pedazo de tejido del manto de una ostra perlera donadora, al tejido blando de **un** animal sano (receptor), con la intención de que éste secrete, por la irritación producida, nácar para recubrir al núcleo y se forme una perla.

ISOMETRIA: crecimiento proporcional entre dos partes del cuerpo de un animal, o entre una parte y el resto de éste. Este tipo de crecimiento, a diferencia del alométrico, no implica un cambio en la forma del cuerpo.

MICROTOMO: aparato que sirve para cortar tejidos en delgadas capas (del orden de los micrómetros), de tal suerte que puedan ser observados al microscopio.

MODA: en **una** colección de datos estadísticos, aquel que posee mayor frecuencia.

NACAR: sustancia iridiscente de la concha de algunos moluscos bivalvos, que consiste básicamente de una matriz orgánica de carbonato de calcio (en forma de aragonita), que se deposita en delgadas capas en la parte interna de la concha.

NACARICULTURA: cultivo de ostras perleras, sea intensiva o extensivamente.

OSTRA PERLERA: molusco bivalvo perteneciente a la Familia Pteriidae, que tiene la capacidad de formar perlas de manera natural. Por ejemplo, la madreperla y la concha nácar.

OVOCITO: célula sexual femenina en fase de crecimiento, que experimenta división por meiosis.

OVOGONIA: célula sexual femenina, diploide, que todavía no ha iniciado su crecimiento y maduración hacia óvulo.

O WLO: célula sexual femenina madura.

PERLA: concreción de carbonato de calcio o nácar producida naturalmente por algunos moluscos bivalvos, como un mecanismo de defensa a la intrusión de **algún** objeto **extraño** (arena, piedrecilla o parásito) al tejido blando del animal. La irritación producida desencadena la secreción de carbonato de calcio o nácar, mismo que recubre el cuerpo extraño.

PERLICULTURA: conjunto de técnicas por medio de las cuales se induce artificialmente la formación de perlas en algunos moluscos como las ostras perleras, el abulón, caracol, etc.

PROPORCION SEXUAL: proporción de machos y hembras en una muestra biológica.

PROTANDRIA: en los organismos hermafroditas, es la capacidad de cambiar el sexo, de machos a hembras, a una edad o talla particular.

RANGO (en estadística): En una colección de datos estadísticos, es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo observados.

REPOBLAMIENTO: procedimiento de siembra artificial de organismos de alguna especie en particular en sitios donde su abundancia es muy pobre, y que tiene como propósito fundamental incrementar el reclutamiento natural de la especie.

REVERSION SEXUAL: fenómeno mediante el cual un organismo cambia de sexo por regulación de procesos ecofisiológicos. Se denomina protandria al cambio que sufren los organismos del sexo masculino al femenino, y protoginia al cambio de hembra a macho.

SEMILLA: larva pediveliger (con concha) de los moluscos bivalvos que se ha fijado permanentemente a la superficie de algún objeto fijo u organismo vivo. Este nombre se le da también a los moluscos cuya talla **varía** entre 2 y 5 mm de altura de la concha.

SOBREEXPLOTACION: extracción deliberada de alguna especie animal o vegetal que excede el límite impuesto entre la captura y el reclutamiento, y que por consecuencia puede poner en riesgo el equilibrio natural de la especie y provocar su extinción.

SURGENCIA: fenómeno climático-oceanográfico que ocurre en los meses de primavera-verano, en donde las aguas **frias** de las capas profundas se elevan hacia la superficie, originando con ésto, un enriquecimiento de nutrientes en la zona. Este tipo de fenómenos ocurren en lugares donde los vientos soplan paralelos a la línea de costa, siendo la circulación de los mismos, ciclónica.

TEJIDO CONJUNTIVO (conectivo): Es aquel que se desarrolla a partir del mesénquima embrionario y que en estado adulto proporciona soporte y sostén al cuerpo de los organismos. Comprende un tejido conectivo general (tisular) y un tejido especializado que incluye al cartílago, hueso y sangre.

TINCION: proceso histológico que tiene como propósito el resaltar o contrastar ciertas estructuras celulares por medio de la utilización de colorantes naturales o artificiales, y que permiten una clara observación del **tejido** al **microscópio**.

TUBULO SEMINIFERO: pequeña y delgada capa de tejido conjuntivo que sostiene al tejido germinal en el testículo de los animales.

VITELO: sustancia nutritiva del embrión al inicio del desarrollo, que se encuentra acumulado en las células sexuales femeninas.

VI. RESUMEN:

Se estudió el crecimiento, relaciones alométricas y reproducción de 264 ostras perleras (*Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*) provenientes de un cultivo extensivo y que fueron mantenidas bajo condiciones de repoblamiento en El Merito, Bahía de La Paz durante un ciclo anual. Mensualmente se registró el crecimiento *in situ* de los organismos; con los datos generados se construyó la curva de crecimiento anual, se calcularon las tasas de incremento mensual y total, se siguió el desplazamiento modal con la ayuda del programa ELEFAN y se ajustaron los datos al modelo de Von Bertalanffy. Las relaciones alométricas se evaluaron a partir de una muestra de 540 conchas de ambas especies. Se analizaron las relaciones: altura-longitud, altura-grueso, altura-peso y altura-longitud del ala (en *P. sterna*). Mes con mes se extrajo también una muestra de 6 gónadas de cada especie, las cuales fueron procesadas histológicamente. Se describió el ciclo reproductivo anual de ambas especies y se analizó la variación de la proporción sexual con relación a la talla de los organismos y al tiempo. Las observaciones histológicas se comprobaron mediante la utilización de un índice gonadosomático. Se encontró un crecimiento exponencial en ambas especies para un intervalo de tallas de 36 a 72 mm de altura de la concha (de 8 a 19 meses de edad) en *P. mazatlanica* y de 43 a 63 mm (de 17 a 28 meses de edad) para *P. sterna*. Se identificaron dos componentes modales en la madreperla y uno sólo para la concha nácar. En ambos casos el ajuste al modelo de Von Bertalanffy fue altamente significativo. Se observó un crecimiento alométrico negativo en *P. mazatlanica* posterior a los 120-125 mm de altura de la concha, en donde los organismos crecieron más en altura que en longitud. Las relaciones altura-grueso y altura-peso siguieron un modelo lineal y multiplicativo respectivamente. En *P. sterna* no se encontró un patrón alométrico claro y todas las restantes relaciones se ajustaron a un modelo multiplicativo. El análisis histológico demostró que la gametogénesis fue continua a lo largo del ciclo anual en ambas especies. *P. mazatlanica* presentó un sólo desove durante el año (septiembre). Se comportó como una especie hermafrodita protándrica funcional en la que la reversión sexual se observó después de los 100 mm de altura de la concha. La proporción sexual hembra-macho fue 0.12: 1. La talla de maduración gonadal se encontró desde los 39 mm de altura. *P. sterna* presentó dos desoves en el año, uno en febrero y el otro en mayo. No se encontraron evidencias suficientes de que la especie se comportara como hermafrodita protándrica, aunque de ser así, el cambio de sexo se presentaría a partir de los 50-55 mm de altura. La proporción sexual hembra-macho fue 0.38:1. Finalmente, la maduración de la gónada se observó desde los 40 mm de altura de la concha.

Palabras clave: Ostras Perleras, cultivo extensivo, repoblamiento, crecimiento *in situ*, alometría, ciclo reproductivo, Bahía de La Paz, México.

VII. ABSTRACT:

GROWTH, ALLOMETRIC RELATIONSHIPS AND REPRODUCTION OF PEARL OYSTERS *Pinctada mazatlanica* AND *Pteria sterna* (BIVALVIA : PTERIIDAE) UNDER REPOPULATION CONDITIONS AT EL MERITO SOUTH BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

This work was a study of **an** annual cycle of *in situ* growth, allometric relationships and reproduction of **pearl** oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* generated from **an** extensive culture and kept under repopulation conditions at El Merito, Bahía de La Paz, México. A total of 264 organisms were **used** for the study. *In situ* growth data were taken monthly. These were **used** to built **an** annual growth curve, to calculate the monthly and total growth **rate**, and to follow the modal progression by **means** of the ELEFAN fishery program. The Von Bertalanffy equation was **used** to adjust the data. The allometric study was made from a sample of 540 **shells** of both **species**. The following relationships were analyzed: height-length, height-thickness, height-weight, and height-wing length (for *P. sterna*). Gonad samples were **collected** monthly to study the pattern of reproduction. For both **species**, **it is described** the annual breeding cycle and the temporal and size-related sexual proportion. **All** histological findings were further supported by the use of a gonadosomatic index. **An** exponential growth curve was found for both **species**, from a size range of 32 to 72 mm **shell** height (8 to 19 months old) for *P. mazatlanica* and 43 to 63 mm (17 to 28 months old) for *P. sterna*. It was identified, from the length frequency distribution, two modes in *P. mazatlanica* and a single one in *P. sterna*. A highly positive adjustment to the Von Bertalanffy equation was **seen in** both cases. *P. mazatlanica* showed a negative allometric pattern after 120-125 mm **shell** height, the **shell** growing faster in height than in length. The height-thickness relationship followed a linear model and the height-weight **an** exponential one. In *P. sterna* no **clear** allometric pattern was noticed. **All** relationships followed **an** exponential model. Histological findings demonstrated gametogenesis was **continuous** through the year in both **species**. *P. mazatlanica* spawned once in the year. This **species** was a **functional** protandric hermaphrodite in which **sex reversal** took place up to 100 mm **shell** height. **Female-Male sex** ratio was 0.12:1. Gonad maturity was found in specimens with 39 mm **shell** height and larger. By **contrast**, *P. sterna* showed two maximum spawning peaks along the year (february and may). There was not enough **evidence** to **conclude** the **species** to be a protandric hermaphrodite. If that were the case, **sex reversal** would occurred after 50-55 mm **shell** height. **Female-Male sex** ratio was 0.38:1. Gonad maturity was **seen** from 40 mm **shell** height.

Key words: Pearl Oysters, extensive culture, repopulation, *in situ* growth, allometry, breeding cycle, Bahía de La Paz, México.

1. INTRODUCCION:

Las ostras perleras representan un recurso importante que se aprovecha integralmente en todo el mundo. La concha, por ejemplo, se utiliza en la fabricación de botones y objetos ornamentales. El nácar se aprovecha en trabajos de fina incrustación en maderas y metales preciosos que son verdaderas obras de arte y se le emplea también en la industria de cosméticos y productos de belleza (Monteforte, 1990, 1991). En medicina tiene importancia por su principio cicatrizante y terapéutico (Sevilla, 1969). Recientemente se ha descubierto un excelente potencial regenerativo del nácar en lo relacionado al tratamiento de enfermedades y deficiencias óseas de **origen** patológico o traumático (López *et al.* 1994).

Además, el músculo aductor (callo) de estos animales es un producto de alta calidad para consumo humano y en países de oriente como Japón es considerado un verdadero manjar (Monteforte, 1990, 1991).

Sin embargo, el aprovechamiento más importante de las ostras perleras se relaciona sin duda, con su capacidad de formar perlas. Por si sola, una perla es una de las joyas más finas y exquisitas que existen en la naturaleza y es producida de manera natural por ciertos moluscos bivalvos, entre los cuales los géneros *Pinctada* y *Pteria* son los más importantes productores a nivel mundial (Alagarwami, 1970; Alagarwami y Dharmaraj, 1984; Chellam, 1987; Gervis, 1991; **Gervis** y Sims, 1992).

Históricamente, la presencia de perlas se remonta a los tiempos más antiguos de las civilizaciones de Persia, India, Egipto, Japón y China. Generalmente se le encuentra asociada a rituales y cultos de tipo religioso, aunque principalmente formando parte de los tesoros de los monarcas más ricos y famosos de la historia de la humanidad (Alagarwami y Dharmaraj, 1984; Monteforte, 1990; Fankboner, 1993).

El cultivo de perlas a nivel comercial comenzó en Japón en 1893 y fue perfeccionado en 1907 (Cahn, 1949; Alagarwami, 1970; Alagarwami y Qasim, 1973). Desde entonces, los adelantos científicos y tecnológicos desarrollados en este país en lo que respecta a la producción perlífera han contribuido para que Japón se convirtiera en la primera potencia mundial en la producción de perlas cultivadas, conservando, además, el monopolio de esta actividad hasta la fecha en lo que respecta a compra-venta (Alagarwami, 1970; Shirai, 1970; Ward, 1985; Monteforte, 1990; Coeroli, 1994).

Sin embargo, en los últimos años, el conocimiento científico de la perlicultura ha dejado de ser dominio exclusivo de los japoneses. Con el auge de esta actividad, otros países se han sumado a la lista de grandes productores de perlas a nivel mundial, gracias al desarrollo de una tecnología propia de cultivo e injerto. Tal es el caso de Australia, Polinesia Francesa e Indonesia, que actualmente sostienen una importante producción en el mercado internacional, debido a la alta calidad de sus perlas cultivadas (principalmente la perla negra de Polinesia Francesa, que es sumamente cotizada por su extraordinaria belleza) (George, 1968; Monteforte, 1990; Coeroli, 1994) (Fig. 1).

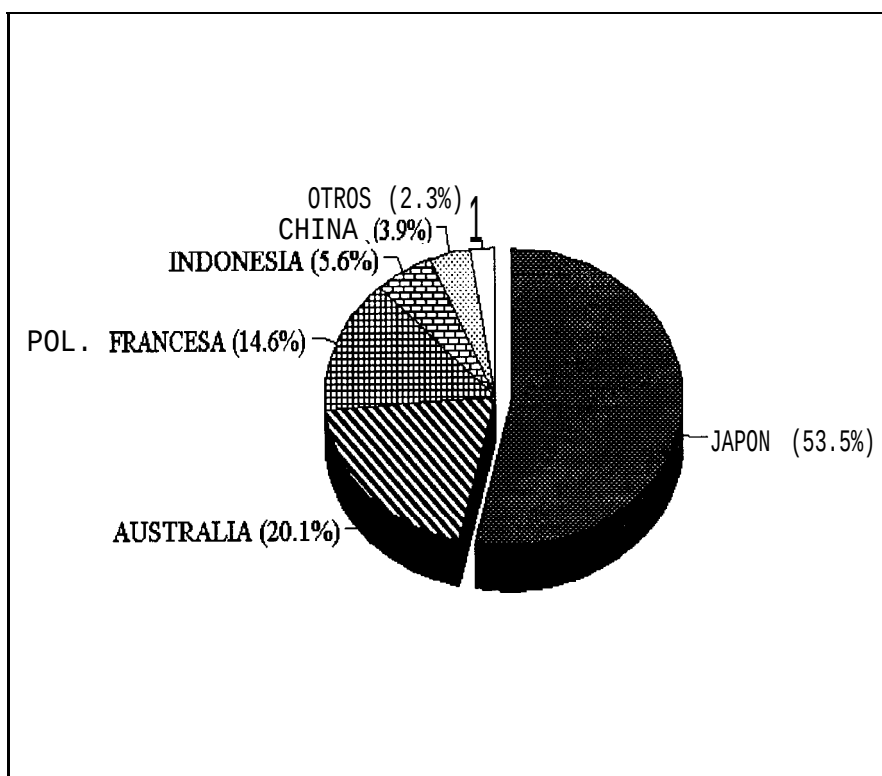


FIG. 1: Producción de perlas cultivadas, manejada en términos de exportación de los principales países en el mercado mundial (de Coeroli, 1994).

Nuevas puertas continúan abriéndose día a día en el mercado perlero mundial y otros países que recientemente han comenzado a incorporarse al sistema de producción son Filipinas, Taiwan, Kuwait, Corea e Islas Cook, entre otros (Pagcatipunan, 1971; Almatar *et al.*, 1984; Xie, 1985; Gervis y Sims, 1992; Monteforte, 1990, 1991; Sims, 1993; Coeroli, 1994).

México representa un excelente candidato para unirse a la lista de productores, por ser un país con un enorme potencial perlero debido a la presencia de dos especies productoras de perlas. Además éstas son consideradas de gran belleza y excelente calidad en todo el mundo (Vives, 1908, 1919; Mosk, 1931; Shirai y Sano, 1979; Cariño, 1987; Cariño y Cáceres, 1990; Monteforte, 1990, 1991).

Al respecto, las dos especies de ostras nativas, la madreperla *Pinctada mazatlanica* y la concha nácar *Pteria sterna* son las protagonistas de una importante historia perlera en México y simbolizan además, un mito perlero en la región sudcaliforniana. La pesquería de perlas fue una actividad que tuvo enormes implicaciones en el desarrollo económico, político, social y cultural de la región, ya que no sólo motivó y justificó la colonización de la Península de Baja California durante la época de la Colonia por parte de los españoles, sino que contribuyó también al establecimiento y desarrollo de la misma (Mosk, 1931; Cariño, 1987, 1990; Cariño y Cáceres, 1990), siendo fuente de trabajo para los lugareños y generadora de importantes divisas para la región (Anónimo, 1977; Martínez, 1983; Monteforte, 1990, 1991).

Sin embargo, como consecuencia de lo anterior, los bancos naturales de ambas especies (principalmente los de madreperla) soportaron una intensa y desmedida explotación de casi cuatro siglos, inicialmente por parte de los **españoles** y después por armadores locales y compañías extranjeras que, como la “Mangara Exploration Company Ltd.”, provocaron una drástica disminución del recurso y acabaron. prácticamente con él (Sevilla, 1969; Díaz-Garcés, 1972; Shirai y Sano, 1979; Singh, *et al.*, 1982; Martínez, 1983; Monteforte, 1990, 1991).

No fue sino hasta 1939, cuando los bancos naturales acusaban un alto grado de empobrecimiento cercano al peligro de extinción (Baquero *et al.*, 1982), que se decretó en el Diario Oficial de la Federación una veda permanente sobre el recurso, misma que continúa a la fecha. Sin embargo, ésta es poco respetada; la pesca clandestina que se ha venido ejerciendo a pequeña escala por parte de pescadores y turistas ha representado un fuerte obstáculo para la recuperación de las poblaciones naturales (Monteforte, 1990, 1991) (Foto 1).

Posterior al decreto de la veda, numerosos proyectos sobre nacaricultura y perlicultura se han iniciado. Sin embargo, muchos de ellos no han alcanzado el éxito deseado por diferentes razones. Algunos por ejemplo, han sido interrumpidos por



FOTO 1: Conchero de *Pinctada mazatlanica* encontrado en la Isla Espíritu Santo en 1991, que ejemplifica la pesca clandestina que se ejerce a pequeña escala sobre los bancos naturales.

cambios de gobierno o falta de apoyo económico. Otros han fracasado en su intento por carecer de conocimientos básicos sobre la biología y ecología de las especies, por la aplicación de técnicas erróneas de cultivo y perlicultura, o simplemente por la ausencia de un enfoque conservacionista adecuado (Monteforte, 1990, 1991; Monteforte y Cariño, 1992).

Esta historia de repetidos proyectos fallidos y una gran cantidad de dinero y esfuerzo invertidos (sin que hasta la fecha se hayan alcanzado resultados satisfactorios), ha creado un ambiente de desconfianza y escepticismo por parte de autoridades involucradas en el otorgamiento de apoyos económicos y de posibles inversionistas interesados en la creación de nuevos proyectos sobre perlas.

A pesar de ello, la investigación ha continuado en diversos centros de investigación de la región hasta la fecha. Al respecto, el presente estudio titulado: “Crecimiento, Relaciones Alométricas y Reproducción de las ostras perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sternu* (Bivalvia: Pteriidae) bajo condiciones de repoblamiento en El Merito, Bahía de La Paz, Baja California Sur, México”, forma parte de los proyectos de investigación interdisciplinarios “Evaluación de las Poblaciones Naturales y Cultivo Extensivo de Ostras Perleras en la Bahía de la Paz” (del CIBNOR), y “Biología y Dinámica de la Población de la Almeja *Catarina* y algunos Pelecípodos de Importancia Económica” (del CICIMAR).

El **OBJETIVO GENERAL** del presente trabajo consiste en estudiar el crecimiento *in situ*, las relaciones alométricas y la reproducción de la madreperla *Pinctada mazatlanica* y la concha nácar *Pteria sternu* durante un ciclo anual. Esto tomando como sujeto de estudio a organismos provenientes de un cultivo extensivo y mantenidos bajo condiciones de repoblamiento.

Los **OBJETIVOS ESPECIFICOS** del mismo son los siguientes:

1. Evaluar el crecimiento *in situ* de ambas especies, construyendo la curva de crecimiento anual y determinando la tasa de incremento mensual y total.
2. Analizar, durante dicho crecimiento *in situ*, la relación entre la altura y longitud de la concha en ambas especies.

3. Analizar las relaciones altura-longitud de la concha, altura-grosor de la misma, **altura-peso** de los animales y altura-longitud del ala (en *Pteria sterna*).
4. Describir el ciclo reproductivo anual de las dos especies.
5. Determinar la variación de la proporción sexual con respecto a la **talla/edad** de los organismos y el tiempo.
6. Determinar la **talla/edad** de maduración de la gónada.
7. Relacionar el evento reproductivo de los organismos con la temperatura del agua.

2. ANTECEDENTES:

2.1. ESTUDIOS SOBRE CRECIMIENTO, RELACIONES ALOMETRICAS Y REPRODUCCION DE OSTRAS PERLERAS EN EL MUNDO:

Este apartado incluye **una** lista de los trabajos que se han llevado a cabo sobre crecimiento, alometría y reproducción de ostras perleras en todo el mundo, desde el **siglo** pasado hasta 1991 y fueron recopiladas casi en su totalidad del manual bibliográfico de Gervis (1991). Por lo mismo, fue difícil tener acceso a la gran mayoría de los artículos para su consulta y son referidos a continuación como "citado(s) en Gervis, 1991", aunque no fueron analizados en la presente tesis. La correspondiente cita bibliográfica de dichos trabajos es remitida al Apéndice 1 en vez de la Literatura Citada, únicamente como referencia. Los trabajos marcados con un asterisco (*) representan aquellos a los que fue posible tener acceso para su consulta y son referidos a la Literatura Citada.

2.1.1. Crecimiento: Este ha sido un tema ampliamente estudiado, tanto en condiciones naturales como de laboratorio. Con *P. martensii* en Japón, los estudios del crecimiento han sido enfocados básicamente hacia el conocimiento de los siguientes aspectos: 1) la tasa de crecimiento de los organismos y su relación desde el punto de vista ecológico (Tanaka, 1938; Asano y Kobayashi, 1938; Shiraishi *et al.*, 1938; Kobayashi y Tanaka, 1939), 2) la influencia de la temperatura del agua (Wada, 1969a), 3) el efecto de la fauna asociada, epibiontismo y la densidad (Yamaguchi *et al.*, 1956; Nishii, 1961a; Kuwatani y Nishii, 1969b) y 4) influencia de los nitratos y pH (Kuwatani *et al.*, 1969; Kuwatani y Nishii, 1969, 1991). No existen antecedentes de estudios más recientes.

Con respecto a *P. fucata* de la India, las investigaciones han sido dirigidas principalmente al estudio de la edad y tasa de crecimiento de las ostras perleras bajo condiciones de cultivo en las granjas del Golfo de Mannar (Herdam, 1903b; Devanesen y Chidambram, 1956; Chellam, 1978*; Jeyabaskaran *et al.*, 1980; Nalluchinnappan *et al.*, 1982) y Golfo de Kutch (Gokhale *et al.*, 1954; Pandya, 1975, 1991).

Para el caso de *P. margaritifera*, son pocos los antecedentes con que se cuenta sobre estudios de crecimiento. Se citan al respecto los trabajos de Malpas (1925, 1933) con respecto a edad y crecimiento de la ostra perlera *Margaritifera vulgaris* durante la pesquería de 1925 en Ceilán; Nicholls (1931), que estudió el crecimiento y la

reproducción de dicha especie; Nasr (1984*), que estudió los hábitos alimenticios y el crecimiento de las ostras en la Bahía Dongonab, en el Mar Rojo, y Sims (1993*), que analizó la talla, edad y crecimiento de los individuos en las Islas Cook, en el Pacífico Central.

Con *P. maxima*, existe únicamente el antecedente del trabajo realizado por Dayton *et al.* (1989), quienes investigaron la fijación de la semilla y la sobrevivencia y crecimiento de los juveniles a lo largo de diversos arrecifes de la Gran Barrera Arrecifal, en Australia.

Finalmente, con *P. jiicata* existen tres trabajos sobre crecimiento; los dos primeros realizados en China y Korea, respectivamente, donde se investigó la influencia del sitio de cultivo sobre el crecimiento de los organismos (Xie *et al.*, 1985; Yoo *et al.*, 1985), y uno más en Kuwait (Mohammad, 1976*), donde se analizó la influencia del epibiontismo y la fauna asociada a las artes de cultivo y los organismos, sobre la tasa de crecimiento de éstos.

2.1.2. Relaciones alométricas: Son muy escasos los antecedentes con que se cuenta a nivel mundial en relación a este aspecto de la biología de las ostras perleras. Con *P. martensii*, Hasuo (1958, 1964) y Ota (1956, 1957a) analizaron la variación en la forma de la concha durante el crecimiento de los organismos en la Bahía de Omura, en Japón. A su vez, Hasuo (1961) analizó la variación en el grosor de la concha con relación al tamaño de los núcleos injertados durante la producción de perlas cultivadas.

Para el caso de *P. ficata*, Narayanan y Michael (1968) analizaron la relación existente entre la edad de los organismos, sus dimensiones lineales y la forma de la concha. Por otro lado, Alagarwami y Chellam (1977*) y Chellam (1987) estudiaron el crecimiento y las relaciones biométricas asociadas al cambio de forma de la concha de los organismos en el Golfo de Mannar.

Con respecto a *P. margaritifera*, Galtsoff (1931*) analizó la relación altura-peso de la ostra perlera *Pinctada* sp (= *P. margaritifera*) y su relación con el cambio de forma de la concha. Sesenta y dos años después, Sims (1993*) también investigó, entre otras cosas, las variaciones en la forma de la concha de la especie con base en las dimensiones de ésta.

Finalmente, con *P. maxima*, Hynd (1960) y Gao y Lin (1985b) realizaron un estudio morfológico de la concha de dicha especie para conocer las relaciones y variaciones existentes entre sus dimensiones principales.

2.1.3. Reproducción: La biología reproductiva de las diferentes especies de ostras perleras también ha sido un tema poco estudiado a nivel mundial. Para el caso de *P. martensii*, por ejemplo, Ojima y Maeki (1955b) realizaron observaciones sobre el desarrollo de la espermatogénesis y la ovogénesis durante la época reproductiva de los organismos. Así mismo, Kuwatani (1965c) analizó el cambio en la maduración de los ovocitos de gónadas obtenidas durante la época de desove. Finalmente, Lee (1972) estudió también la gametogénesis y el desarrollo de las células germinales de machos mantenidos en condiciones de laboratorio.

En *P. jiucata*, Tranter (1959b*) realizó un estudio completo del ciclo reproductivo de la especie, incluyendo una descripción micro y macroscópica de la gónada. A su vez, Narayanan (1974) efectuó observaciones preliminares sobre el ciclo reproductivo de organismos cultivados en el Golfo de Kutch, en tanto que Chellam (1987*) hizo lo mismo, aunque de manera más profunda con organismos cultivados en el Golfo de Mannar.

Con respecto a *P. margaritifera*, Anonyme (1887) y Mariot, (1874) estudiaron la reproducción de las ostras perleras de las Islas Tuamotu, en Polinesia Francesa, especialmente para conocer la época de reproducción de éstas. Nicholls (1931) y Tranter (1958d*) lo hicieron también con las ostras de los archipiélagos australianos.

Para el caso de la ostra perlera australiana *P. maxima*, Wada y Wada (1939) investigaron lo referente a la proporción de sexos de juveniles y adultos. Wada (1953*) realizó, además, un estudio preliminar del ciclo reproductivo de los individuos, en tanto que Rose *et al.* (1991*) llevaron al cabo, como parte de un programa de maricultura, un estudio detallado del ciclo reproductivo de las ostras perleras.

Finalmente, Tranter (1958a*, b*, c*) estudió el ciclo reproductivo de *P. albina* (Lamarck), abordando el desarrollo gonádico primario, gametogénesis, época de reproducción y sexualidad. Conviene aclarar que éstos son los únicos tres trabajos efectuados sobre estos aspectos en esta especie.

2.2. ESTUDIOS SOBRE CRECIMIENTO, RELACIONES ALOMETRICAS Y REPRODUCCION DE DE OSTRAS PERLERAS EN MEXICO (incluye otros trabajos sobre la biología de las especies):

Es sumamente escaso lo que sobre estos tópicos se ha investigado en México, y la lista queda reducida a solamente **unos** cuantos trabajos que, en su mayoría, se han efectuado en la ultima década. Dichos estudios abordan generalmente aspectos relacionados con el crecimiento de las especies.

Sevilla (1969) realizó, entre otras cosas, la primera descripción detallada del ciclo reproductivo de *P. mazatlanica*, incluyendo un estudio de la anatomía del animal y de su gónada (a nivel **macro** y microscópico), así como una descripción de las características más importantes de cada fase del ciclo reproductivo, su ocurrencia en el tiempo, etc.

Singh, Bojorquez y Meza (1982) efectuaron estudios de cultivo en suspensión y fondo con la madreperla y concha nácar, para conocer la tasa de crecimiento y mortalidad de ambas especies, y poder proponer con ello, un programa de cultivo económicamente rentable; éste ultimo no se logró.

Mazón-Suástegui (1987) describió las técnicas utilizadas para el acondicionamiento gonádico e inducción al desove de reproductores de *P. mazatlanica* en condiciones de laboratorio, como un mecanismo confiable para la obtención de larvas. Al mismo tiempo, evaluó la eficiencia de cinco dietas microalgales en el crecimiento de la especie, sugiriendo algunos métodos para su cultivo.

Araya-Núñez (1988) investigó algunos aspectos relacionados con la madurez gonadal y la inducción al desove de la ostra perlera mexicana *P. sterna* en condiciones de laboratorio, completando el estudio con el seguimiento del desarrollo embrionario y larval, la fijación y el crecimiento de los juveniles.

Jabbour (1988) realizó estudios sobre variabilidad genética entre *P. mazatlanica* y *P. margaritifera* a través de comparaciones con técnicas electroforéticas, con el fin de establecer la posición taxonómica de ambas especies. El concluye que la forma de la membrana anal no puede ser considerada como un criterio diagnóstico suficiente para separar taxonómicamente ambas especies; no obstante establece entre ellas **un** parentesco genético muy cercano.

Del Río-Portilla (1991) determinó el efecto de la temperatura (20, 25 y 30 °C) y la concentración de alimento con el alga *Chaetoceros* sp. en el crecimiento de la ostra perlera *P. sterna* en laboratorio, encontrando una temperatura de 30°C y una concentración del 8% de alimento como óptimos para el crecimiento de la especie.

Saucedo (1991) realizó un ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de ambas especies, probando para ello diferentes variables de siembra sobre los organismos en estudio, con la finalidad de identificar aquellas que ofrecieran la mejor respuesta en términos de menor mortalidad, mayor rapidez y fuerza de fijación y mejor crecimiento. Ello permitiría definir una tecnología de siembra que aplicada planificadamente, pudiera ser utilizada en futuros trabajos de repoblamiento masivo. Tales variables fueron: grado de protección sobre los organismos, tipo de **sustrato** ofrecido (natural y artificial), profundidad y talla de siembra de los mismos. Se sugiere que el repoblamiento de bancos naturales es posible.

Gaytán-Mondragón *et al.* (1992) cuantificaron el crecimiento de juveniles de *P. mazatlanica* y *P. sterna* sometidos a tres tratamientos de cultivo en la Bahía de La Paz: dos en suspensión (“linternas” y “sandwiches”) y uno de fondo en canastas colocadas a 10 m de profundidad. No encontraron diferencias en el crecimiento para cada estructura de cultivo, no obstante, la supervivencia fue mayor en el cultivo de fondo (99%) en comparación con el de suspensión (65%).

Buckle-Ramírez *et al.* (1992) estudiaron la fijación de la **semilla** y el crecimiento de juveniles de *P. sternu* en Bahía de Los Angeles, Baja California, encontrando una tasa de crecimiento mucho mayor en los meses de verano que en los invernales.

Monteforte y Cariño (1992) realizaron una exploración y evaluación de la abundancia de las ostras perleras *P. mazatlanica* y *P. sterna* en diferentes bancos naturales de la Bahía de La Paz. El reconocimiento incluyó, entre otras cosas, el registro del crecimiento *in situ* de los organismos. Esto con lo finalidad de identificar y seleccionar los sitios mas adecuados para desarrollar experimentos masivos sobre captación de semilla y cultivo de juveniles.

García-Gasca *et al.* (1994) llevaron a cabo un estudio anatómico y citoquímico muy detallado sobre el manto de la madreperla *P. mazatlanica*, con la finalidad de dar a conocer la parte de dicha estructura que debía utilizarse como injerto para lograr producir

perlas cultivadas de alta calidad, por la cantidad de nácar depositado. Se encontró que la parte interna del manto, específicamente las regiones paleal y central fueron las adecuadas para tal efecto.

Con respecto a alometría, no existen en la literatura antecedentes de trabajos realizados con ostras perleras.

Bervera-León (1994) evaluó la eficiencia de la captación masiva de semilla de madreperla *Pinctada mazatlanica* en colectores artificiales durante el periodo 1991-1992 en la Bahía de la Paz, probando siete diferentes tipos de colectores artificiales, diseñados con base en el volumen y posición (cilindros, linternas, sobres, cortinas, tendedores, almohadas y costales). Los mas efectivos fueron los tendedores y almohadas. Con los organismos captados en 1992, el autor estudio el crecimiento de los juveniles a diferentes densidades (25, 50, 75 y 100 **orgs/canasta**) durante la prengorda en canastas tipo nestier, siendo 50 y 75 las densidades que mejor tipo de crecimiento presentaron.

A la fecha, el cultivo integral y el estudio de la bioecología de la madreperla y concha nácar ha sido estudiado por diversas instituciones. El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, por ejemplo, ha venido abordando los aspectos referentes a la evaluación de las poblaciones naturales, el cultivo extensivo de los organismos, el repoblamiento de los bancos naturales y el injerto y producción de perlas cultivadas. Los resultados a la fecha han sido alentadores; la tecnología de la captación, prengorda y cultivo se tiene perfeccionada en un 90% aproximadamente. Los ensayos sobre repoblamiento realizados han permitido incrementar la sobrevivencia de los organismos sembrados en cerca de un 95%. Los estudios sobre injerto y producción de perlas cultivadas se encuentran en etapa experimental, no obstante se han logrado producir alrededor de 350 medias perlas y 3 perlas esféricas de buena calidad

Otras Instituciones dedicadas desde mediados de los 80's al estudio de la biología, ecología y cultivo de ostras perleras (y recientemente a la producción de perlas cultivadas), son el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Campus **Guaymas**) y el Centro Ostrícola del Estado de Sonora (COES), en Bahía Kino.

3. JUSTIFICACION:

Se ha enfatizado en capítulos anteriores sobre la importancia que las ostras perleras, como recurso integral, representan para México. La utilización de la concha, el nácar, el músculo aductor (callo) y, desde luego, la perla, las hacen un recurso sumamente valioso que debe ser aprovechado y explotado racionalmente.

Desgraciadamente ésto no ha sucedido así; factores importantes mencionados anteriormente como la explotación poco controlada y planificada que soportaron las poblaciones naturales por casi cuatro siglos, la pesca clandestina que se ejerce a pequeña escala sobre el recurso, la escasez de estudios continuos sobre la biología y ecología de las especies y la aplicación de técnicas erróneas (generalmente importadas de otros países) sobre cultivo y perlicultura, han impedido la pronta recuperación de las poblaciones naturales y han contribuído ademas, al agravamiento de la situación que hoy en día guardan éstas.

Debe recordarse que la nacaricultura y perlicultura, como alternativas de manejo, han demostrado su importancia histórica y probado su rentabilidad y factibilidad en nuestro país, no sólo por haber motivado y justificado la colonización de la agreste península de Baja California, sino por haber influido notablemente en su desarrollo socioeconómico, generado un gran numero de empleos para sus pobladores e importantes divisas para la región. La Compañía de Concha y Perla que el Sr. Vives fundó a principios de siglo, logró operar activa y productivamente por más de diez años, contando, hasta su destrucción, con cerca del 20% de la población total de la región (Vives, 1908, 1919; Cariño, 1987; Cariño y Cáceres, 1990).

Hoy en día, lo que se busca es precisamente, un alcance similar al obtenido por el Sr. Vives: la implementación de una industria perlera en La Paz como alternativa de desarrollo socioeconómico regional (que sea tan importante como el turismo y las industrias maquiladoras). Conviene señalar que la actual situación de la economía mexicana y su política de apertura para inversiones nacionales e internacionales, a través del Tratado de Libre Comercio, lo hace factible; claro está, paulatina y controladamente.

Es importante mencionar que el propósito fundamental de la realización de estudios sobre la **bioecología** de las ostras perleras, descansa en el hecho de que los conocimientos generados sean aplicados bajo un esquema cuidadosamente planificado a las operaciones

de cultivo extensivo y perlicultura, de manera que se incrementen las posibilidades de éxito de las mismas.

Conviene señalar al respecto, que esta tesis representa el segundo trabajo que aborda la biología reproductiva de *P. mazatlanica* y el primero con *P. sterna*. También es el primer trabajo que estudia las relaciones alométricas de estas especies; de ahí su importancia.

4. AREA DE ESTUDIO:

4.1. BAHIA DE LA PAZ:

El presente trabajo se desarrolló en la caleta de El **Merito**, dentro de la **Bahía** de La Paz. Geográficamente, la **bahía** se localiza en la costa sur-occidental de la Península de Baja California, entre los paralelos 24 46' y 24 07' de latitud Norte y los meridianos 110 18' y 110 38' de longitud Oeste.

La Bahía de la Paz es el cuerpo de agua mas grande de la costa Este de la Península de Baja California, siendo su extensión aproximada de 1972 **km²**. Está limitada al Oeste por la Sierra La Giganta, al Sur por la Ensenada de La Paz, al Sureste por la Sierra de La Victoria y al Norte por las Islas Espíritu Santo y La Partida. Se comunica con el Golfo de California por una amplia boca ubicada entre Punta Cabeza de **Mechudo** e Isla La Partida (al Noreste) y el Canal de San Lorenzo (al Sureste) (Murillo, 1987).

Geológicamente, la costa occidental de la **Bahía** de La Paz se clasifica como “Costa de Arrastre de Neo-eje”, que determina la presencia de una plataforma continental angosta o prácticamente inexistente en su mayoría y presentando una línea costera irregular, donde predominan acantilados y playas formadas por sedimentos gruesos (Murillo, 1987).

Las aguas de la bahía son someras, generalmente con profundidades menores de 50 m; sin embargo, éstas tienden a incrementarse hacia el centro de la boca principal, donde pueden alcanzar los 200 m (Murillo, 1987).

El régimen climático de la región es subtropical y debido a que la **Bahía** de La Paz se localiza entre dos zonas áridas, adquiere un carácter más continental que oceánico. Por lo mismo, el clima es seco y **semiárido** del tipo BW según la clasificación de Köeppen. La temporada de lluvias es muy corta y comprende los meses de julio a octubre aproximadamente y se asocia con los vientos provenientes del Sureste. La precipitación media anual es pobre, del orden de los 180 mm en promedio. Contrariamente, la evaporación es mayor y alcanza los 215 mm anuales en promedio (Obeso-Nieblas, 1986). La temporada de ciclones abarca los meses de julio-agosto a octubre aproximadamente.

La radiación **máxima** se da a finales del verano y la mínima al inicio del invierno. La temperatura del aire varía de **8-10 °C** en invierno a 35-40 °C en verano (Monteforte y Cariño, 1992). La humedad relativa anual es de **62-70%** (Pico, 1975; Obeso-Nieblas, 1986).

El régimen de mareas es mixto semidiurno (Obeso-Nieblas, 1986). Murillo (1987) identifica tres cuerpos de agua y una zona de surgencias dentro de la Bahía de La Paz, cada uno caracterizado por condiciones oceanológicas diferentes y presentado además, valores de temperatura, salinidad y **concentración** de oxígeno disuelto diferentes. La caleta de El **Merito** pertenece a la zona de surgencias, lo que origina un enriquecimiento de nutrientes en la superficie del agua y favorece, a su vez, el desarrollo de diversas especies bentónicas típicas de la región, como es el caso de la madreperla.

4.2. CALETA EL MERITO:

Se seleccionó El **Merito** como área de estudio, además de lo mencionado anteriormente, por dos razones importantes: En primer lugar por su cercanía y accesibilidad por lancha a la Ciudad de La Paz, y en segundo término por ser un sitio poco transitado por turistas y pescadores en general, lo que proporcionaba seguridad y protección para el desarrollo del experimento.

La estación El **Merito** es una caleta de 800 m de costa aproximadamente, ubicada al Sureste de la Bahía de La Paz y limitada al Norte por Punta Diablo (cerca de Puerto Balandra) y al Sur por Punta Base (cerca de la Isla Gaviota). **Geográficamente** se localiza entre los paralelos 24 14' y 24 19' de latitud Norte y los meridianos 110 19' y 110 20' de longitud Oeste (Fig. 2).

Su playa es rocosa por completo y está formada por material de origen volcánico, como basaltos y conglomerados (Chávez-López, com. pers.). El **sustrato** es irregular, predominando entre los 0 y 10 m de profundidad, grandes afloramientos de roca basáltica que delimitan amplias áreas del lugar. También pueden encontrarse algunas zonas de arena y sedimentos gruesos y parches colonizados por el coral *Pocillopora damicornis* (Reyes-Bonilla, 1991). La pendiente del **sustrato** es pronunciada (40° aproximadamente), pero decrece bruscamente y llega a desaparecer casi por completo a una profundidad de 10 m, donde el **sustrato** se torna plano y arenoso por completo.

Con base en la terminología geomorfológica descrita por Clausade et *al.* (1971) y Battistini et *al.* (1975), y aplicada por Monteforte y Cariño (1992), en la Bahía de la Paz se reconocen cinco tipos de biotopos costeros; el área de El **Merito** corresponde a una de Tipo II, caracterizada por la presencia de una pendiente relativamente pronunciada (45 aproximadamente) y un **sustrato** formado por grandes bloques de roca y **pedruzcos** sueltos. Estas costas se observan generalmente en áreas protegidas o moderadamente expuestas como bahías y caletas, donde existe un complejo bien definido de cuevas, huecos y grietas que permiten la colonización y desarrollo de una gran variedad de especies bentónicas.

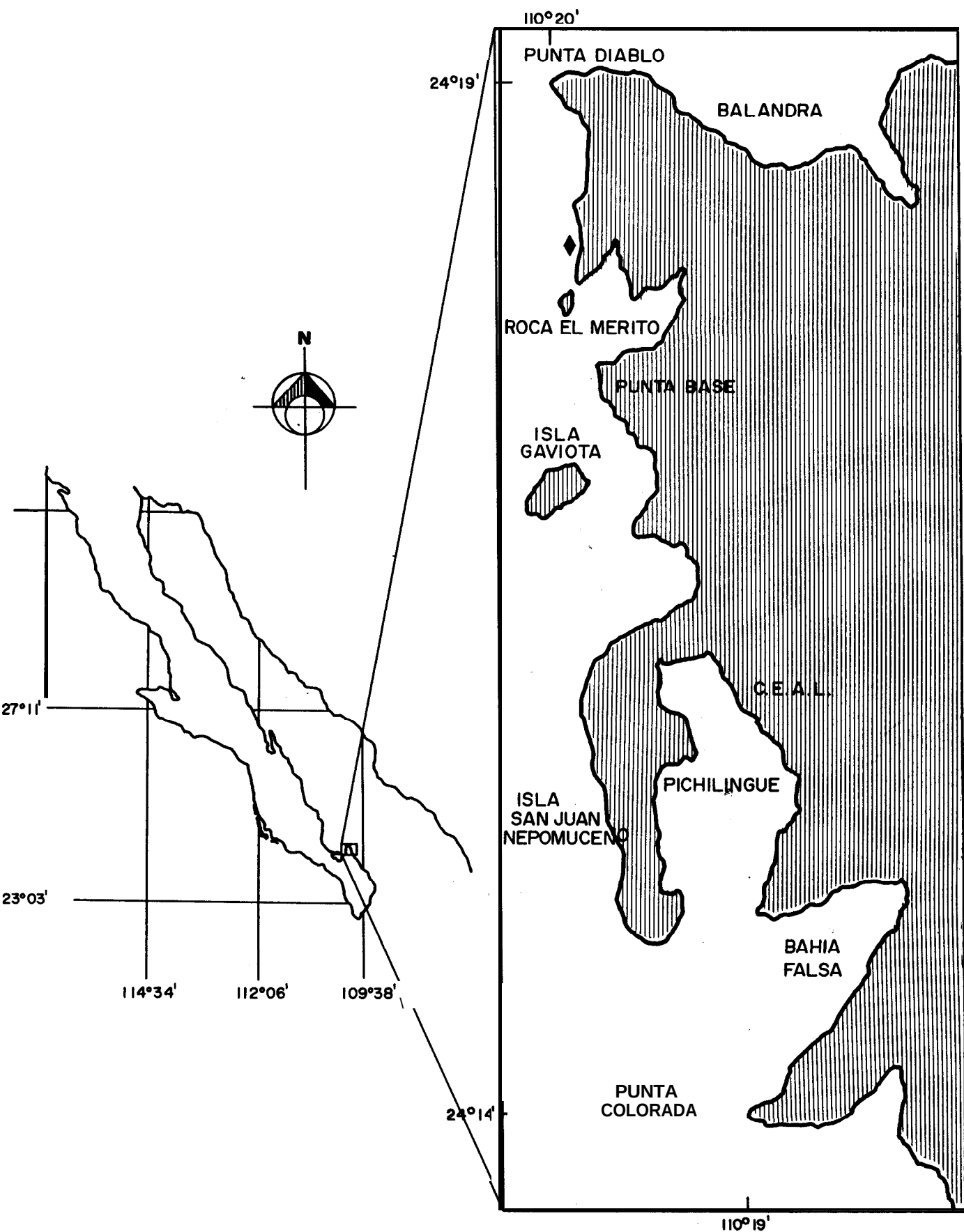


Fig. 2 **Localización** geográfica del drea de estudio, representada con un ◆.

5. MATERIAL Y METODOLOGIA:

5.1. DISEÑO EXPERIMENTAL:

Se utilizaron en el presente trabajo organismos provenientes de cultivo extensivo que fueron colectados desde semilla como parte de las actividades de investigación del proyecto de Cultivo Extensivo de Ostras Perleras del CIBNOR, entre agosto y octubre de 1991 (para el caso de la madreperla) y entre noviembre de 1990 y febrero de 1991 (para el caso de la concha nácar). Por tal razón se conocía con bastante precisión la edad de los mismos.

En abril de 1992, un total de 264 de estos organismos (132 de madreperla y 132 de concha nácar) fueron transferidos al fondo del área de estudio y mantenidos bajo condiciones de "**repoblamiento**", es decir, utilizando cajas especiales denominadas "células de repoblamiento" (Saucedo, 1991), fabricadas de malla de piso avícola, con luz de malla de 1.5 cm, y 70 x 40 x 20 cm de largo, ancho y alto respectivamente. Dichas estructuras se rellenaron de una roca similar en forma a los cantos rodados, llamada rajuela, que proporcionó un **sustrato** lo mas parecido al natural y mantuvo ancladas a las células a una profundidad permanente de 8 m.

La repartición de los organismos en las células de repoblamiento se efectuó de la siguiente manera: 120 organismos (60 de madreperla y 60 de concha nácar) se destinaron para estudios de **Crecimiento**. Para ello se utilizaron tres células por especie (un lote y dos repeticiones), sembrándose 20 individuos por célula. La **talla/edad** promedio de siembra fue de 36.4 mm de altura de la concha y 8 meses de edad (para el caso de la madreperla) y de 42.9 mm y **17** meses de edad (para la concha nácar).

Los restantes 144 organismos (72 de madreperla y 72 de concha nácar) fueron utilizados para estudios de **Reproducción**, sembrándose 24 individuos de cada especie por célula y contándose también con tres de éstas. A diferencia de las células de crecimiento, en las que se manejó una talla homogénea de siembra para todo el experimento, para esta parte se utilizaron tallas heterogéneas de siembra, tratando de agrupar a los organismos en tres grupos de talla:

1) organismos chicos: entre 30 y 60 mm de altura de la concha (para el caso de la madreperla) y 40-50 mm (para la concha nácar).

2) organismos medianos: entre 60 y 80 mm (para la madreperla) y 50-60 mm (en la concha nácar).

3) organismos grandes: mayores de 80 y 60 mm (para la madreperla y concha nácar, respectivamente).

Este manejo se hizo con la finalidad de conocer dos aspectos importantes de la biología reproductiva de las especies: la **talla/edad** de maduración de la gónada y la **talla/edad** de cambio de sexo. Esto porque se sabe, al menos para el caso de las especies del género *Pinctada*, que son hermafroditas protándricas (Tranter, 1958a; Sevilla, 1969; Rose *et al.*, 1991; Gervis y Sims, 1992).

5.2. TRABAJO DE CAMPO:

Mensualmente y durante un ciclo anual, el trabajo de campo consistió de cuatro etapas fundamentales. En primer lugar se evaluó la mortalidad de los organismos en cada una de las células de repoblamiento, tratando de identificar, siempre que fue posible, la causa que la originaba.

En segundo término se registró, con la ayuda de un vernier de plástico (± 0.1 mm), el crecimiento *in situ* de los organismos, con base en la altura y longitud de la concha. Al respecto, se adoptaron las expresiones propuestas por Hynd (1955, citado en Alagarwami y Chellam, 1977), que considera: 1) **Altura ó medida dorsoventral** como la máxima dimensión de la ostra, medida en ángulo **récto** con respecto a la línea de la charnela, y 2) **Longitud ó medida anteroposterior** como la máxima distancia horizontal medida entre los márgenes anterior y posterior de la concha, paralela a la línea de la charnela. Para el caso de la concha nácar el plano de medición manejado fue el mismo, pero considerando como inicio de la medición el margen opuesto **al** ala (Figs. 3 y 4).

Posterior a la toma de datos, el tercer paso consistió en extraer 6 madreperlas y 6 concha nácar (2 chicas, 2 medianas y 2 grandes de cada especie respectivamente) de las células destinadas a estudios de reproducción. Los organismos fueron fijados en formol al 10% y llevados al laboratorio para su posterior procesamiento histológico.

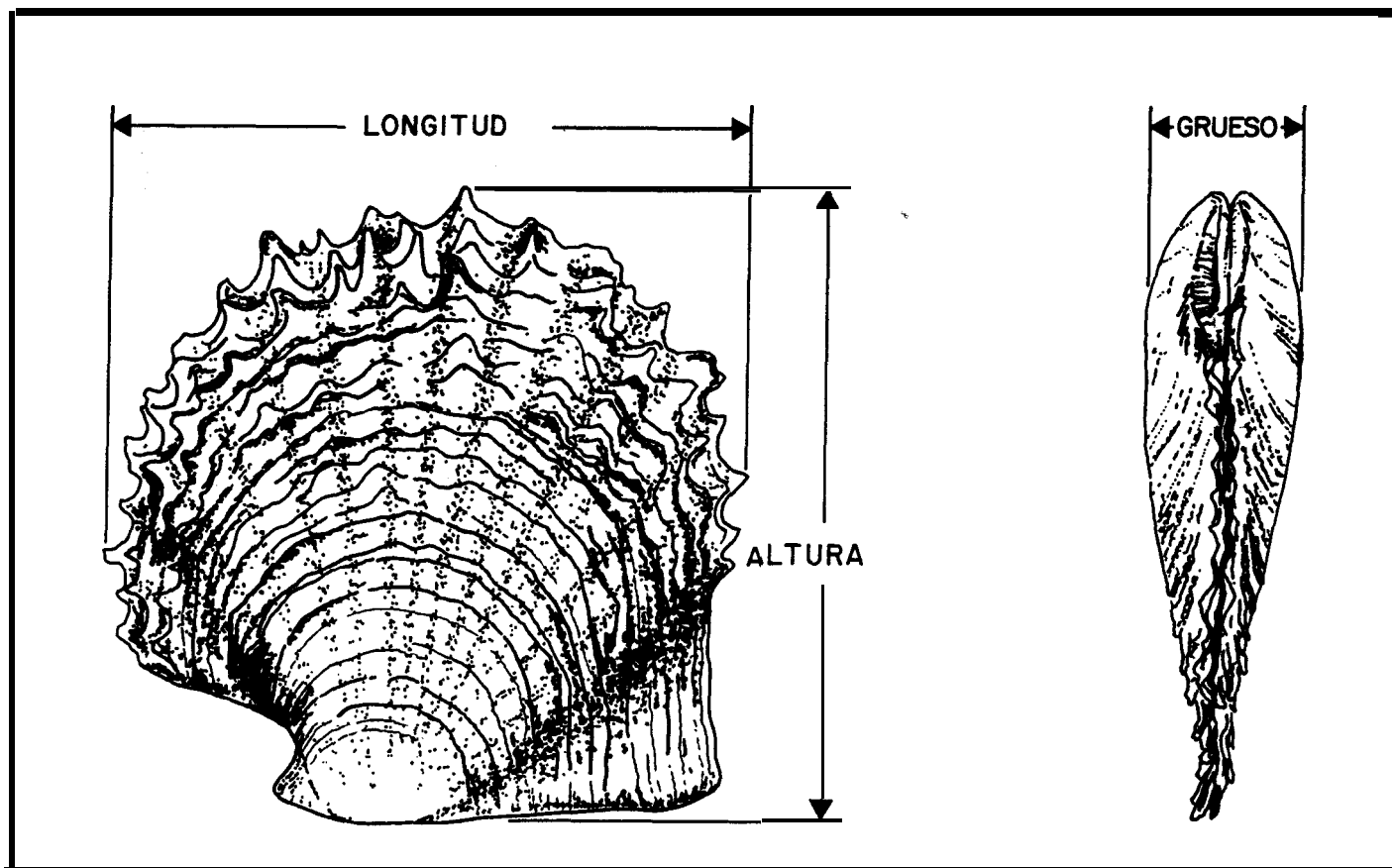


Fig. 3 Medidas morfométricas de la madreperla *Pinctada mazatlanica*.

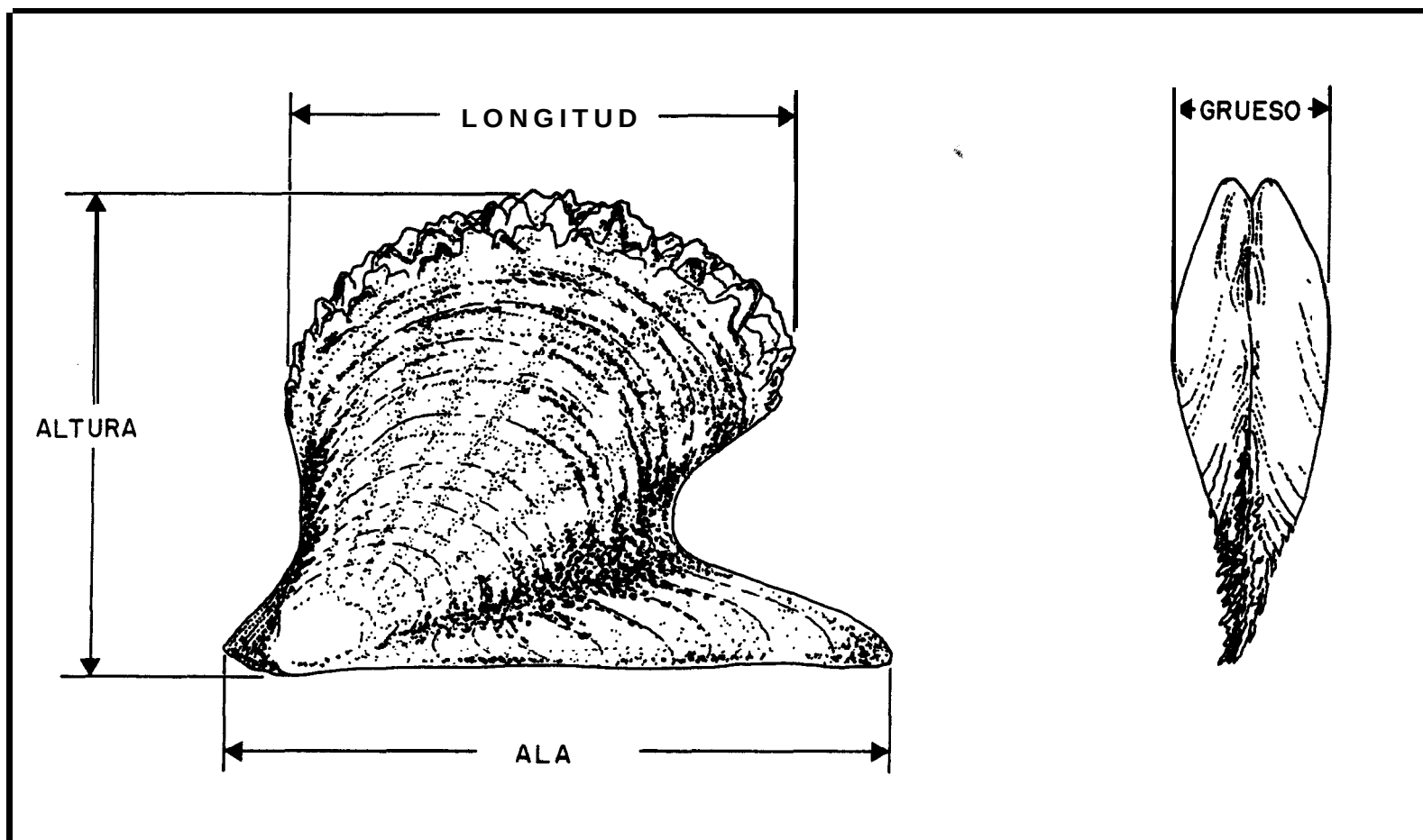


Fig.4 Medidas morfométricas de la concha nácar *Pteria sterna*.

Finalmente, se tomaron los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua, tanto de superficie como de fondo (8 m): 1) temperatura, medida con un termómetro análogo ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$); 2) salinidad con un refractómetro ocular Aquafauna ($\pm 0.1\%$), y 3) concentración de oxígeno disuelto en el agua, utilizando un oxímetro YSI modelo 57 ($\pm 0.1\text{ mg/l}$), equipado con agitador.

5.3. TRABAJO DE LABORATORIO:

Una vez en el laboratorio, los organismos previamente fijados fueron lavados y **disectados** para extraer la gónada. Antes de la disección, se registró para todos los organismos la altura, longitud y grueso de la concha, así como el peso húmedo total, peso húmedo sin concha y peso de la gónada.

Con respecto a la extracción de la gónada, cabe aclarar que en la mayoría de los moluscos bivalvos no existe una gónada como órgano bien definido, sino que ésta se desarrolla como parte de la masa visceral a medida que el animal va madurando, y llega a abarcar una buena parte de ésta cuando se alcanza la madurez total. Por lo mismo, durante la disección se buscó extraer siempre la parte de la masa visceral donde pudiera haber gónada, desde la base del pie (a la altura de los palpos labiales) hasta la porción media del tubo digestivo (donde éste se une con el músculo aductor).

Ya extraída la porción de la gónada, ésta se procesó mediante la técnica histológica convencional, consistente de los siguientes pasos: 1) inclusión en parafina, 2) corte con micrótomos de rotación a un espesor de $7\mu\text{m}$ en un plano anteroposterior, 3) **tinción** mediante la técnica hematoxilina-eosina y 4) **interpretación** de las laminillas con la ayuda de un microscopio compuesto, en aumentos de 10x y 40x.

5.4. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACION:

5.4.1. Crecimiento: Con los datos de altura y longitud de la concha registrados *in situ*, se construyó la curva de crecimiento anual de ambas especies y se calcularon las tasas promedio de incremento mensual y total. Además se comparó, mediante análisis de regresión simple, la relación y las variaciones temporales entre la altura y longitud de la concha.

Con los datos de frecuencia de tallas se realizó un seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales, las cuales se calcularon con la ayuda del programa pesquero ELEFAN (Gayanilo *et al.*, 1989). Este permite obtener estimaciones de algunos parámetros importantes como la L_{∞} y la K calculados a partir del modelo de Von Bertalanffy, una C (ó amplitud del incremento) y una WP (ó punto de invierno), que permiten identificar la existencia de crecimiento estacional. El programa construye también una curva de crecimiento superimpuesta a los datos de frecuencias, con la que se puede conocer la progresión modal.

Finalmente, sobre la curva de crecimiento se ajustó el modelo de Von Bertalanffy, utilizando para ello, la fórmula general aplicada para el estudio de poblaciones de peces, y que ha probado ser útil también con algunas poblaciones de moluscos bivalvos y en estudios **acuaculturales** (Seed, 1980; Bachelet, 1981).

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t - t_0)}]$$

Los parámetros de la ecuación fueron calculados mediante regresiones lineales y recalculados iterativamente con base en el algoritmo de Marquardt (1963).

En la fórmula general, L_{∞} representa la longitud máxima teórica que alcanzaría un organismo si creciera indefinidamente; K es una constante de crecimiento inherente al organismo y t_0 es el tiempo al cual la longitud del animal sería **cero** (si el modelo fuera válido para tallas tan pequeñas).

5.4.2. Relaciones alométricas: Con los datos **morfométricos** tomados en el laboratorio para la parte de reproducción, se estudiaron mediante un análisis de regresión, las siguientes relaciones: altura-longitud de la concha, altura-grueso de la misma, y altura-peso del animal. Para el caso de la concha nácar, se analizó también, una cuarta relación: **altura-longitud** del ala. Posteriormente, se seleccionó la altura de la concha como medida de crecimiento principal de los organismos y se calcularon las proporciones de las restantes dimensiones con respecto a ésta.

En todas las relaciones (salvo altura-peso) se ajustó generalmente el modelo lineal:

$$Y = a + bX.$$

En la relación altura-peso, el modelo manejado fue el multiplicativo:

$$W = aA^b$$

donde **W** es el peso del animal, **A** la altura de la concha, y **a** y **b** son parámetros de la ecuación (b = 3 suponiendo un crecimiento isométrico y diferente de 3 suponiendo uno alométrico).

Conviene aclarar que debido al tamaño de muestra tan pequeño que se manejó en el presente estudio: los resultados obtenidos para esta parte del análisis alométrico no podían ser considerados concluyentes. Por ello, y para dar mayor validez a éste, fueron incluidas las medidas morfométricas de un total aproximado de 543 conchas de ostras perleras (343 de *P. mazatlanica* y 200 de *P. sterna*) provenientes de las bases de datos de los proyectos “Cultivo Extensivo de ostras perleras” del CIBNOR y “Biología y dinámica de la población de la almeja **catarina** y algunos pelecípodos de importancia económica” del CICIMAR.

5.4.3. Reproducción: El ciclo reproductivo de ambas especies fue evaluado tomando como base los trabajos efectuados por Tranter (1958a, b, c, d) con la ostra perlera *P. albina*, Sevilla (1969) con *P. mazatlanica* y Rose et al. (1990) con *P. maxima*, adoptándose la clasificación propuesta por ellos, en la que se divide al ciclo reproductivo, en cinco etapas principales:

- 1) Indiferenciación sexual 0 reposo
- 2) Gametogénesis (incipiente o avanzada)
- 3) Madurez
- 4) Desove
- 5) Postdesove o postreproductiva

Posterior al análisis histológico, se calculó la proporción sexual para todo el experimento, así como la proporción sexual con respecto a la **talla/edad** de los organismos y al tiempo.

Finalmente, se manejó el **índice** gonadosomático propuesto por Sastry (1970) como un indicador de la actividad reproductiva de los organismos.

$$\text{I.G.S.} = \text{PG/PSC} \times 100$$

Este se obtiene dividiendo el peso de la gónada en gramos (PG) entre el peso húmedo del animal sin concha (PSC), por 100. Conviene aclarar que debido a lo mencionado anteriormente en el inciso 5.3, el peso de la gónada se manejó como el peso de la masa visceral donde se encontró gónada.

6. RESULTADOS:

6.1. CRECIMIENTO:

6.1.1. MADREPERLA: Se presenta en la Tabla A, un resumen de los estadísticos básicos calculados a lo largo de un ciclo anual de crecimiento *in situ* de la madreperla *Pinctada mazatlanica*.

Una primera aproximación a la tabla revela la existencia de una mortalidad relativamente alta durante el transcurso de los meses de julio y agosto, en donde ésta alcanzó el 26.7 y 13.3% respectivamente. En contraste, en los restantes meses la mortalidad fue bastante baja (5% en octubre y 1.7% de noviembre de 1992 a abril de 1993).

Los datos también revelan, de forma cuantitativa, que el crecimiento es rápido y sostenido tanto en altura como en la longitud de la concha. Al respecto, en la Figura 5 se presenta la curva de crecimiento anual de la madreperla. En ella se ve que efectivamente, el crecimiento es acelerado, aunque mayor en longitud que en altura. Sin embargo, en la curva no se logra apreciar aun la asíntota, lo que sugiere la idea de que los organismos se encontraban en una fase de crecimiento todavía exponencial.

A partir de una talla inicial de siembra de 36.41 mm de altura de la concha y 37.41 mm de longitud de la misma, se obtuvo al final del estudio, una talla de 77.6 mm de altura y 71.5 mm de longitud. De lo anterior se deduce que, al menos para un intervalo de tallas comprendido entre los 30 y 80 mm de altura (de 8 a 19 meses de edad), los organismos presentan un crecimiento más acelerado en longitud que en **altura**. Esta tendencia sugiere la idea de un crecimiento de tipo alométrico y por tanto, de un cambio en la forma de la concha de los animales. Esto se analizará más a fondo en la parte de relaciones alométricas (inciso 6.2).

A partir de la misma talla inicial de siembra, se obtuvo al final de un ciclo anual de crecimiento *in situ*, un incremento total de 35.09 mm en la altura de la concha. La tasa promedio de crecimiento mensual se resume en la Tabla A.

Partiendo de la suposición de **alometría**, se buscó establecer la relación y variaciones temporales entre la altura y la longitud de la concha. Para ello, un análisis

TABLA A: Estadísticos básicos calculados para la madreperla *Pinctada mazatlanica* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*. N = tamaño de muestra; **MIN** = valor mínimo; **MAX** = valor máximo; **P** = promedio; **I** = incremento mensual promedio (mm); **STD** = desviación estandar.

ALTURA DE LA CONCHA							LONGITUD DE LA CONCHA				
MES	N	MIN	MAX	P	I	STD	MIN	MAX	P	I	STD
MAY	60	23.7	51.7	36.4	-	5.8	24.6	53.1	37.4		6.1
JUN	60	32.0	59.0	43.7	7.3	5.3	34.0	62.0	44.7	7.3	6.4
JUL	44	35.5	59.0	46.9	3.1	5.1	37.6	58.1	49.4	4.6	6.1
AGO	36	39.0	62.0	51.7	4.8	5.6	39.0	64.7	54.5	5.2	6.6
SEP	35	40.0	64.5	55.2	3.5	6.1	40.0	70.6	59.0	4.5	6.9
OCT	32	44.7	70.0	58.8	3.6	6.1	48.0	75.0	62.8	3.8	7.2
NOV	32	46.7	75.0	61.7	3.0	6.9	49.5	48.4	66.1	3.3	8.2
DIC	32	48.0	79.0	64.0	2.3	7.3	51.6	82.6	69.3	3.1	9.1
ENE	32	51.0	77.2	66.1	2.1	7.3	51.6	88.5	72.1	2.9	9.3
FEB	32	52.0	82.5	68.0	1.9	7.4	54.0	89.2	74.2	2.1	9.5
MAR	32	53.0	84.0	69.2	1.2	7.3	54.2	89.9	75.3	1.0	9.5
ABR	32	55.2	87.5	71.5	1.3	7.5	57.0	94.0	77.6	1.4	9.8

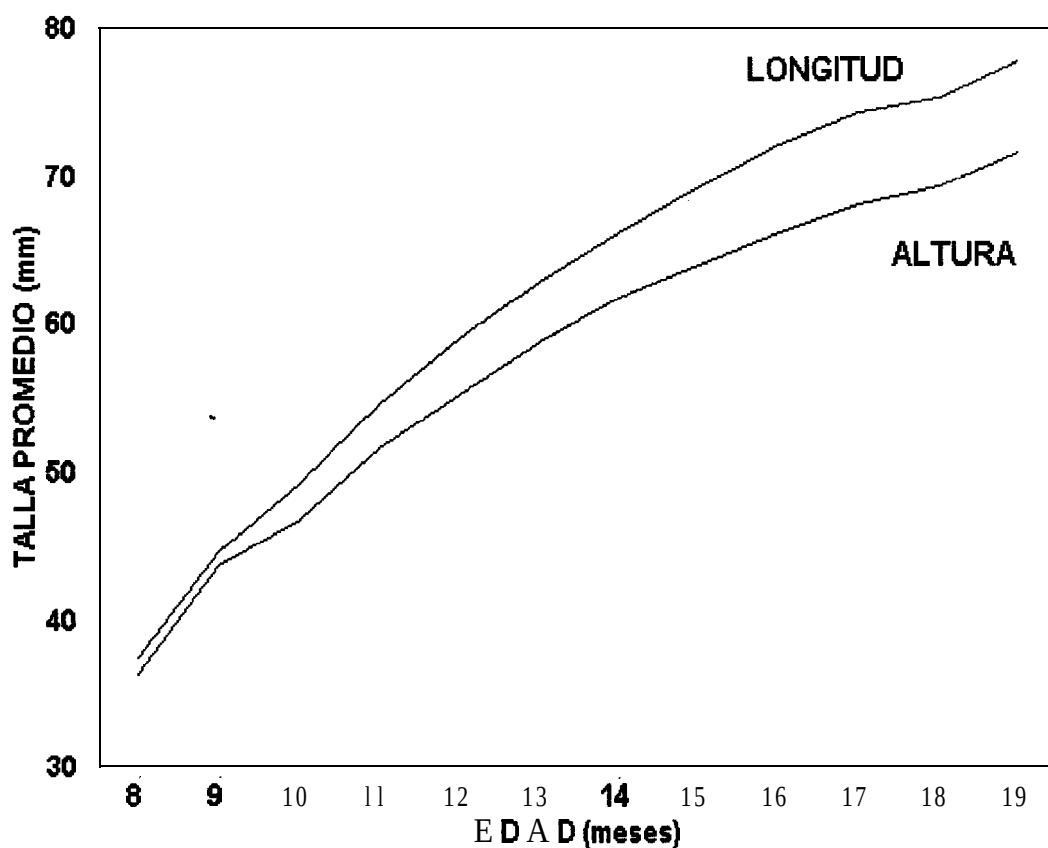


FIG. 5: *Curva de crecimiento anual in situ* para *Pinctada mazatlanica* con base en la altura y longitud de la concha.

de regresión simple encontró un ajuste lineal altamente significativo para ambas dimensiones ($r^2 = 99.91$; $P < 0.01$) (Fig. 6), lo que demuestra claramente que la diferencia observada en la curva de crecimiento de la Figura 5 no es estadísticamente significativa.

Por otro lado, se realizó el seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales. La mejor combinación de los parámetros de crecimiento calculados iterativamente por el programa ELEFAN fue la siguiente:

$$L_{\infty} = 110 \text{ mm}$$

$$K = 0.450$$

$$c = 0.3$$

$$WP = 0.6$$

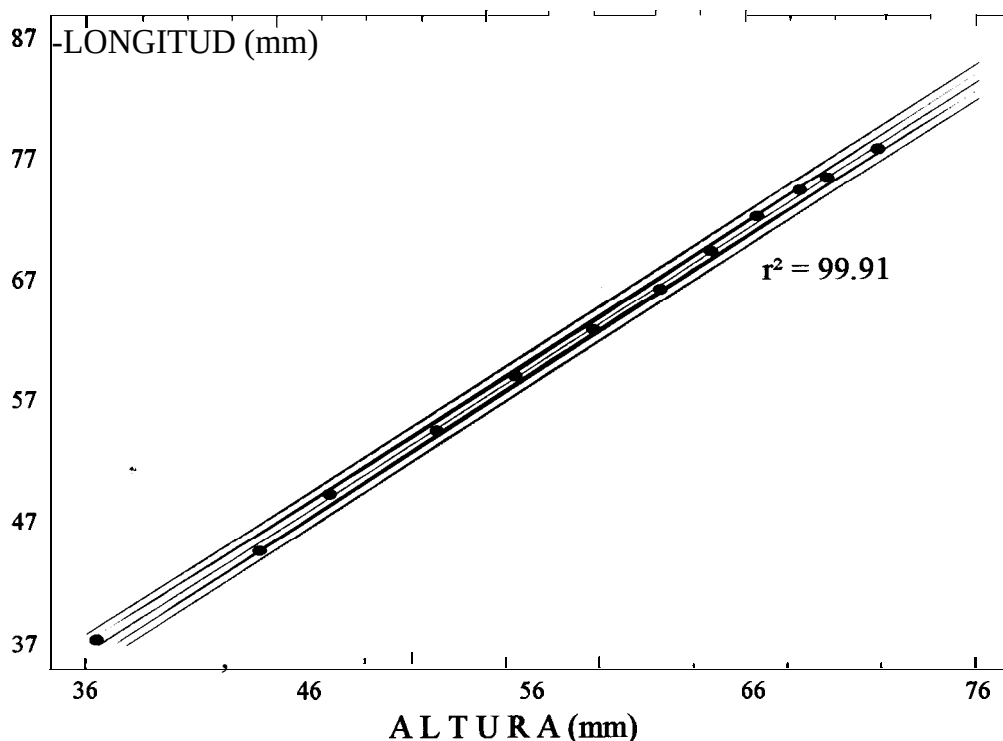


FIG. 6: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha para *Pinctada mazatlanica* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*.

Los valores de C y WP indican la existencia de un crecimiento estacional aparentemente importante. A su vez, la curva de crecimiento superimpuesta sobre los datos de frecuencia de tallas identificó dos componentes modales principales, por lo que la distribución es bimodal (Fig. 7). No obstante, el ajuste de la curva he bajo ($R_n = 0.205$).

Finalmente, la curva de crecimiento observada fue ajustada al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy. El cálculo de los parámetros generales de la ecuación se presenta resumido a continuación:

PARAMETRO	CALCULADO POR REGRESION	CALCULADO POR ITERACION
L_{∞}	79.44	80.91
K	0.148	0.131
t_0	3.1711	-3.466

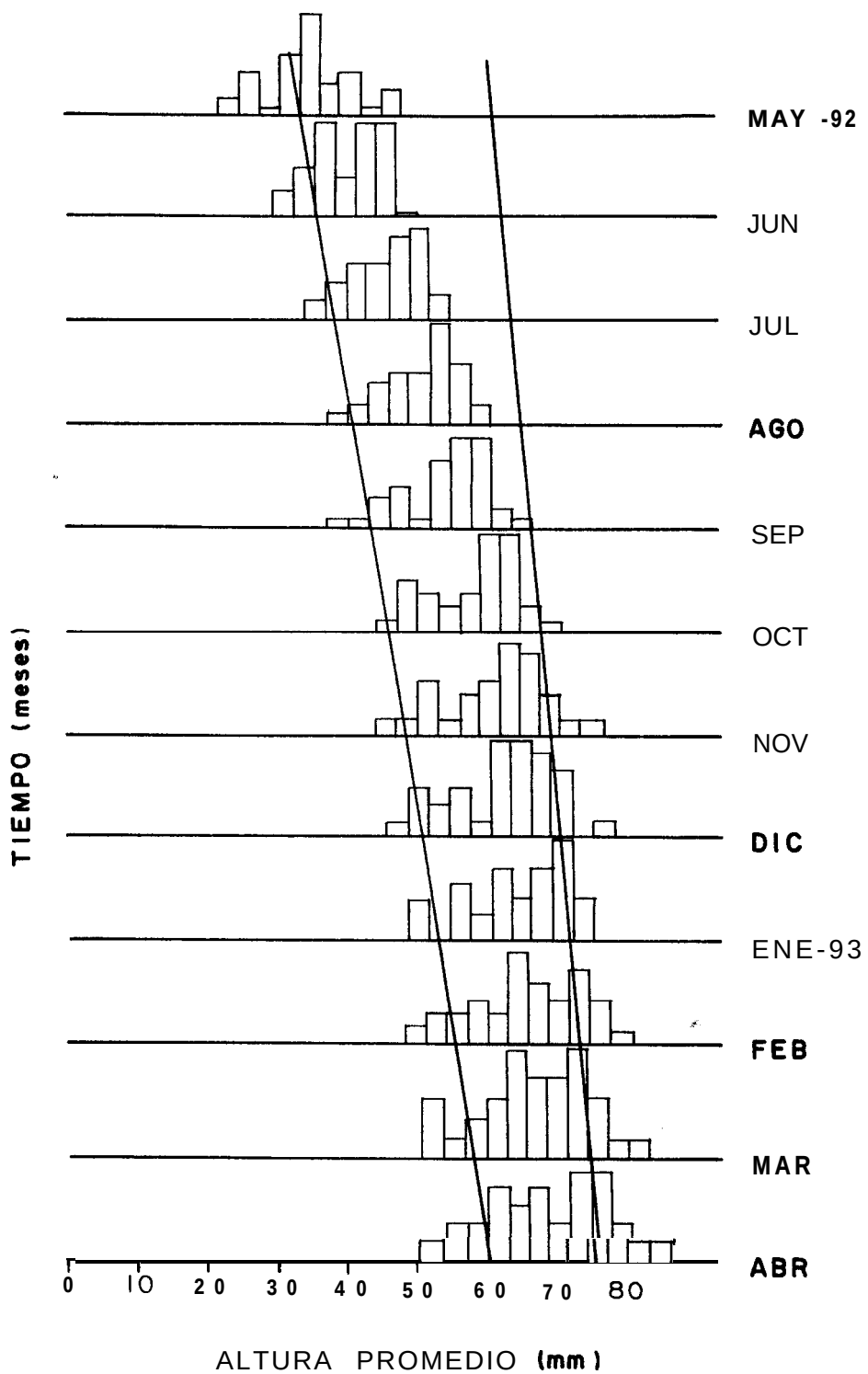


FIG. 7: Seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales en *Pinctada ntazatlanica*. Valor de bondad de ajuste ($R_n = 0.205$).

El ajuste al modelo siguió la forma:

$$L_t = 80.909[1 - e^{0.13165(t - 3.466)}]$$

La Figura 8 presenta las curvas de crecimiento observada y ajustada mediante el modelo de Von Bertalanffy. Se aprecia que el ajuste es altamente significativo ($P < 0.01$) y prácticamente no existieron diferencias entre ambas curvas.

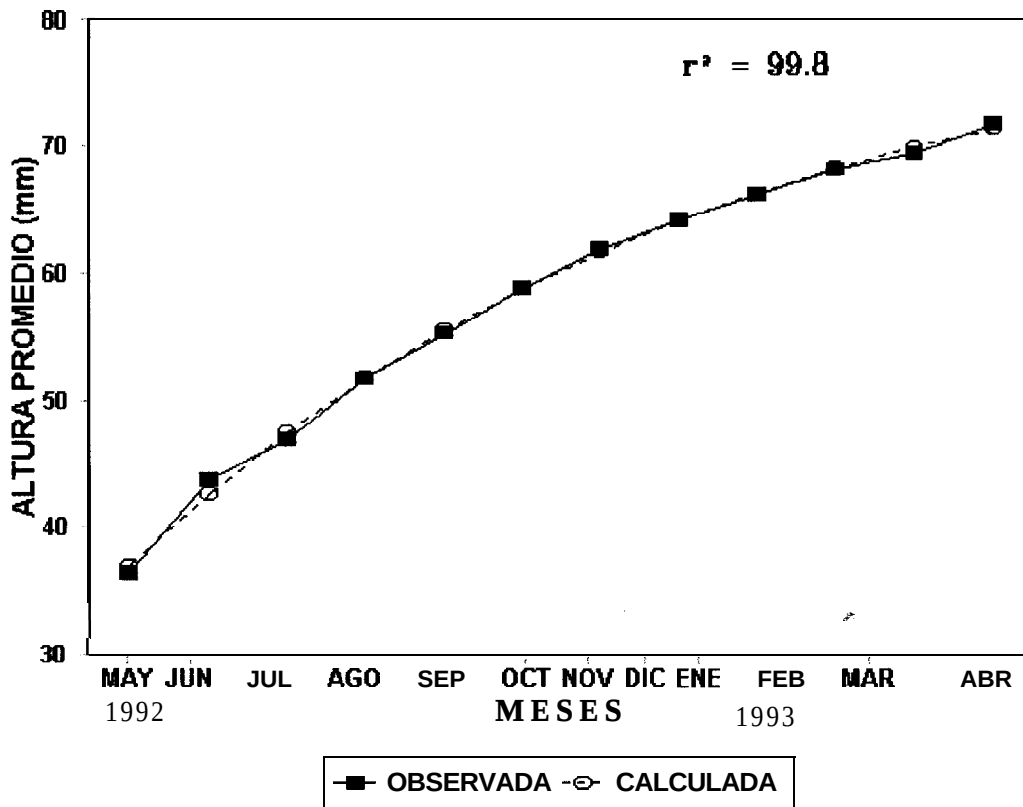


FIG. 8: Curva de crecimiento ajustada mediante el modelo de Von Bertalanffy en *Pinctada mazatlanica*.

6.1.2. CONCHA NACAR: Se enlistan, en la Tabla B, los estadísticos básicos calculados para el análisis del crecimiento *in situ* de la concha nácar *Pteria sterna*.

La mortalidad, al igual que para el caso de la madreperla, también fue constante en el tiempo. A excepción del mes de octubre, en donde se registró la mortalidad más

TABLA B : Estadísticos básicos calculados para la concha nácar *Pteria sterna* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*. N = tamaño de muestra ; **MIN** = valor mínimo ; **MAX** = valor máximo ; P = promedio ; **I** = incremento mensual promedio (mm); **STD** = desviación estandar.

ALTURA DE LA CONCHA							LONGITUD DE LA CONCHA				
MES	N	MIN	MAX	P	I	STD	MIN	MAX	P	I	STD
MAY	60	30.8	54.1	42.9	-	5.0	35.8	59.2	46.2	-	5.0
JUN	58	35.5	57.6	46.4	3.5	4.6	40.9	61.5	50.0	3.8	4.6
JUL	55	38.6	61.5	49.9	3.5	4.6	43.5	63.5	52.8	2.8	4.3
AGO	53	41.5	64.0	52.2	2.4	4.7	44.5	65.8	55.0	2.2	4.4
SEP	46	44.0	66.7	53.2	1.0	4.5	45.3	67.1	56.5	1.6	4.4
OCT	42	45.7	67.2	54.7	1.4	4.3	46.1	68.5	57.8	1.2	4.6
NOV	39	46.7	66.0	56.1	1.5	3.9	47.0	69.8	58.7	0.9	4.2
DIC	37	47.4	67.5	57.6	1.4	3.9	49.5	71.4	60.1	1.4	4.4
ENE	33	48.9	68.1	58.9	1.4	4.1	54.1	42.6	61.5	1.4	4.0
FEB	33	50.2	69.4	60.4	1.4	3.9	55.1	74.1	62.7	1.1	4.1
MAR	32	52.1	71.6	61.7	1.3	4.0	55.9	75.1	63.7	1.0	3.8
ABR	32	53.5	71.0	62.7	1.0	3.8	56.4	76.5	64.8	1.0	3.8

elevada (11.7%), el promedio a lo largo del estudio fue de 3.7% (correspondiente a 2 organismos mensuales).

La Figura 9 muestra la curva de crecimiento *in situ* de la concha nácar. El crecimiento fue más lento que el observado en la madreperla, aunque tampoco se aprecia una asíntota, lo que indica la existencia de una etapa aun exponencial. En la misma figura se aprecia también que no existe una diferencia marcada en el crecimiento entre ambas dimensiones de la concha.

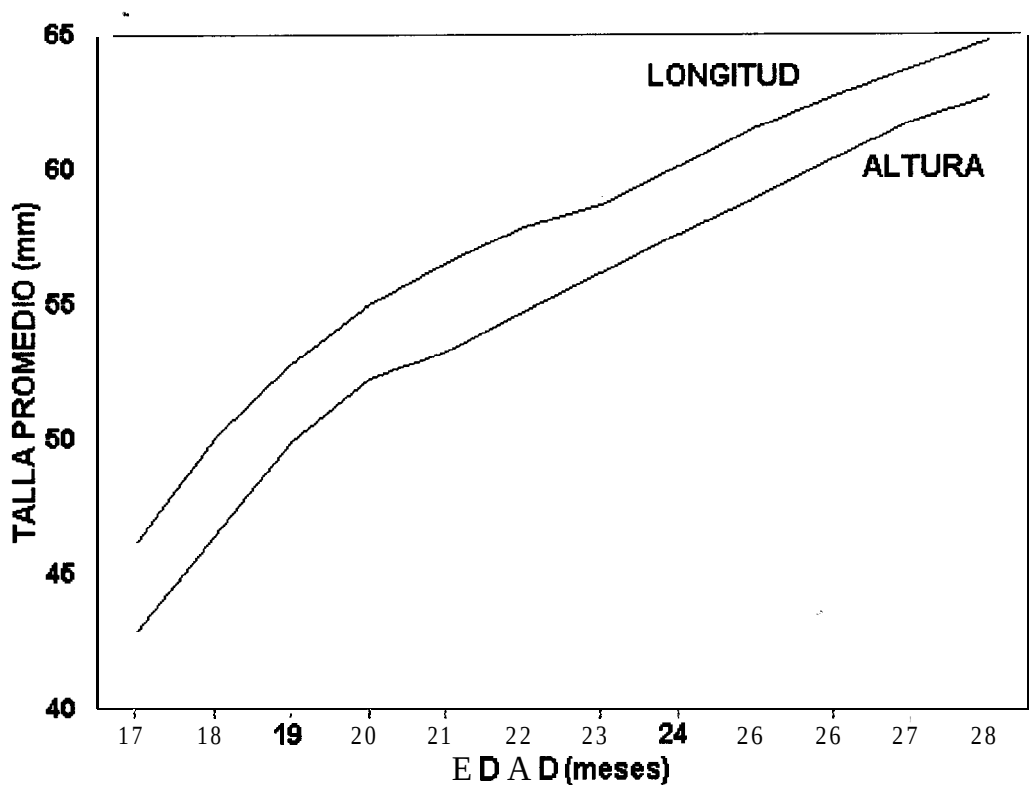


FIG. 9: Curva de crecimiento anual *in situ* para *Pteria sterna*, con base en la altura y longitud de la concha.

La talla inicial de siembra de los organismos fue de 42.87 mm de **altura** y 46.25 mm de longitud de la concha. Al cabo de doce meses de estudio, las tallas que se alcanzaron fueron de 62.68 y 64.77 mm en altura y longitud, respectivamente. Contrariamente a lo observado en la madreperla, en este caso se presenta un crecimiento ligeramente mas acelerado en la altura que en la longitud de la concha, aunque la diferencia no fue tan marcada como en el caso de la madreperla.

Para un intervalo de tallas comprendido entre los 40 y 65 mm de **altura** de la concha (de 17 a 28 meses de edad), el incremento total en **altura** obtenido fue de 19.8 mm (mucho menor que el de la madreperla). La tasa de incremento promedio mensual y total se resume en la Tabla B.

Con base en la suposición original de crecimiento alométrico, el análisis de regresión lineal simple mostró la existencia de una relación altamente significativa entre la **altura** y longitud de la concha ($r^2 = 99.81$; $P < 0.01$) (Fig. 10), lo que niega tal suposición y hace pensar, al contrario, en una tendencia hacia la isometría (al menos para un intervalo de tallas comprendido entre los 40 y 65 mm).

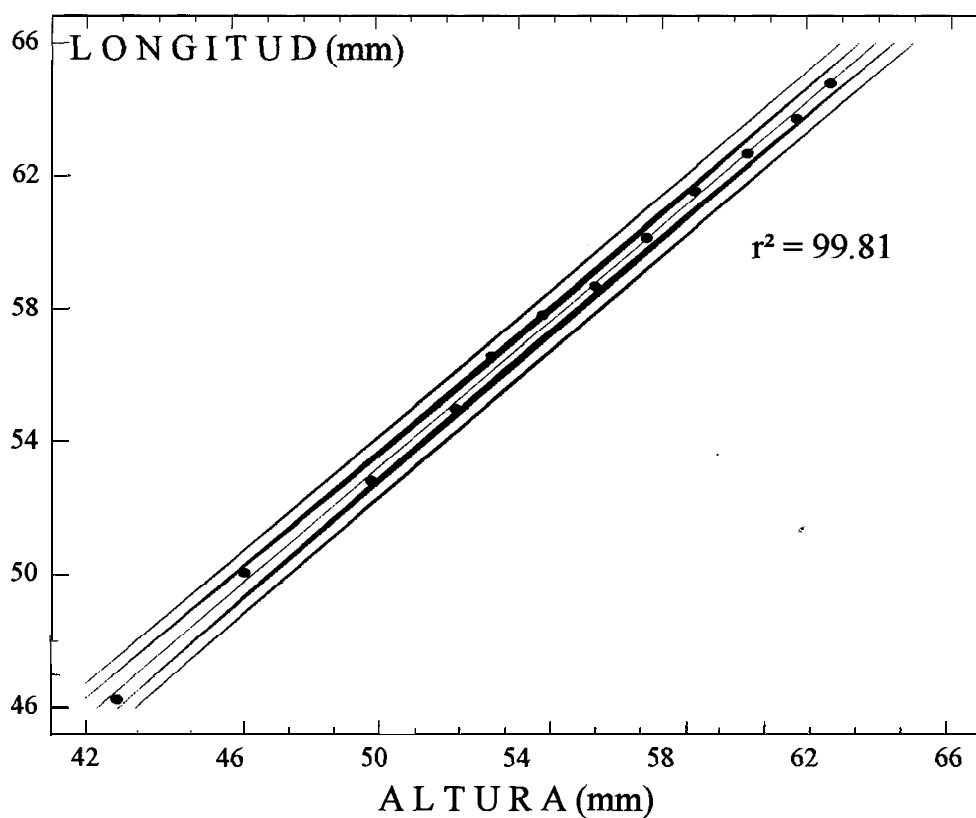


FIG. 10: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha para *Pteria sterna* durante un ciclo anual de crecimiento *in situ*.

El seguimiento de la distribución de frecuencias modales presentó un ajuste más significativo que para el caso de la madreperla ($R_n = 0.557$) (Fig. 11). Los parámetros de crecimiento calculados por el programa ELEFAN fueron los siguientes:

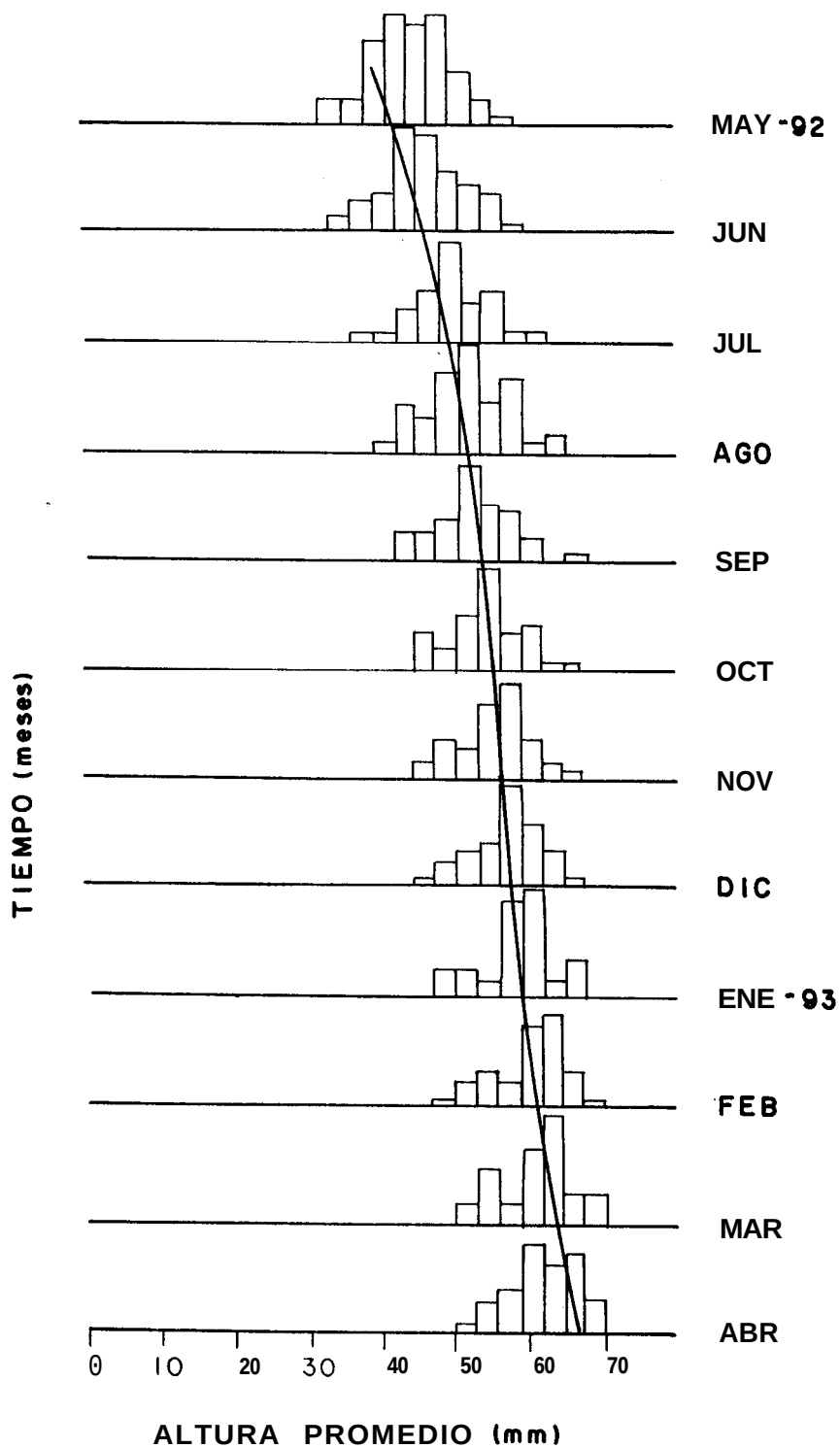


FIG. II: Seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales en *Pteria sterna*. Valor de bondad del ajuste ($R_n = 0.557$).

$$L_{\infty} = 100$$

$$K = 0.69$$

$$c = 0.3$$

$$WP = 0.5$$

Los valores de C y **WP** demuestran un crecimiento estacional, de igual forma que el observado con la madreperla. El programa identificó también un sólo componente modal, observándose su desplazamiento temporal en la misma Figura 11.

Finalmente; el ajuste al modelo de crecimiento de Von **Bertalanffy** fue bastante alto ($P < 0.01$). Los parámetros calculados a partir de la ecuación general y los iterados por medio del algoritmo de Marquardt (1963) se presentan resumidos a continuación:

PARAMETRO	CALCULADO POR REGRESION	CALCULADO POR ITERACION
L_{∞}	67.363	68.822
K	0.1448	0.1224
to	-6.445	-7.1738

El ajuste al modelo siguió la forma:

$$L_t = 67.3626[1 - e^{-0.14483(t - 6.4449)}]$$

En la Figura 12 se muestran las curvas de crecimiento observada y ajustada.

6.2. RELACIONES ALOMETRICAS:

6.2.1. MADREPERLA: La muestra total que se analizó para esta parte del estudio consistió de 343 conchas de madreperla (72 generados en el presente estudio durante la parte de reproducción y 271 provenientes de otras bases de datos). El rango estadístico calculado para dicha muestra fue sumamente amplio (174.7 mm de altura de la concha) que varió, desde un valor mínimo de 9.3 mm, hasta uno máximo de 184 mm.

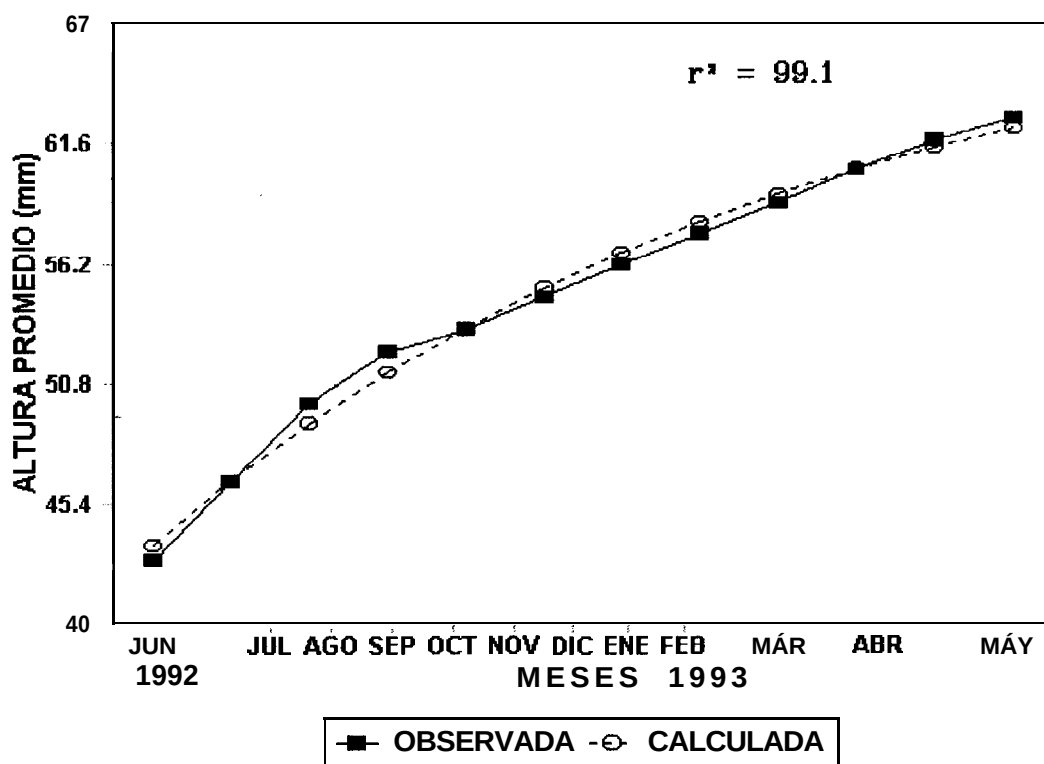


FIG. 12: Curva de crecimiento ajustada mediante el modelo de Von Bertalanffy en *Pteria sterna*.

Partiendo de la suposición de un crecimiento alométrico, se intentó probar la existencia de un cambio en la forma de la concha de los organismos con el tiempo. Primeramente, por medio de un análisis de variancia de una sola vía se encontraron diferencias significativas entre la altura y la longitud de la concha, como una función del tiempo ($F_c = 2.12 > F_t = 1.58$; $P < 0.05$). Por otro lado, un análisis de regresión simple demostró la existencia de una relación lineal altamente significativa entre la altura y longitud de la concha ($r^2 = 97.10$; $P < 0.05$) (Fig. 13).

En la misma figura se aprecia que a pesar de la relación lineal tan alta que se encontró entre ambas dimensiones, existe una separación clara de la nube de datos en dos grupos de talla principales. El primero, correspondiente a los organismos más pequeños, refleja una relación muy estrecha entre la altura y la longitud de la concha. Al contrario, en el segundo grupo, los datos se encuentran mas dispersos, lo que indica que en los organismos de mayor talla la relación altura-longitud parece ser menos fuerte.

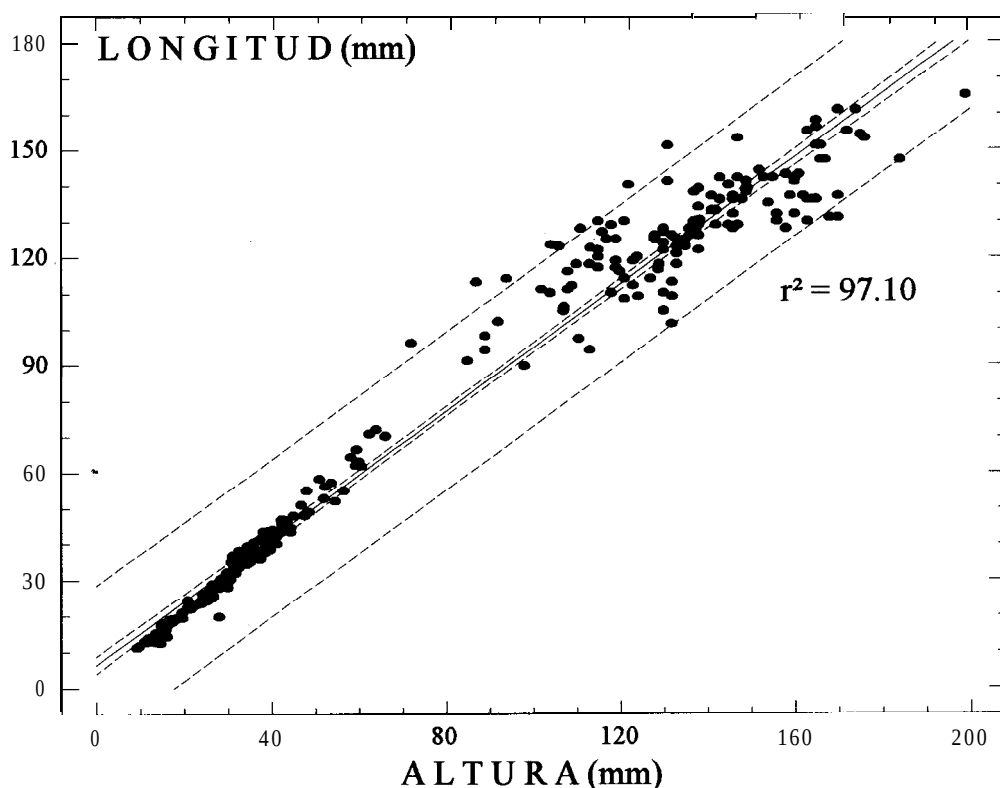


FIG. 13: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para el intervalo de tallas completo.

La explicación a esto podría deberse a que una gran cantidad de datos quedaron enmascarados en un intervalo de tallas sumamente amplio, y el análisis estadístico no fue lo suficientemente fino para detectar las variaciones individuales que debieron existir entre la altura y la longitud de la concha en la muestra completa.

Por lo tanto, se vio la necesidad de separar ambos grupos de talla y realizar el análisis estadístico de manera independiente. No obstante, con la finalidad de obtener una interpretación más precisa de las variaciones temporales individuales de las dimensiones de la concha, la base de datos se dividió en tres grupos: 1) tallas chicas (organismos de 0-50 mm de altura de la concha); 2) tallas medianas (de 50-100 mm de altura) y 3) organismos grandes (mayores de 100 mm y hasta 200 mm).

6.2.1.1. Relación Altura-Longitud: en los organismos de talla chica, un análisis de regresión simple reveló la existencia una relación lineal altamente significativa entre

ambas dimensiones ($r^2 = 97.57$; $b = 1.05$; $P < 0.01$) (Fig. 14a). En las tallas medianas, la relación fue ligeramente menor, aunque todavía alta ($r^2 = 85.96$; $b = 1.17$; $P < 0.01$) (Fig. 14b). Sin embargo, el ajuste en el grupo de tallas grandes bajó notablemente ($r^2 = 62.35$; $b = 0.49$; $P < 0.01$) (Fig. 14c).

Los datos se ajustaron al modelo lineal:

$$\text{Tallas chicas: } L = -8.6599 + (1.055)A$$

$$\text{Tallas medianas: } L = -0.27695 + (1.17)A$$

$$\text{Tallas grandes: } L = 52.7986 + (0.497)A$$

Los valores de las correlaciones y de las pendientes demuestran que existe un cambio en la forma de la concha a medida que los organismos crecen. Con la finalidad de encontrar la talla (o el intervalo de tallas) en el que ocurre dicho cambio, se seleccionó la altura de la concha (como dimensión de crecimiento principal) y se calcularon las proporciones de la longitud con respecto a ésta. La Figura 15 muestra el comportamiento de dichas proporciones. Para ello, los organismos fueron agrupados en intervalos de clase de 5 mm de altura.

Se aprecia que en el primer grupo (tallas entre 9.3 y 49.7 mm de altura de la concha) la proporción entre la altura y la longitud es casi siempre cercana a 1, por lo que la forma de la concha tiende a ser simétrica y no hay grandes **variaciones** entre ambas dimensiones. (Fig. 15a). La proporción alcanzó un máximo en el intervalo de tallas 30-35 mm, donde la longitud es 0.6 mayor que la altura, y fue igual a 1 en el intervalo 45-50 mm. No se obtuvo, en **ningún** caso, un valor menor de 1. Se concluye que para este intervalo de tallas, el crecimiento es marcadamente isométrico.

En el segundo grupo (organismos entre 51.6 y 98.4 mm de altura de la concha), la proporción varió más con respecto al grupo anterior, aunque no marcadamente. El valor de ésta osciló entre 1.1: 1 en los intervalos de talla 60-75 mm, y 1.05: 1 en promedio en los restantes intervalos de talla (Fig. 15b). Se observa aquí un pequeño cambio en la forma de la concha, dado por un crecimiento ligeramente mayor en la longitud que en la altura de la concha (alometría positiva). No obstante, el valor de la pendiente indica que la tendencia para este intervalo de tallas es todavía hacia un crecimiento isométrico.

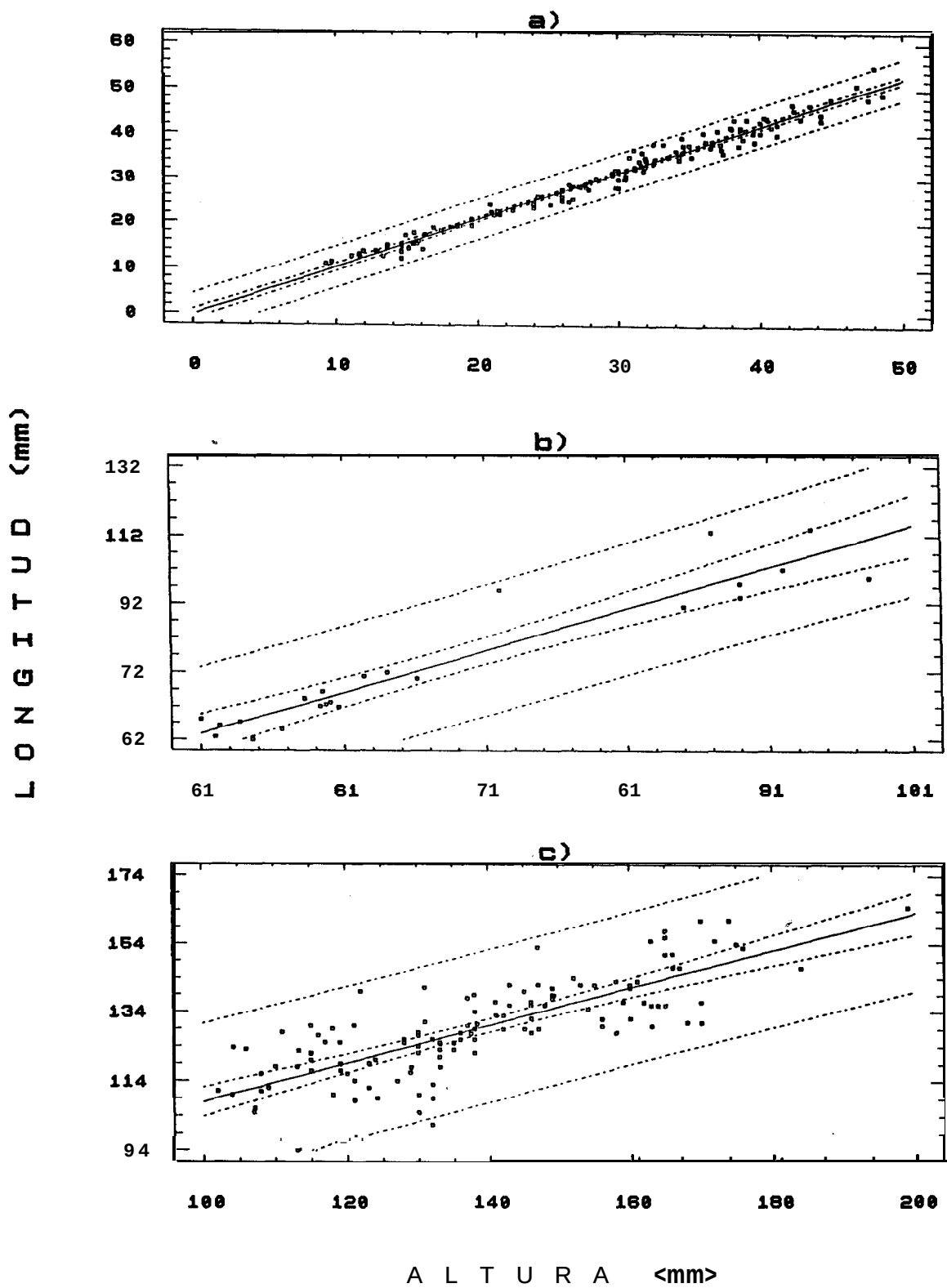


FIG. 14: Análisis de regresión lineal de la longitud sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla. a) tallas chicas b) tallas medianas y c) tallas grandes.

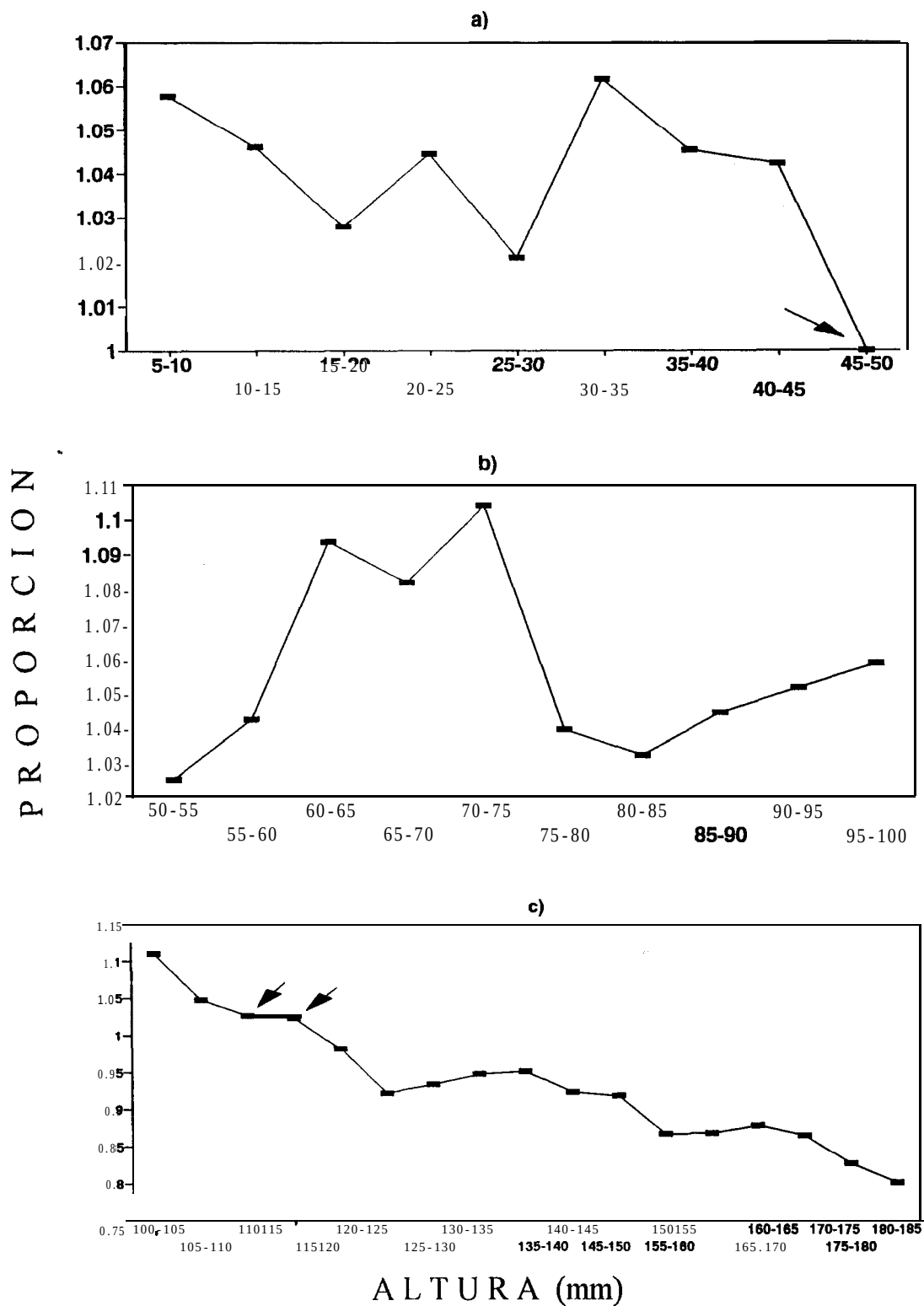


FIG. 15: Proporciones de la altura y longitud de la concha en *P. mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: a) tallas chicas, b) tallas medianas; c) tallas grandes. Las flechas indican las tallas en las que la proporción vale 1.

Finalmente, en el tercer grupo es en donde el crecimiento tiende hacia la alometría (Fig. 15c). Los valores de la proporción altura-longitud variaron, desde 1.1:1 en el intervalo de tallas 100-105 mm (la longitud 0.1 veces mayor que la altura), hasta 0.8: 1 (la altura 0.2 veces mayor que la longitud). Esto implica dos cambios en la forma de la concha; el primero, que se presenta entre los 100 y 125 mm, en donde los organismos crecen ligeramente mas en longitud que en altura (y la concha vuelve a ser simétrica), y el segundo en el que los organismos crecen mucho más, y permanentemente, en altura que en la longitud de la concha (alometría negativa).

Para entender mejor este mecanismo, se presenta ilustrada en la Figura 16 una secuencia hipotética del crecimiento de la madreperla, desde la etapa de juvenil (9.3 mm de altura de la concha), hasta una talla adulta de 185 mm, basada en los resultados obtenidos en el presente estudio.

6.2.1.2. Relación Altura-Grueso: la tendencia para esta relación fue similar a la anterior. En el grupo de tallas chicas, el análisis de regresión mostró la existencia de una relación lineal bastante alta ($r^2 = 91.36$; $b = 0.27$; $P < 0.01$) (Fig. 17a). En las tallas medianas la relación, aunque alta también, bajo un poco ($r^2 = 75.56$; $b = 0.37$; $P < 0.01$) (Fig. 17b), y en las tallas grandes la relación fue mucho más baja ($r^2 = 69.70$; $b = 0.38$; $P < 0.01$) (Fig. 17c).

Los datos se ajustaron al modelo lineal:

$$\text{Tallas chicas: } G = -1.12829 + (0.27)A$$

$$\text{Tallas medianas: } G = -6.04428 + (0.37)A$$

$$\text{Tallas grandes: } G = -7.69298 + (0.38)A$$

Con esto se comprueba que el crecimiento en grosor es uniforme en los organismos de tallas pequeñas, pero tiende a ser irregular a medida que la talla se incrementa.

Pese a lo anterior, se puede observar que los valores de las pendientes en las regresiones de los tres grupos son similares. Para entender mejor ésto, en la Figura 18 se encuentran **graficadas** las proporciones del grueso de la concha con relación a la altura. Parece claro que las variaciones temporales entre ambas dimensiones no son muy marcadas y guardan una relación lineal más o menos estrecha Sin embargo, la magnitud

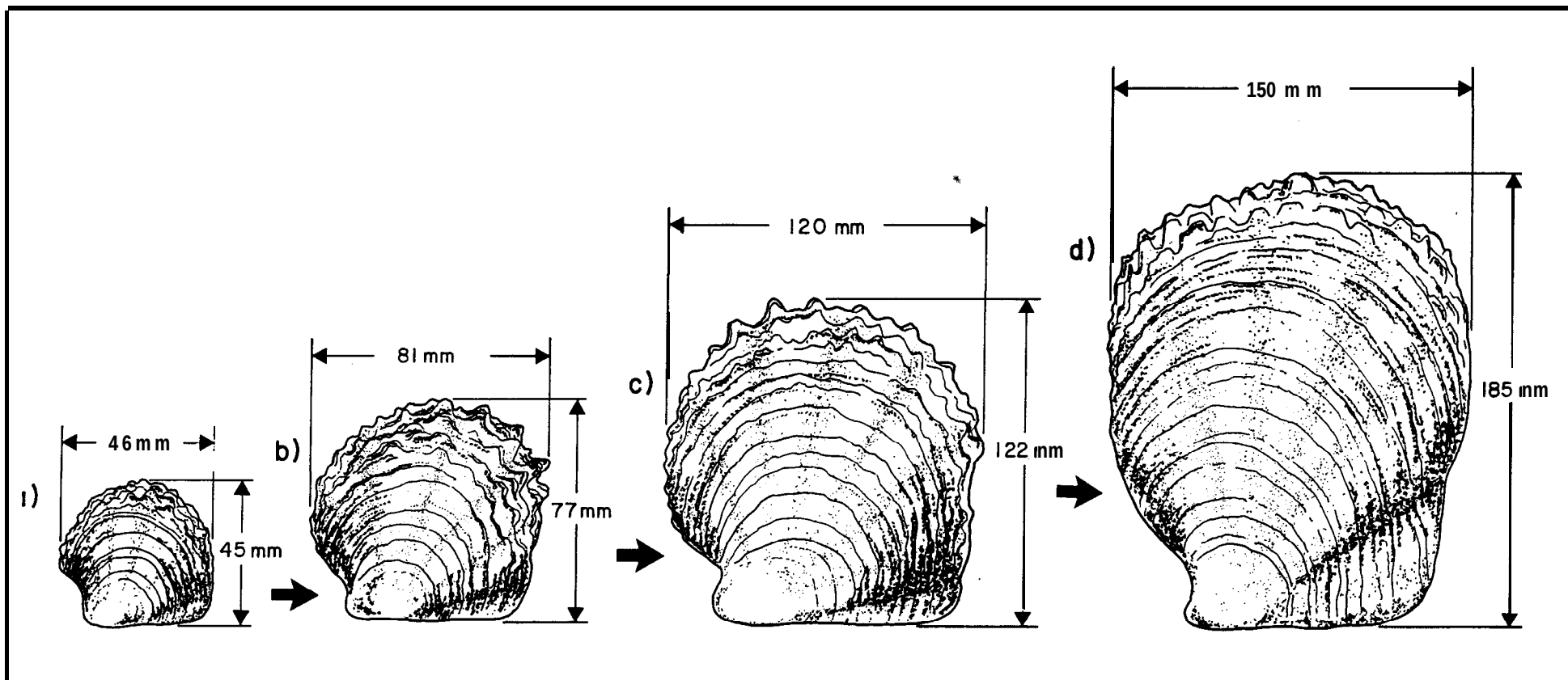


Fig. 16 Seguimiento del crecimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* para mostrar el cambio de forma de la concha con respecto a la altura y la longitud de la misma.

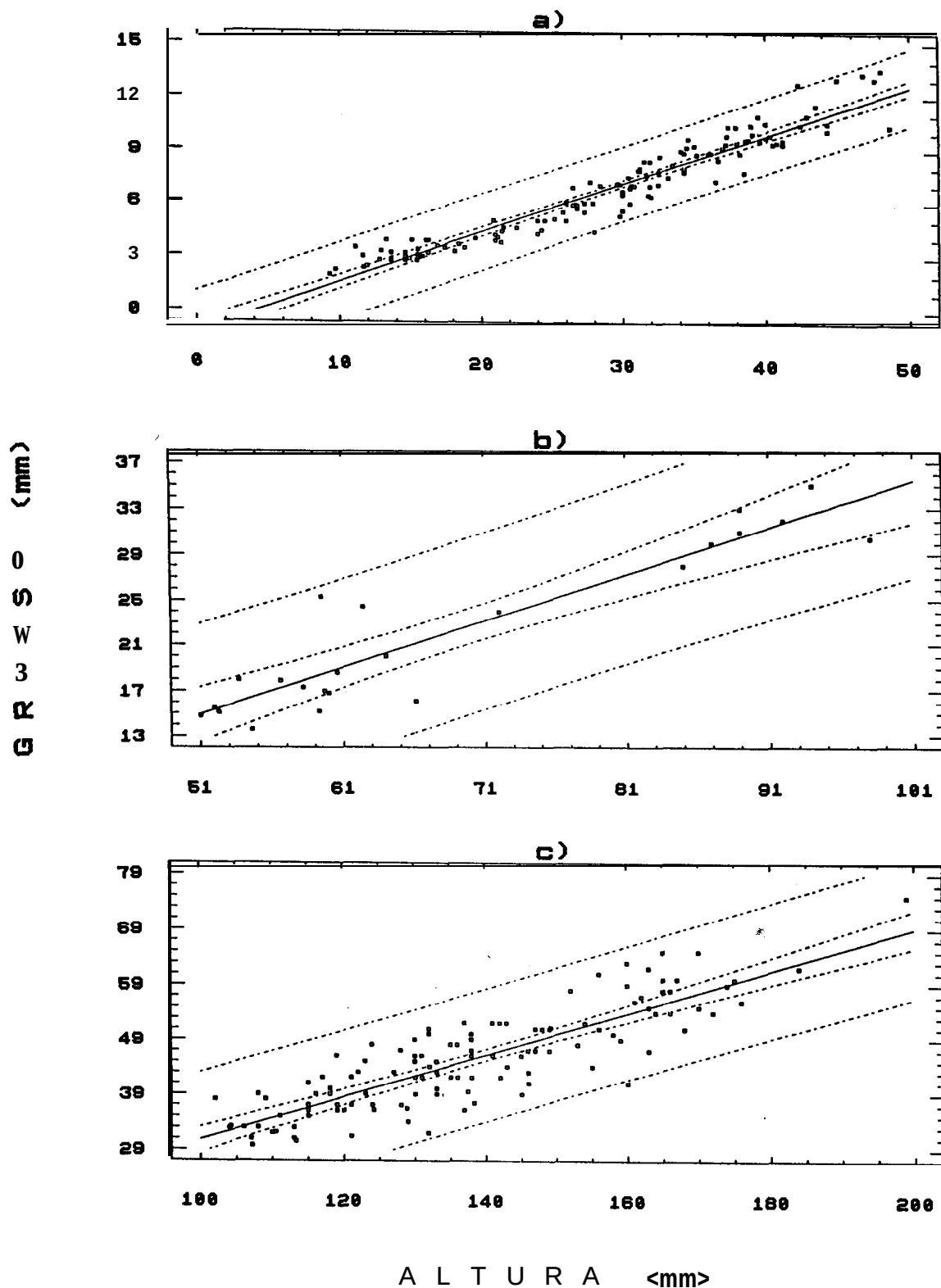


FIG. 17: Análisis de regresión lineal del grosor sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla. a) tallas chicas, b) tallas medianas, c) tallas grandes.

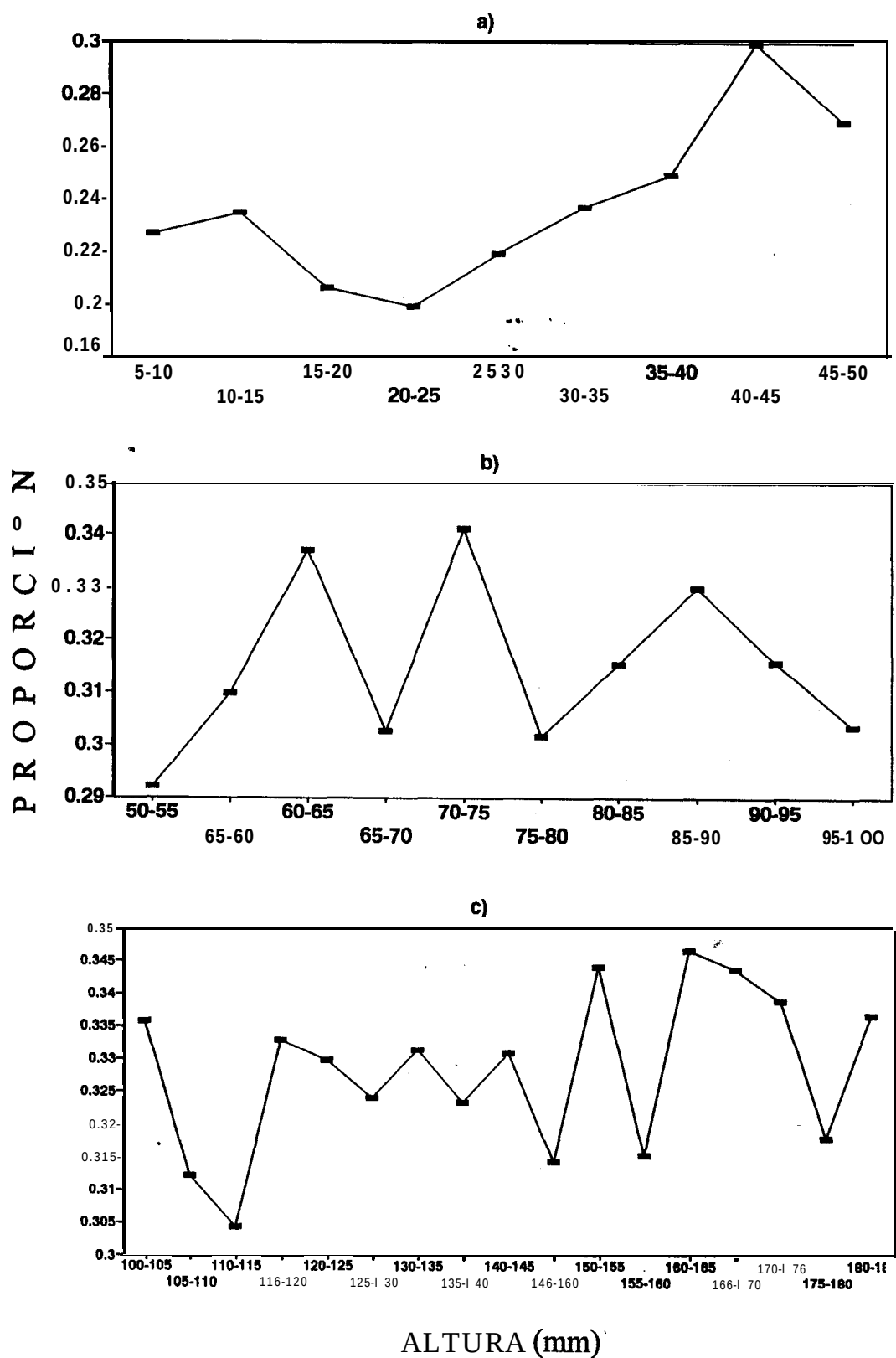


FIG. 18: Proporciones de la altura y grosor de la concha en *P. mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: a) tallas chicas, b) tallas medianas; c) tallas grandes. Las flechas indican las tallas en las que la proporción vale 1.

del incremento en el grosor de la concha tiende a ser mayor a medida que los organismos crecen y aumentan de talla.

6.2.1.3. Relación Altura-Peso: La Figura 19 presenta la relación entre ambas dimensiones. Nuevamente el patrón observado en los análisis anteriores se repite. El ajuste en el primer grupo fue altamente significativo ($r^2 = 96.79$; $b = 3.33$; $P < 0.01$) (Fig. 19a), ligeramente mas bajo pero aun alto en el segundo grupo ($r^2 = 80.86$; $b = 2.14$; $P < 0.01$) (Fig. 19b) y bajo para el caso del tercero ($r^2 = 67.44$; $b = 2.69$; $P < 0.01$) (Fig. 19c). *

Los datos se ajustaron al modelo multiplicativo:

Tallas chicas: $P = -(10.1279)A^{3.33}$

Tallas medianas: $P = -(5.4492)A^{2.14}$

Tallas grandes: $P = -(7.77878)A^{2.69}$

Se observa que en los organismos chicos existe una gran uniformidad entre el peso y la talla; el valor del exponente es cercano a 3, lo que nuevamente refuerza la tendencia hacia un crecimiento isométrico para este grupo de tallas. Sin embargo, la dispersión en las tallas medianas es mayor y el valor del exponente en la ecuación lo comprueba. Posiblemente la baja representación de organismos de este rango de tallas sea la causa de ello. Finalmente, el exponente tomó un valor de 2.69 en el grupo de organismos mayores, lo que indica una vez mas el patrón de crecimiento alométrico al que se hizo alusión anteriormente.

6.2.2. CONCHA NACAR: Se analizó una muestra total de 168 organismos. El rango estadístico obtenido para la misma fue de 86.9 mm de **altura** de la concha, que varió, desde un valor mínimo de 12.5 mm, hasta uno máximo de 99.4 mm.

6.2.2.1. Relación Altura-Longitud: Un análisis de variancia de una sola vía mostró la existencia de diferencias significativas entre la altura y longitud de la concha, en función de la talla de los organismos ($F_c = 6.48 > F_t = 2.25$; $P < 0.05$).

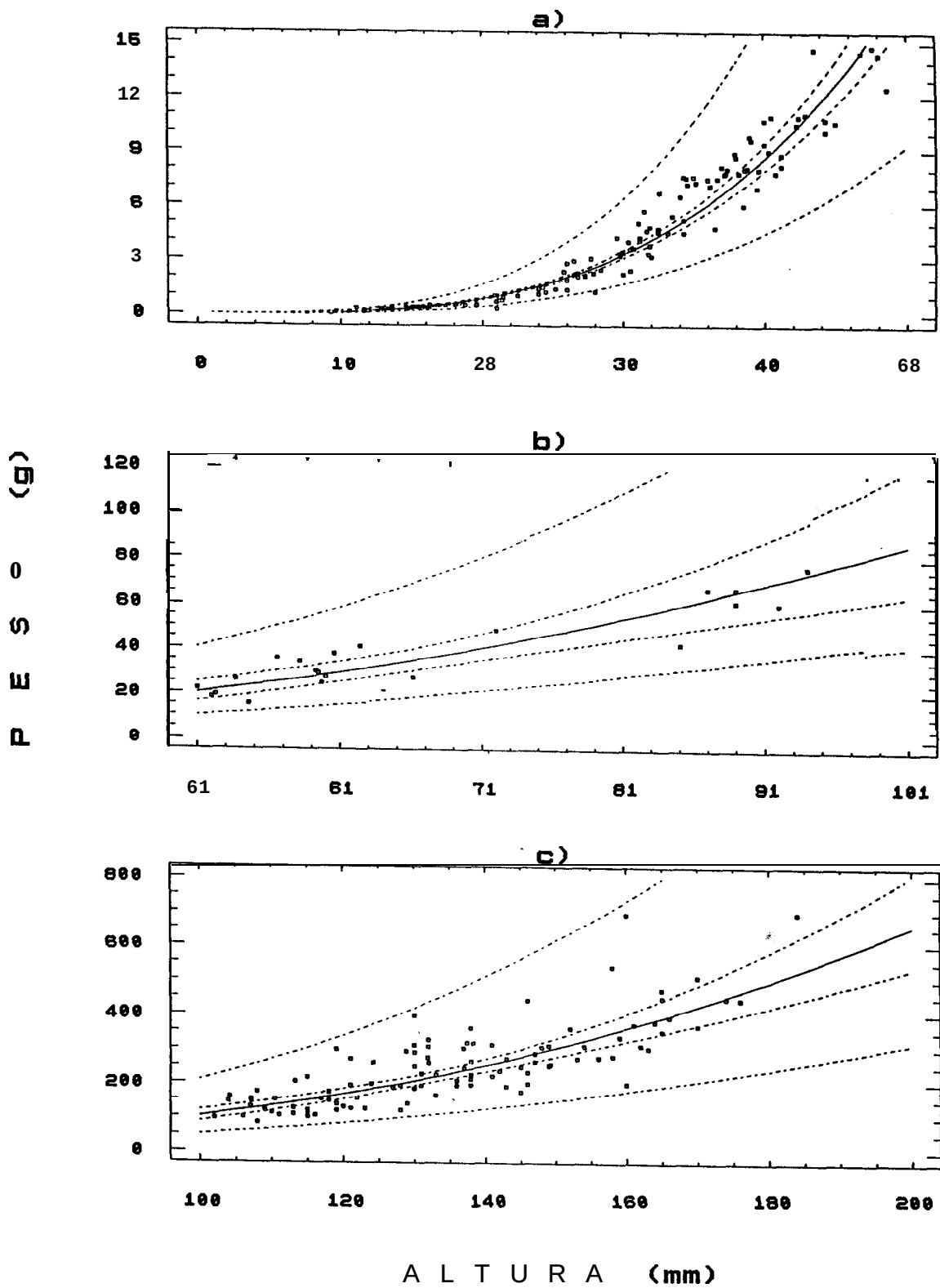


FIG. 19: Análisis de regresión multiplicativo del peso del animal sobre la altura de la concha en *Pinctada mazatlanica* para cada uno de los tres grupos de talla: a) tallas chicas, b) tallas medianas y c) tallas grandes.

Por otro lado, el ajuste de la regresión lineal para la muestra total fue relativamente bajo ($r^2 = 69.90$; $b = 0.884$; $P < 0.01$) (Fig. 20) y los datos no se ajustaron a un modelo lineal, sino a **uno** multiplicativo de la forma:

$$L = (0.564)A^{0.8848}$$

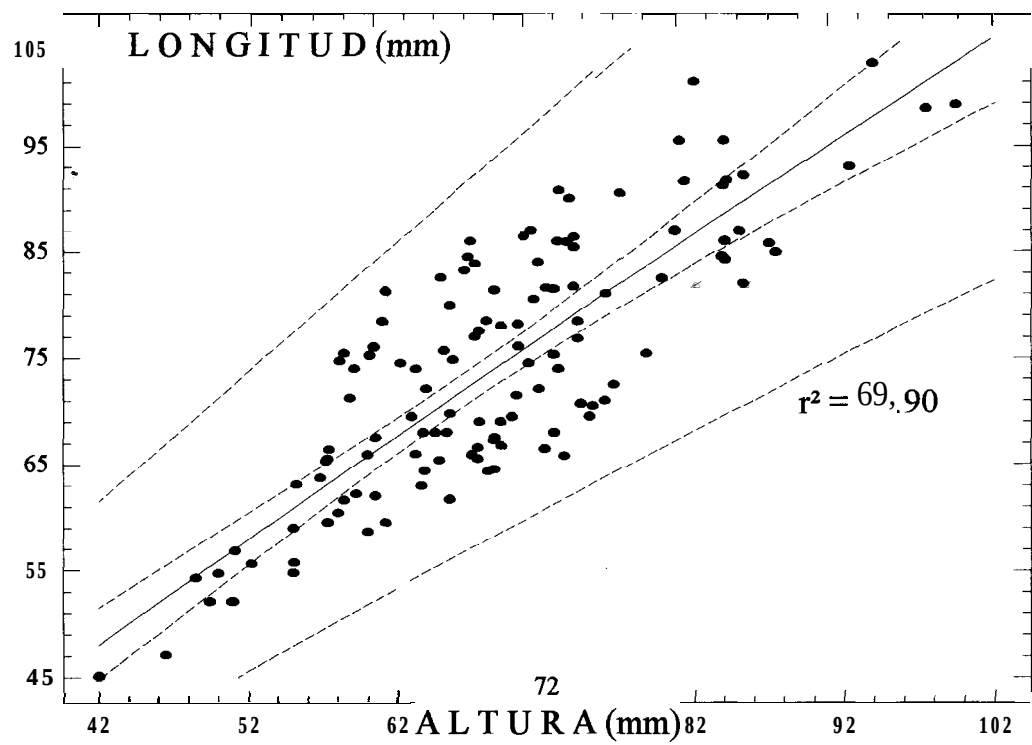


FIG. 20: Análisis de regresión multiplicativo de la longitud sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*.

La dispersión observada en la gráfica refleja la poca uniformidad de tallas (en longitud) que existe con respecto a la altura. El valor de la pendiente también es bajo y su poder **predictivo** parece ser nulo, por lo que no **es** posible hacer conclusiones precisas sobre la existencia de alometría o isometría en el crecimiento de la concha.

En la Figura 21 se muestran **graficadas** las proporciones de la longitud con respecto a la altura de la concha. El comportamiento de éstas es errático y no se aprecia alguna tendencia particular entre ambas dimensiones. Contrariamente, se observa una gran variación en casi todos los intervalos de talla, y únicamente en los organismos de mayor

talla (85-90 y 95-100 mm), la relación parece estabilizarse. El valor de la proporción igual (0 cercana) a 1 parece indicar que a estas tallas el crecimiento es proporcional entre ambas dimensiones y la forma de la concha tiende a ser simétrica. Por lo demás, no se puede hablar de isometría o alometría.

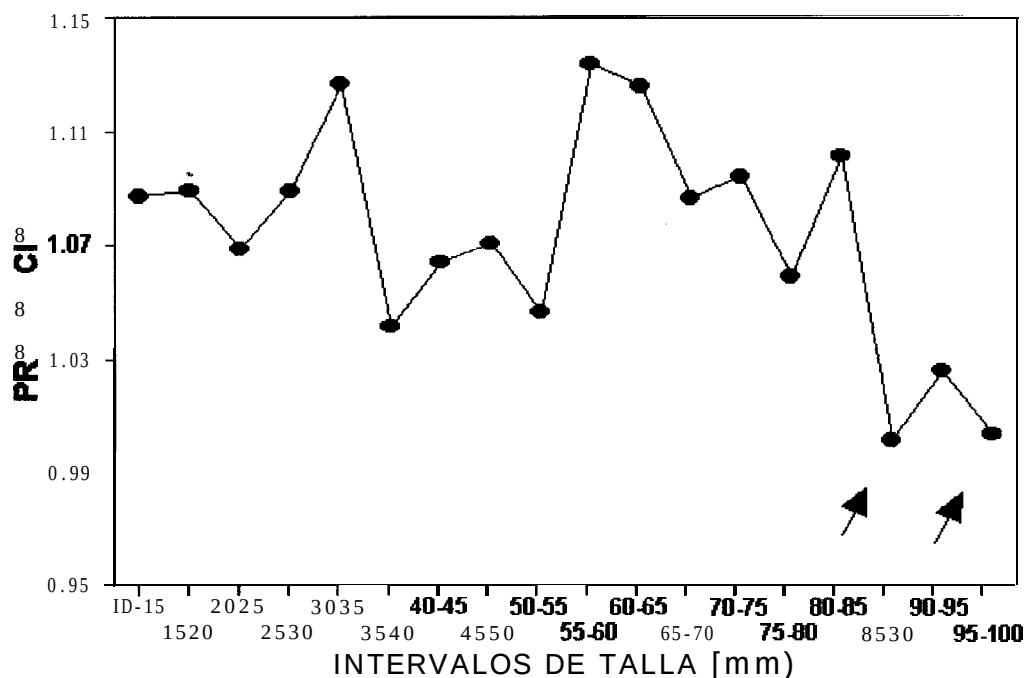


FIG. 21: Proporciones de la altura y longitud de la concha en *Pteria sterna*. Las flechas indican las tallas en las que la proporción vale 1.

6.2.2.2. Relación Altura-Grueso: el ajuste de la relación entre estas dos variables fue relativamente bueno, y la regresión así lo indica ($r^2 = 81.69$; $b = 1.113$; $P < 0.01$) (Fig. 22).

El ajuste al modelo fue nuevamente multiplicativo:

$$G = (-1.126)A^{1.113}$$

Al igual que lo observado en la madreperla, aquí también parece existir bastante estabilidad en la relación entre estas dos dimensiones y el grueso tiende a incrementarse proporcionalmente con respecto a la altura

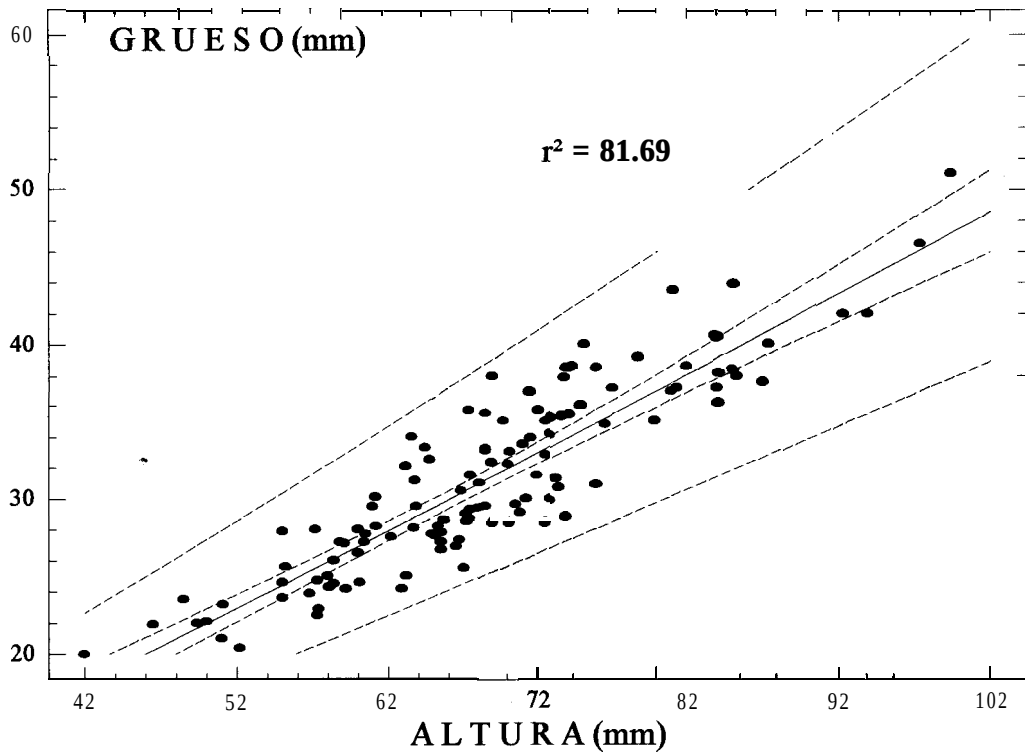


FIG. 22: Análisis de regresión multiplicativo del grueso sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*.

En la Figura 23 se presentan las proporciones del grosor de la concha con respecto a la altura de la misma. Prácticamente en todo el intervalo de tallas la proporción promedio ‘entre la **altura** y el grosor de la concha fue 1.1: **1** (el grueso 0.1 **veces** la **altura**), aunque con una tendencia a adquirir el valor de la unidad en las tallas mayores; ésto concretamente para los intervalos de talla 85-90 mm, 90-95 mm y 95-100 mm. En este caso los organismos tienden a ser más delgados.

6.2.2.3. Relación Altura-Longitud del Ala: El análisis de regresión simple mostró la existencia de una relación baja entre la altura y la longitud del ala ($r^2 = 67.10$; $b = 0.649$; $P < 0.01$) (Fig. 24). Se aprecia en la figura, una gran dispersión y una carencia de uniformidad en la nube de datos.

El modelo al que ajustaron los datos fue multiplicativo:

$$LA = (1.647)A^{0.649}$$

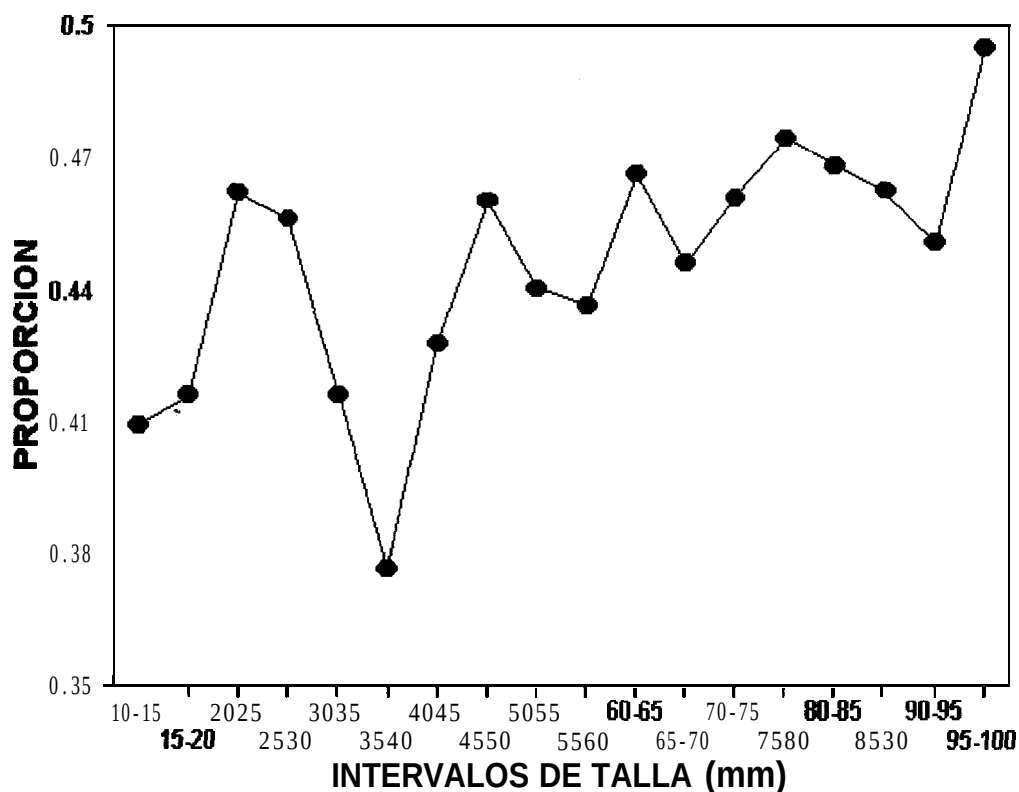


FIG. 23: **Proporciones de la altura y grueso de la concha en *Pteria sterna*.**

Finalmente, las proporciones de la longitud del ala **calculados con** respecto a la altura de la concha comprueban lo dicho con anterioridad (Fig. 25). El comportamiento de la curva en la **gráfica** es completamente irregular y no indica nada en particular. Poco es lo que se puede concluir con respecto a esta relación. **Únicamente** en el intervalo de tallas 95-100 mm se obtuvo una proporción de 1, por lo que al igual que en las relaciones anteriores, se aprecia que se tiende hacia la estabilización de las dimensiones de la concha en las tallas mayores.

6.2.2.4. Relación Altura-Peso: no fue posible analizar esta relación, debido a que la base de datos utilizada no incluía medidas referentes al peso de los organismos y **únicamente** se disponía de las medidas de la concha, específicamente altura, longitud y grosor.

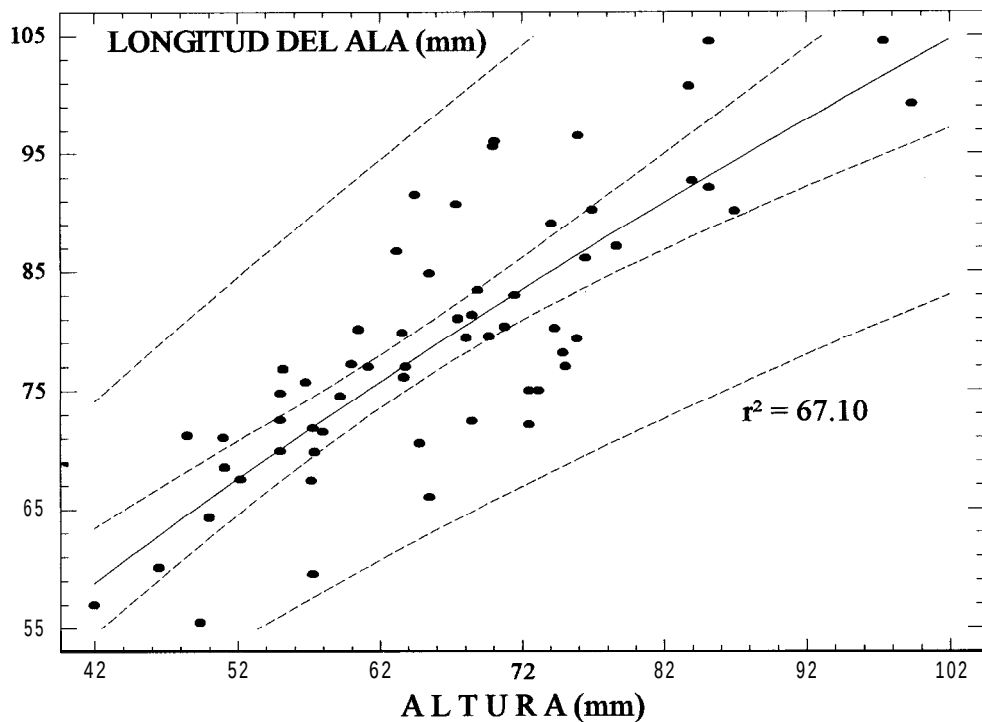


FIG. 24: Análisis de regresión multiplicativo de la longitud del ala sobre la altura de la concha en *Pteria sterna*.

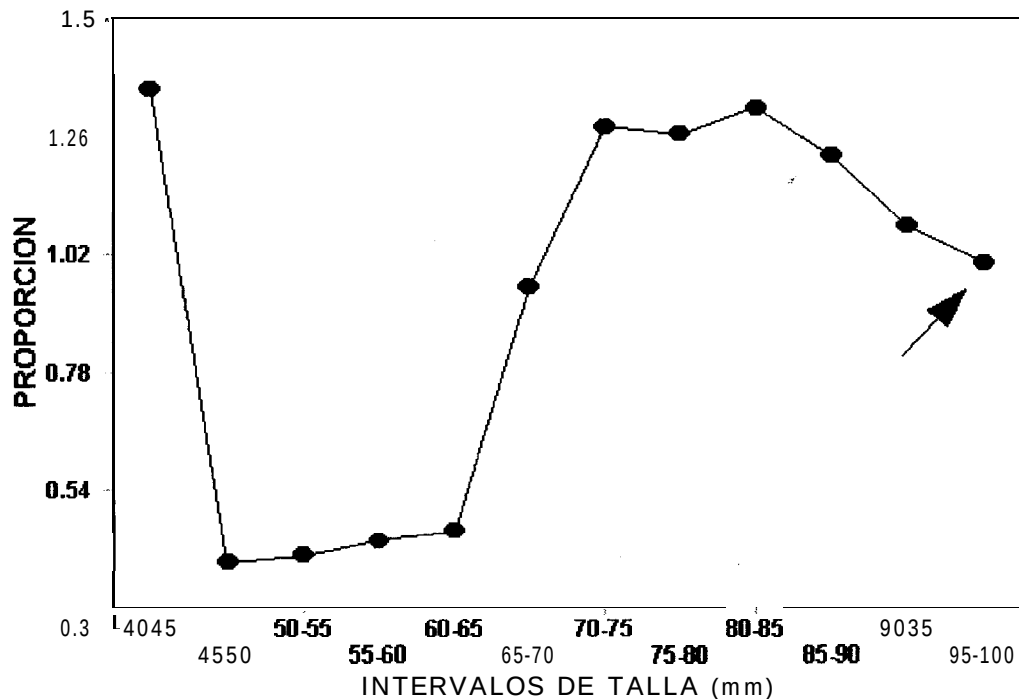


FIG. 25: Proporciones de la altura y longitud del ala en *Pteria sterna*. La flecha indica las tallas en las que la proporción vale 1.

6.3. REPRODUCCION:

6.3.1. MADREPERLA:

6.3.1.1. Ciclo reproductivo: Del estudio de los cortes histológicos de las gónadas, se observó que la gametogénesis fue un proceso continuo a lo largo de todo el año. Sin embargo, muchas de las etapas del ciclo reproductivo tendieron a traslaparse unas con otras en el tiempo, lo que dificultó, en muchas ocasiones, la clasificación de las gónadas en cualquiera de dichas etapas. Se describen a continuación, las características microscópicas más sobresalientes de cada una:

Indiferenciación: no existió evidencia **alguna** de desarrollo gonádico, por lo que no fue posible identificar a los organismos como machos o hembras. Se observaron únicamente folículos o **túbulos** seminíferos vacíos y gran cantidad de tejido conjuntivo en desarrollo, en cuyo interior existían fagocitos (Foto 2).

Gametogénesis: se presenta cuando los organismos comienzan la producción de gametos. Los folículos o **túbulos** seminíferos se observaron al principio, pequeños y poco desarrollados; en ellos se encontraron espermatogonias u ovogonias principalmente. Conforme la gametogénesis avanzó, comenzaron a aparecer células sexuales en diferentes grados de desarrollo, como espermatoцитos primarios y secundarios u ovocitos, y en las últimas etapas, espermatozoides u ovocitos maduros (con **vitelo**, y nucleolo) en el lumen de los **túbulos** (Fotos 3 y 4).

En esta etapa, la cantidad de tejido conjuntivo disminuyó drásticamente, ya que los folículos o los **túbulos** seminíferos crecieron y se **ramificaron** notablemente.

Madurez sexual: el tejido gonádico creció abundantemente, hasta el punto de observarse como una masa compacta y uniforme en la que **difícilmente** se aprecia la individualidad de los folículos o **túbulos**. En muchos casos, el tejido conjuntivo quedó reducido a **una** pequeña y delgada capa, que se observaba en las porciones **distales** de la gónada. En el lumen de los **túbulos**, se encontraron casi exclusivamente espermatozoides u óvulos (con vitelo y nucleolo). No obstante, en algunos ejemplares se encontraron todavía algunos paquetes aislados de espermatogonias y espermatoцитos u ovogonias y ovocitos en desarrollo (Foto 5).

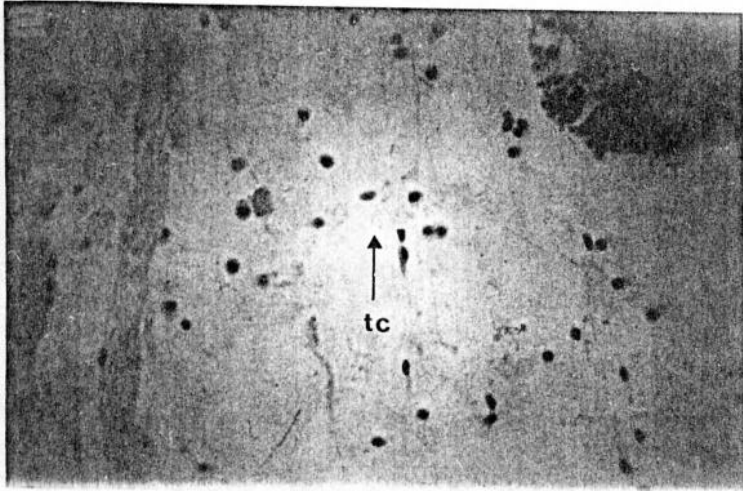
Desove: se inicia con la expulsión de los gametos. Esta etapa fue fácilmente distinguible por la brusca reducción en la cantidad de espermatozoides u óvulos de los folículos o **túbulos**, respectivamente, que ahora se observaron rotos, semivacios y con grandes huecos dejados por la expulsión de los gametos. En algunos casos se logró encontrar fagocitos (Foto 6).

Postdesove: los folículos o **túbulos** se observaron sumamente adelgazados y flácidos, es decir, conteniendo espermatozoides u óvulos residuales en pocas cantidades. Esta etapa se caracterizó por la gran proliferación de fagocitos, tanto en el interior de los **túbulos**, como en el tejido conjuntivo, que comenzó a mostrar señales claras de reabsorción. El tejido conjuntivo inició nuevamente su desarrollo (Foto 7).

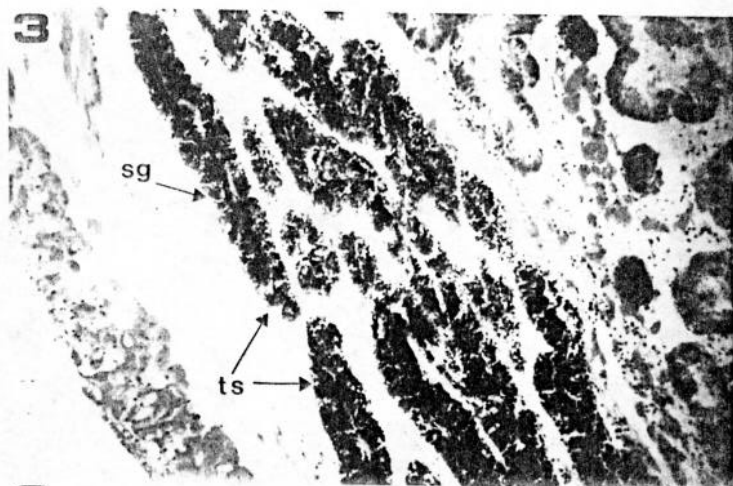
El ciclo reproductivo de la madreperla se presenta en la Figura 26. Al inicio de la gráfica, en junio-julio de 1992, es posible observar simultáneamente organismos en tres diferentes etapas de desarrollo: una buena parte de ellos en gametogénesis, otra mas que alcanzó la madurez y una ultima que pasó al postdesove. Mas adelante se aprecia que el desove ocurrió en el mes de septiembre, y después de éste, se presentó un período **post-reproductivo** que abarcó los meses de octubre y noviembre principalmente. Finalmente, un nuevo proceso de gametogénesis dió inicio en noviembre de 1992, y se extendió ininterrumpidamente hasta el mes de mayo de 1993. Sin embargo, se observaron organismos maduros desde febrero, abarcando esta etapa los meses de marzo, abril y mayo.

Con la finalidad de mostrar con mayor claridad el comportamiento del proceso reproductivo a lo largo del año, se seleccionaron las etapas de postdesove y madurez como indicadores reproductivos (que son opuestos en tiempo) y se **graficaron** (Fig. 27). Es claro que el evento post-reproductivo se presentó durante los meses de octubre y noviembre de 1992 principalmente, mientras que la madurez sexual se observó durante marzo, abril y mayo de 1993.

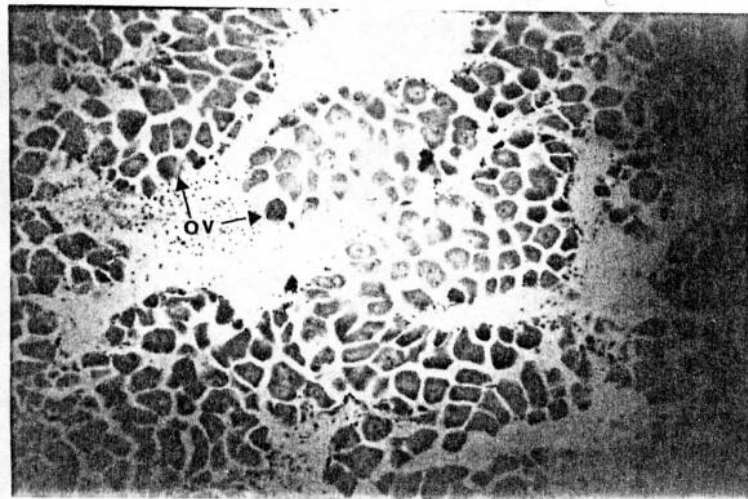
6.3.1.2. Proporción sexual: La proporción sexual estuvo completamente sesgada hacia los machos durante el estudio. De la muestra total analizada, un 77.3% fueron machos y únicamente el 9.3% correspondió a hembras. El restante 13.3% representó organismos en etapa de indiferenciación (Fig. 28). La proporción sexual hembra-macho fue 0.12:1.



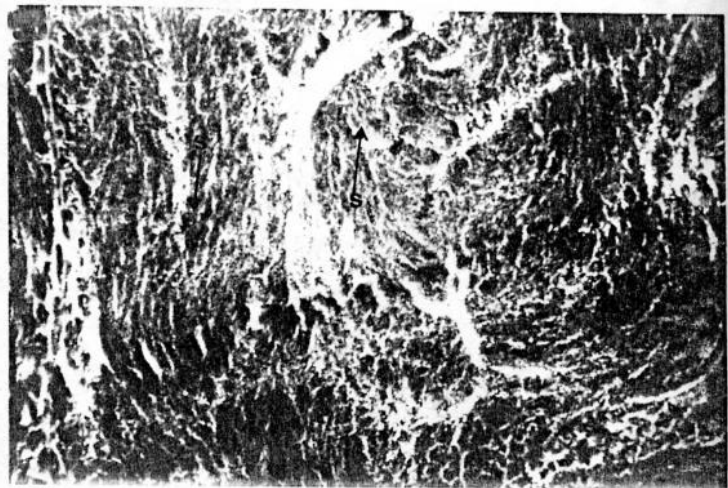
2



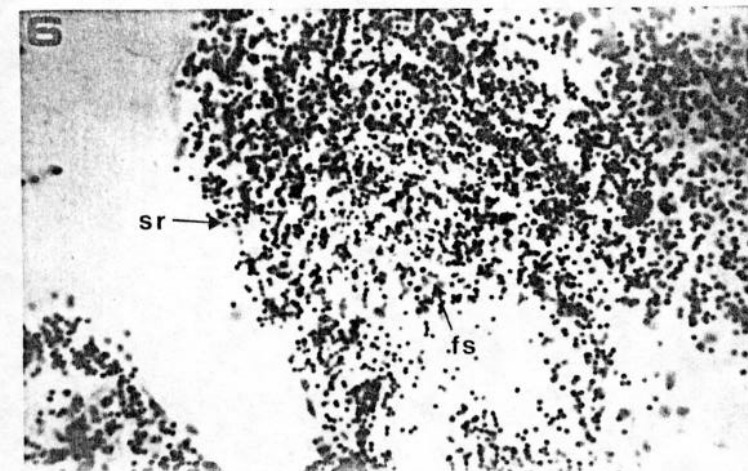
3



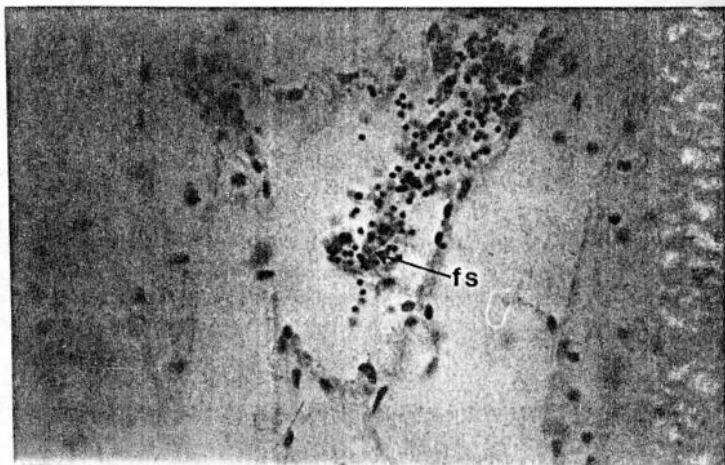
4



5



6



7

FOTO 2: Estadío de **Indiferenciación** sexual en *Pinctada mazatlanica* (40x), donde se observa únicamente tejido conjuntivo (tc) en desarrollo.

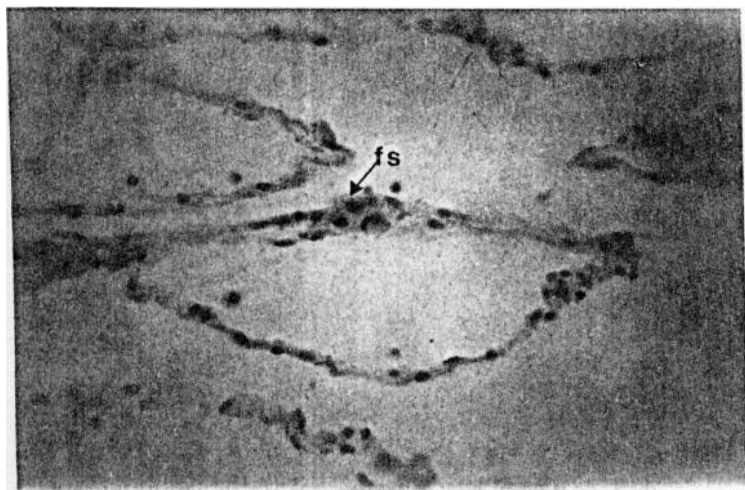
FOTO 3: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadío de Gametogénesis (10x). Se muestran los **túbulos** seminíferos (ts) en desarrollo, en los que predominan casi exclusivamente espermatogonias (sg) en la periferia de éstos.

FOTO 4: Hembra de *Pinctada mazatlanica* en estadío de Gametogénesis (10x). Se pueden apreciar los ovocitos (ov) en etapa de maduración, ya que la mayoría de ellos no presentan **nucleolo**.

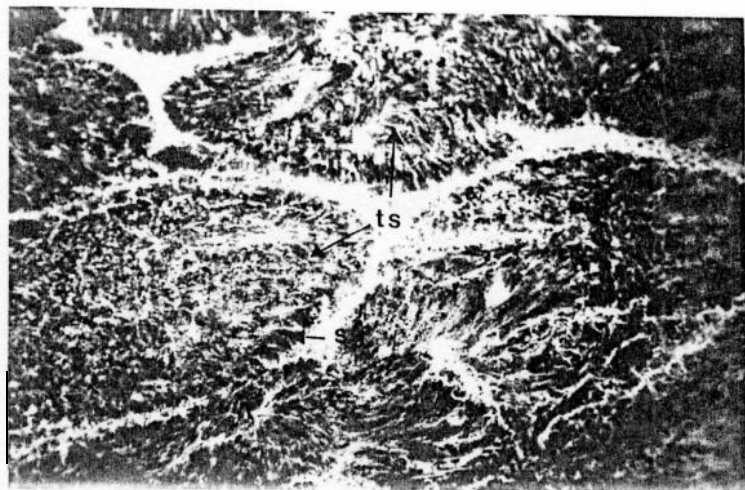
FOTO 5: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadío de Madurez (40x), señalando la abundancia de espermatozoides (s) en el lumen del **túbulo** seminífero.

FOTO 6: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadío de Desove (10x). Se observan los **túbulos** semivacios, conteniendo en su interior espermatozoides residuales (**sr**) y algunos fagocitos (fs).

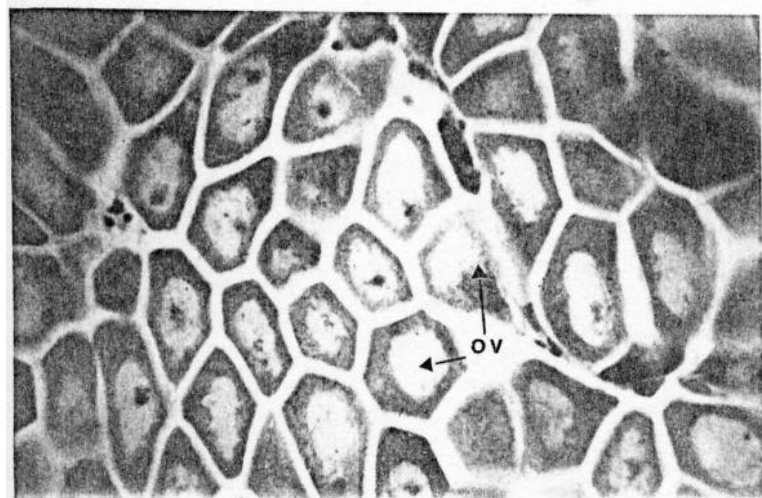
FOTO 7: Macho de *Pinctada mazatlanica* en estadío de Postdesove (40x), indicando la presencia de fagocitos (fs) en **proliferación**



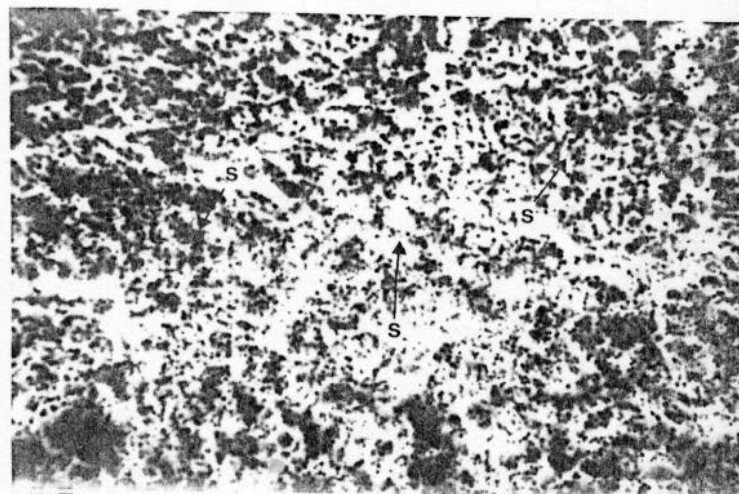
8



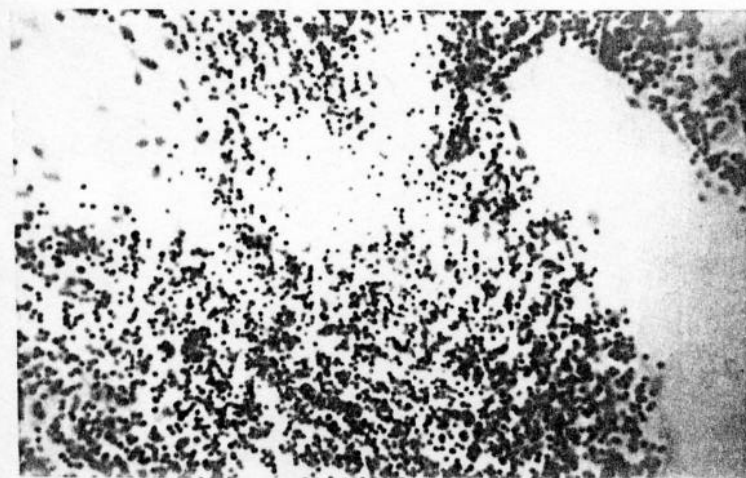
9



10



11



12



13

FOTO 8: Estadío de **Indiferenciación** sexual en *Pteria sterna* (40x), donde se muestra la presencia de un grupo de fagocitos (**fs**) en actividad.

FOTO 9: Macho de *Pteria sterna* en estadío de Gametogénesis (40x). Se observa la individualidad de los **túbulos** seminíferos (ts), que presentan en **su periferia** espermatogonias (sg) en proliferación.

FOTO 10: Hembra de *Pteria sterna* en estadío de Madurez (40x). Se pueden apreciar los ovocitos (ov) maduros, ya que presentan vitelo y **nucleolo**.

FOTO 11: Macho de *Pteria sterna* en estadío de Madurez (40x), en donde se muestra un **túbulo** seminífero con una gran abundancia de espermatozoides (s) en proliferación.

FOTO 12: Macho de *Pteria sterna* en estadío de Desove (40x). El **túbulo** se aprecia semivacio, con espermatozoides residuales (**sr**) en su interior y actividad fagocítica (fs).

FOTO 13: Hembra de *Pteria sterna* en estadío de Postdesove (10x), señalando la presencia de ovocitos residuales (**or**). **No se** aprecia actividad fagocítica.

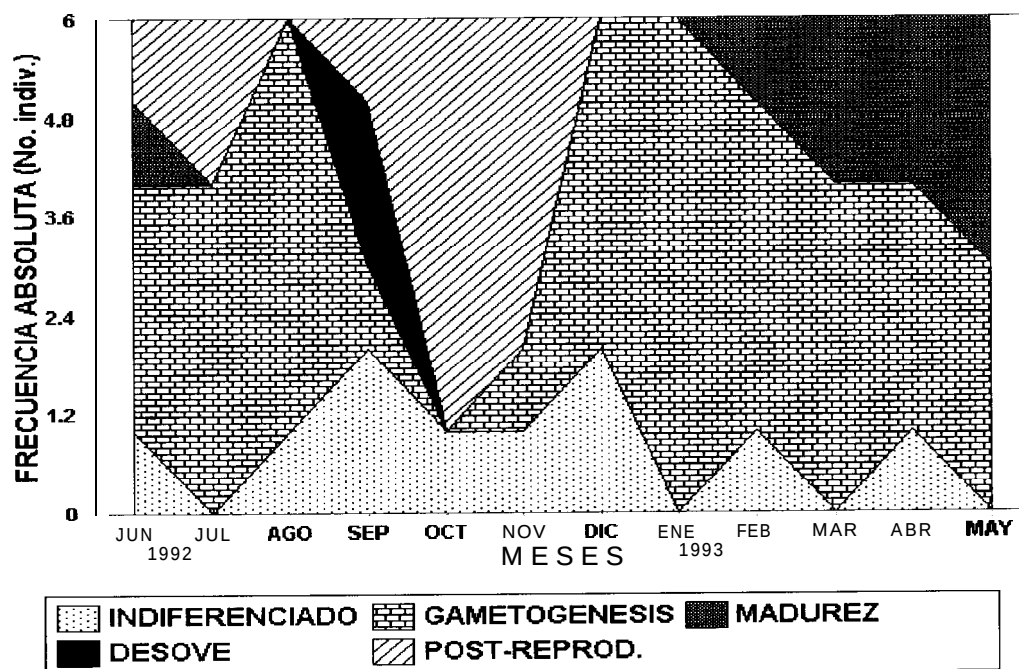


FIG. 26: Ciclo reproductivo anual de *Pinctada mazatlanica*.

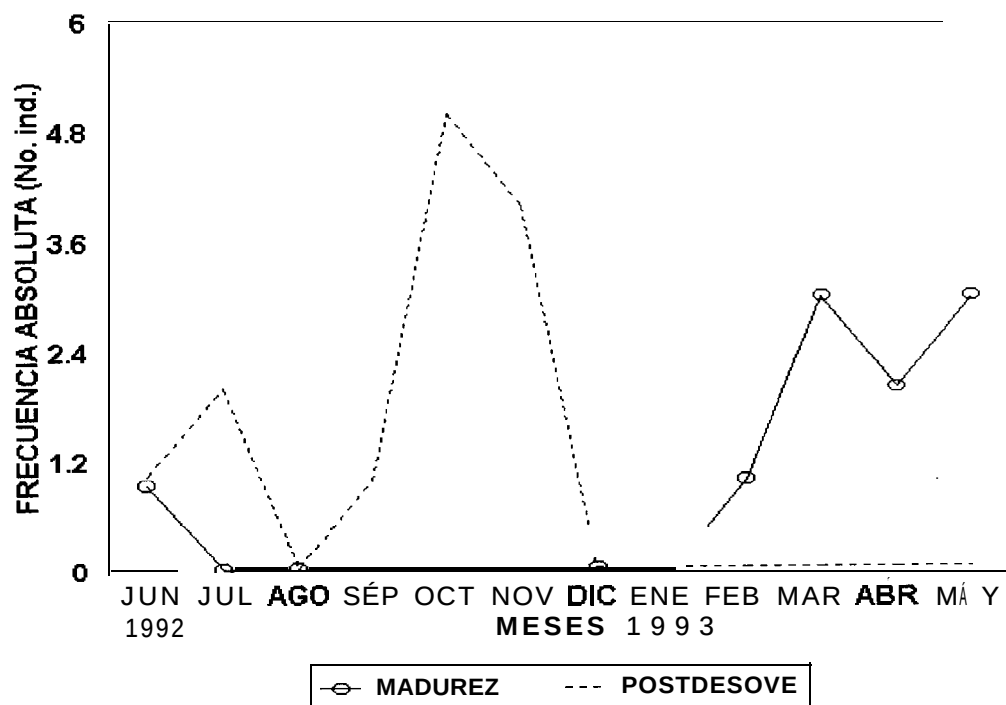


FIG. 27: Indicadores anuales de la actividad reproductiva (Madurez y Desove en *Pinctada mazatlanica*.

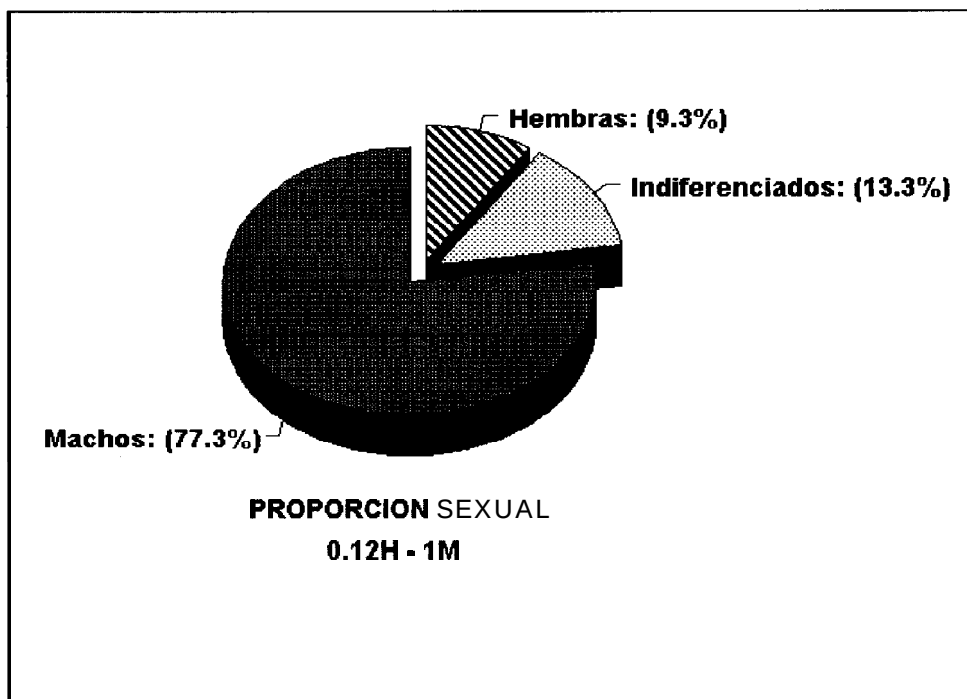


FIG. 28: Proporción sexual anual de *Pinctada mazatlanica*.

Por otro lado, se calculó también la proporción sexual con relación a la talla de los organismos (manejada con base en la altura de la concha) (Fig. 29). Los resultados obtenidos demuestran claramente que los organismos se comportan como hermafroditas **protándricos**; los machos dominaron nuevamente el espectro de tallas, ya que se observaron desde los 40 hasta los 150 mm de altura de la concha (con cierta abundancia hasta los 130 mm). Contrariamente, no hubo registro de hembras en tallas menores a los 100 mm de altura; éstas se presentaron a partir de dicha talla, aunque siempre en frecuencias bajas. Los organismos indiferenciados abarcaron un intervalo de tallas desde los 40 hasta los 73 mm de altura de la concha.

Finalmente, la Figura 30 presenta la proporción sexual de los organismos con respecto al tiempo. Los machos aparecen durante todo el **año**, aunque en mayor proporción durante los meses de enero, marzo y mayo, que es cuando se observaron las etapas de gametogénesis y madurez, por lo que se entiende el incremento en el número de organismos en esos meses. Las hembras, por otro lado, se presentan únicamente durante los meses de máxima actividad reproductiva, concretamente de **junio** a agosto de 1992, y de febrero a mayo de 1993; nuevamente su frecuencia de aparición fue baja.

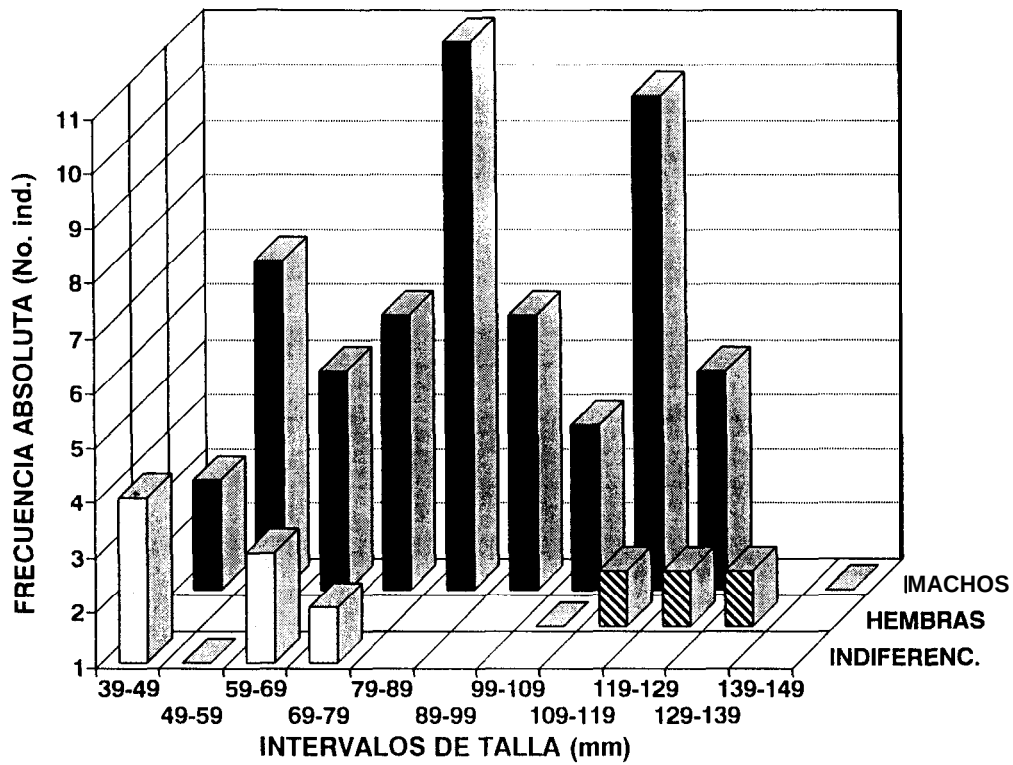


FIG. 29: Variación de la proporción sexual con relación a la edad/talla de los organismos en *Pinctada mazatlanica*.

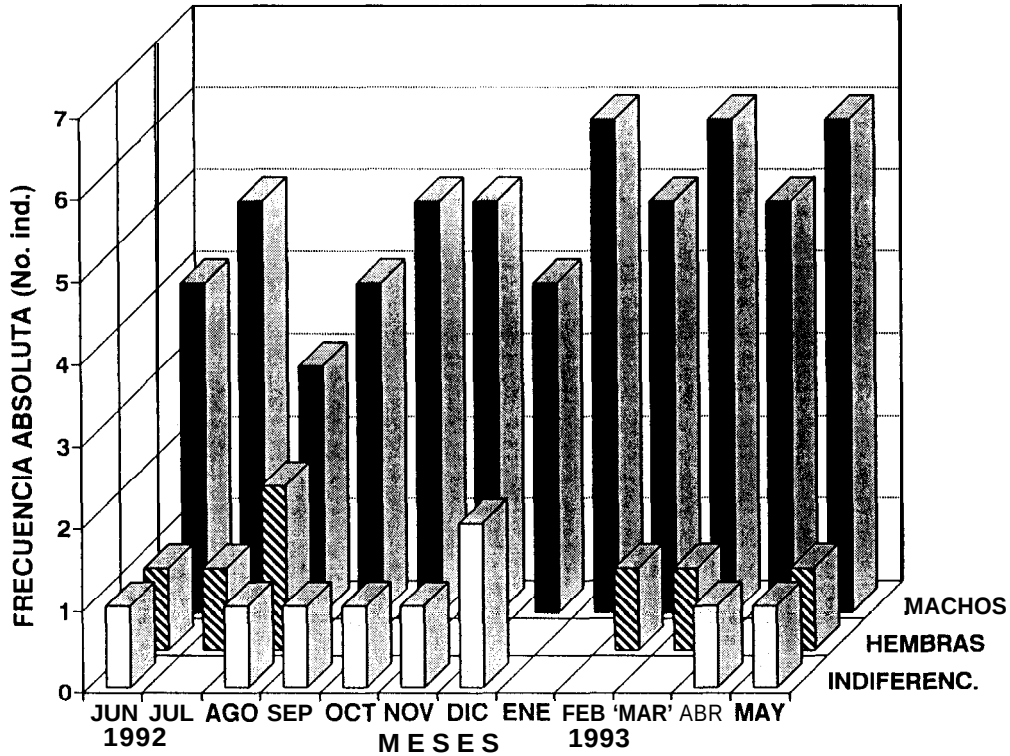


FIG. 30: Variación temporal (anual) de la proporción sexual en *Pinctada mazatlanica*.

El resto del año, en el que no se observaron hembras, es precisamente cuando se da un aumento en el número de organismos indiferenciados.

6.3.1.3. **Índice gonadosomático:** suponiendo una distribución normal en los valores del índice, se aplicó una prueba de bondad de ajuste o χ^2 para comprobar lo anterior. Esta demostró la existencia de normalidad en los datos ($\chi^2 c = 4.82 < \chi^2 t = 11.07; \alpha = 0.05$), por lo que no fue necesario realizar ninguna transformación para obtenerla.

El índice gonadosomático parece ser un buen indicador de la actividad reproductiva de los animales, ya que los valores más altos en los índices se registraron durante los meses de mayor actividad reproductiva y los valores más bajos coincidieron con los meses de reposo. Así pues, para julio de 1992 y mayo de 1993, en donde se observó un mayor número de organismos maduros, los valores de los índices fueron 13.31 y 12.21 respectivamente. Al contrario, en septiembre, noviembre y diciembre de 1992, los índices bajaron hasta 7.64, 8.48 y 8.52 respectivamente. En septiembre, el valor más bajo registrado, coincide con el desove (Fig. 3 1).

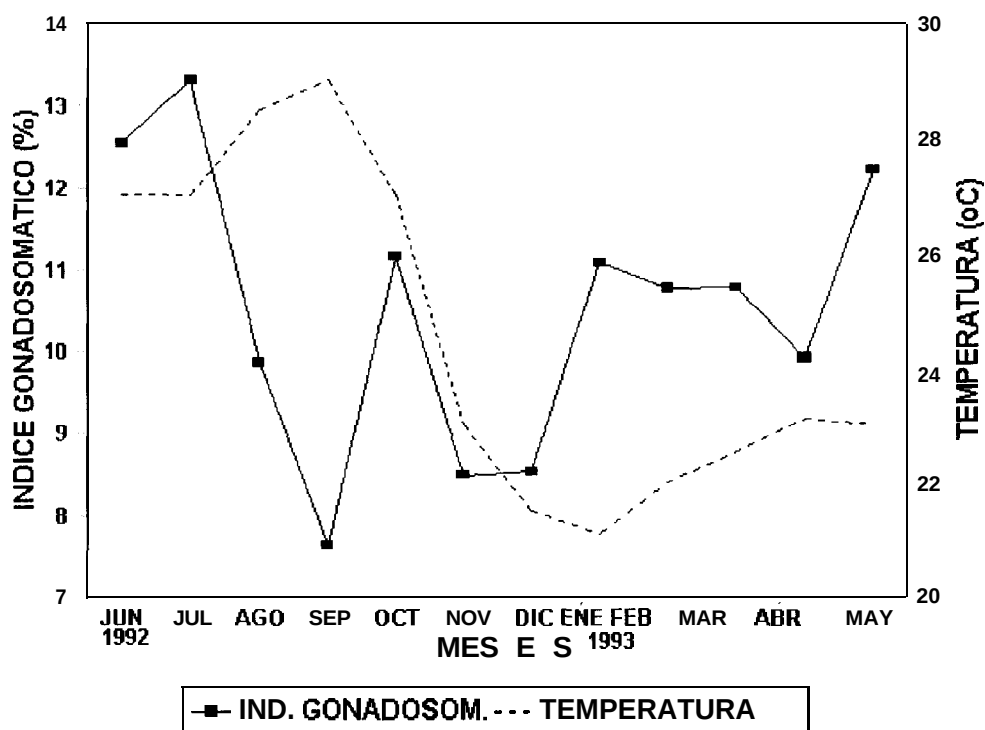


FIG. 3 1: Variación temporal (anual) del índice gonadosomático y su relación con la temperatura de fondo del agua en *Pinctada mazatlanica*.

En la misma figura se aprecia la relación del **índice** gonadosomático con la temperatura de fondo del agua (Sm); ésta es directamente proporcional, siendo lo importante de resaltar en dicha relación que el valor más alto en la temperatura del agua (29°C), coincide con el desove masivo que se presentó en el mes de septiembre.

Para establecer con mayor claridad el grado de variación del **índice** gonadosomático a lo largo del año, se construyó una gráfica de Caja con Bigotes (Box & Whisker) para explicar, además del comportamiento de la mitad de los datos (dentro de la caja), la dispersión del restante 50% (a través de los bigotes) y los valores extremos (Fig. 32).

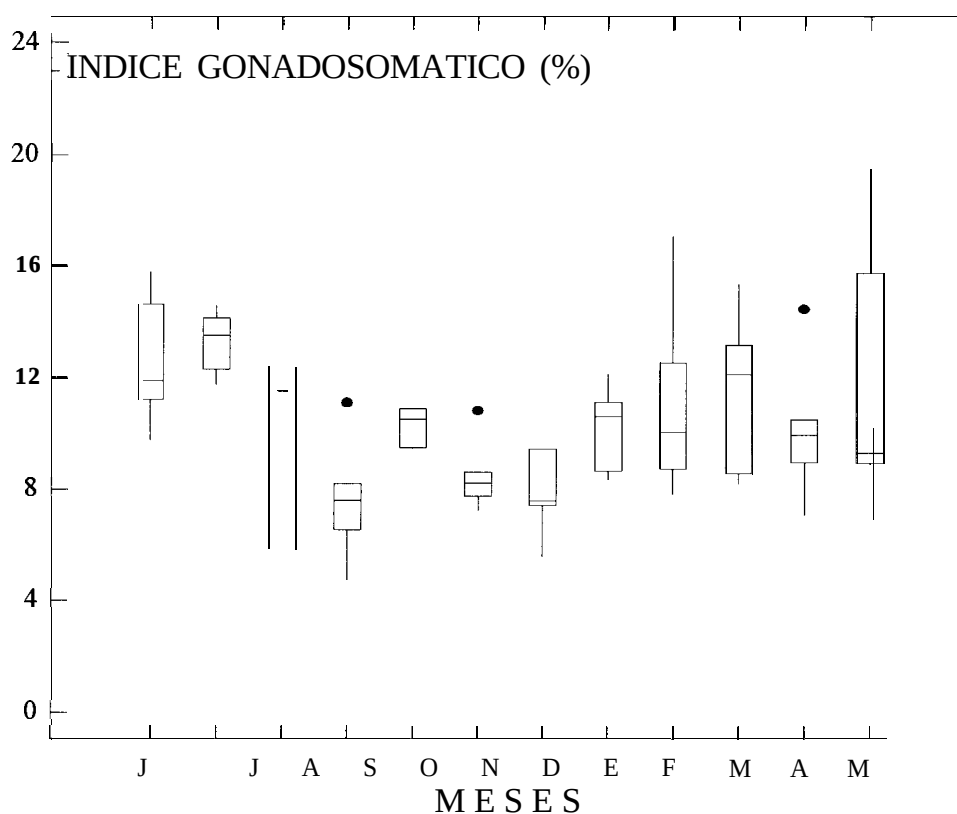


FIG. 32: Análisis exploratorio de Caja con Bigotes en *Pinctada mazatlanica* para mostrar la homogeneidad de valores del **índice** gonadosomático (Caja) y la presencia de valores extremos (Puntos).

De ella se deduce que durante los meses de inactividad reproductiva (de septiembre a diciembre), los **índices** oscilaron en un intervalo de valores muy pequeño; además, existió muy poca dispersión en los mismos, con una tendencia marcada hacia los valores bajos. Finalmente, se observaron **índices** extremos cuyos valores fueron muy altos. Al contrario,

durante los meses de máxima actividad reproductiva (febrero, marzo y principalmente en mayo), se registró una gran dispersión en los **índices** gonadosomáticos, ahora con una tendencia hacia los valores altos.

6.3.2. CONCHA NACAR: Al igual que la madreperla, la gametogénesis en esta especie se presentó como **un** proceso continuo a lo largo de todo el ciclo anual.

6.3.2.1. Ciclo reproductivo: En términos de ocurrencia en el tiempo, la concha nácar presenta un ciclo reproductivo-diferente al de la madreperla, ya que mientras esta última se reproduce durante los meses cálidos (primavera-verano), la primera lo hace en los invernales (noviembre-febrero básicamente).

Ahora bien, conviene señalar que con respecto a la descripción anatómica de la gónada de *P. sterna*, las características histológicas de los diferentes estadios fue prácticamente la misma a la observada para el caso de *P. mazatlanica* (Fotos 8, 9, 10, 11, 12 y 13).

El ciclo reproductivo de la concha nácar se muestra en la Figura 33; en ella se observa que durante junio-julio de 1992 existe actividad reproductiva incipiente, **acompañada** de **un** pequeño número de organismos en postdesove. Sin embargo, la mayor proporción de la muestra se encontró en etapa de indiferenciación sexual, misma que se extendió a lo largo de prácticamente todo el año, hasta el mes de noviembre. Por otro lado, la gametogénesis se registró, como un proceso continuo, de septiembre de 1992 hasta marzo del siguiente año, aunque algunos organismos comenzaron a madurar desde noviembre, alcanzando su frecuencia más alta entre diciembre de 1992 y enero de 1993. El desove ocurrió en el mes de febrero; después de éste, la etapa post-reproductiva abarcó el final de febrero y marzo. Finalmente, un nuevo ciclo gametogénico corto, incluyendo madurez y desove, tuvo lugar durante los meses de abril y mayo de 1993.

La Figura 34 refleja el comportamiento y las variaciones anuales de la actividad reproductiva a través de las etapas de madurez y postdesove como indicadores opuestos en tiempo. En ella se observan dos períodos de reposo sexual; el primero entre julio y agosto de 1992, y el segundo de enero a abril de 1993. Contrariamente, se registró un sólo período de madurez de marzo a mayo del mismo año.

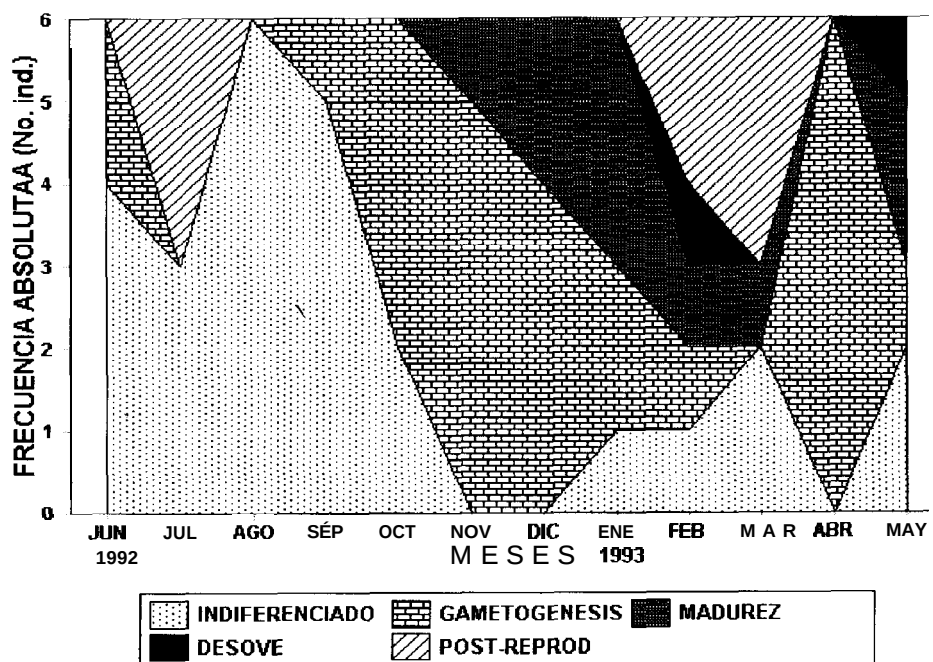


FIG. 33 : Ciclo reproductivo anual de *Pteria sterna*.

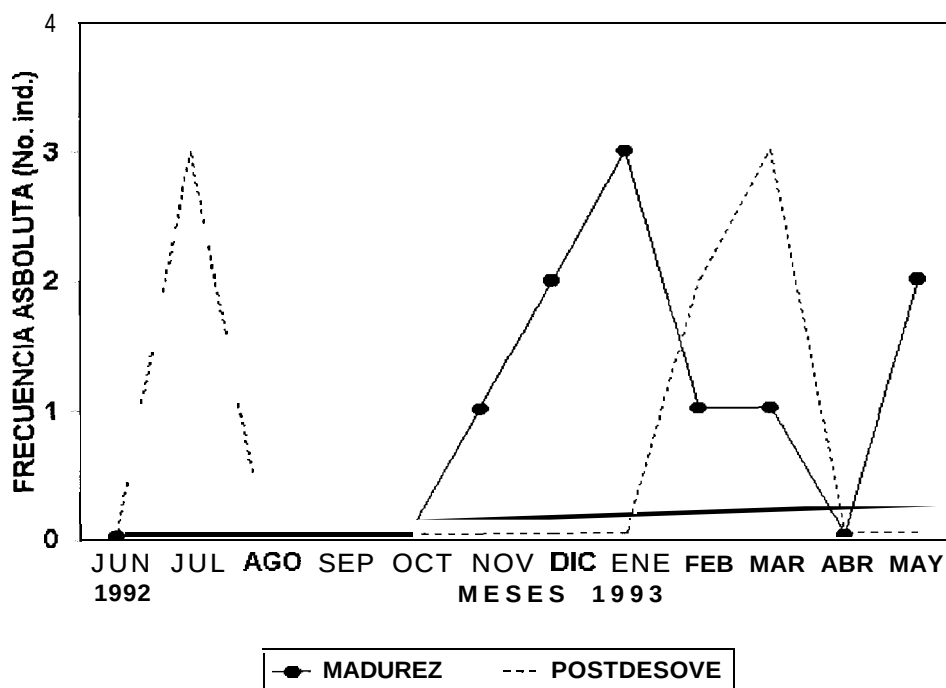


FIG. 34: Indicadores de la actividad reproductiva anual (Madurez y Desove en *Pteria sterna*).

6.3.2.2. Proporción sexual: De manera similar a lo ocurrido con la madreperla, la proporción sexual en esta especie estuvo sesgada hacia los machos, con un 48% de la muestra total analizada. El restante 52% estuvo repartido de la siguiente manera: un 18.7% correspondió a hembras y el otro 33.3% a organismos indiferenciados (Fig. 3 5). La proporción sexual hembra-macho fue: 0.38: 1.

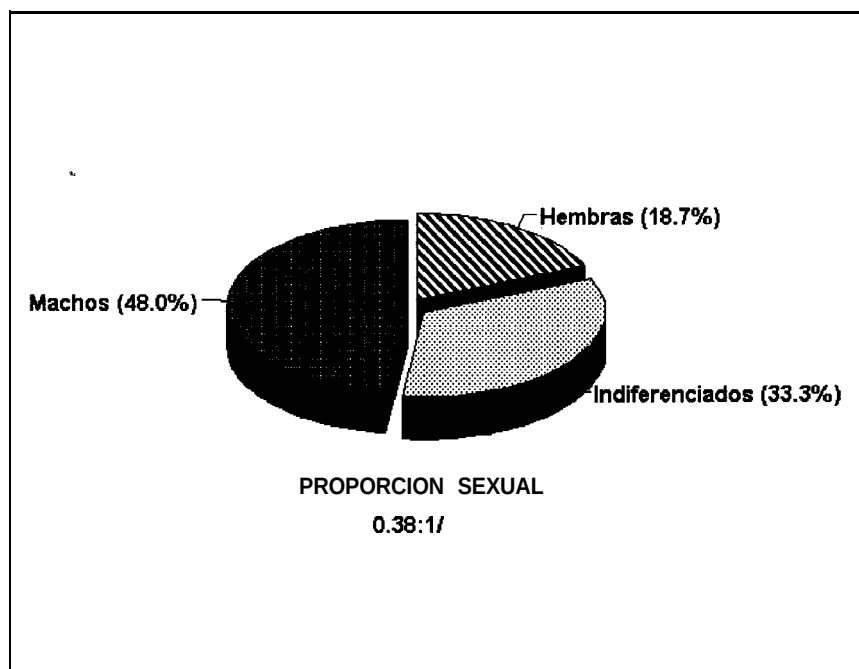


FIG. 35 : Proporción sexual anual de *Pteria sterna*.

La proporción sexual analizada con respecto a la talla se presenta **graficada** en la Figura 36. Los machos aparecen a lo largo de todo el intervalo de tallas, desde los 41.7 hasta los 83.5 mm de **altura** de la concha, aunque su mayor frecuencia se registró entre los 55 y 60 mm. Las hembras estuvieron ausentes entre los 40 y 50 mm de altura, y se observaron a partir de dicha talla, con una mayor proporción entre los 60 y 65 mm. Finalmente, los organismos indiferenciados se presentaron en todos los intervalos de talla (salvo para el de 50-55 mm).

A pesar de lo anterior, no existe evidencia suficiente para afirmar que los organismos de esta especie se comporten como hermafroditas **protándricos**. Mas aun, el hecho de que no se registraran hembras en los dos primeros intervalos de talla podría haber sido un evento meramente fortuito.

La variación temporal de la proporción sexual demuestra nuevamente, que los machos aparecen a lo largo de todo el año, aunque en mayor proporción de enero a mayo de 1993 (Fig. 37). En términos del ciclo reproductivo, esto coincide con la presencia de la etapa de máxima actividad reproductiva de los organismos. Paralelamente, las hembras se encuentran ausentes entre junio y agosto y aparecen a partir de esta fecha en adelante, siendo noviembre el mes con mayor frecuencia de ocurrencia.

6.3.2.3. **Índice** gonadosomático: Mediante una prueba de bondad de ajuste de X^2 se encontró que los datos se ajustaban a una distribución normal ($X^2_c = 7.69 < X^2_t = 12.59$; $\alpha = 0.05$), por lo que no fue necesario realizar ningún ajuste para obtener dicha normalidad.

En la Figura 38 se presenta la variación temporal del **índice** gonadosomático durante el ciclo anual; éste parece describir adecuadamente el comportamiento de la actividad reproductiva, ya que los tres picos más altos que se observan en la gráfica coinciden con **períodos** de madurez sexual (junio-julio y diciembre de 1992 y abril de 1993). Al contrario, los valores más bajos del **índice** se observaron en **períodos** donde se presentó un gran número de organismos indiferenciados (septiembre de 1992) y durante los desoves (febrero-marzo y mayo de 1993).

La relación entre el **índice** gonadosomático y la temperatura de fondo del agua (T_m) fue inversamente proporcional; cuando la temperatura alcanzó el valor más alto (29°C en septiembre), el **índice** fue el más bajo de todo el año. En enero se registró la temperatura más baja (21.5°C), siendo el valor del **índice** el más elevado del año (15.35).

La gráfica de Caja con Bigotes entre el **índice** gonadosomático y el tiempo (Fig. 39) demuestra que existen muchos valores extremos más allá de la dispersión normal del 50% de los bigotes, tanto hacia valores altos (en agosto de 1992 y enero, febrero y abril de 1993) como bajos (en junio de 1992 y febrero de 1993). Estos parecen influir notoriamente en el comportamiento del **índice**. Sin embargo, no fue posible eliminarlos del análisis debido al tamaño de muestra tan pequeño que se manejó.

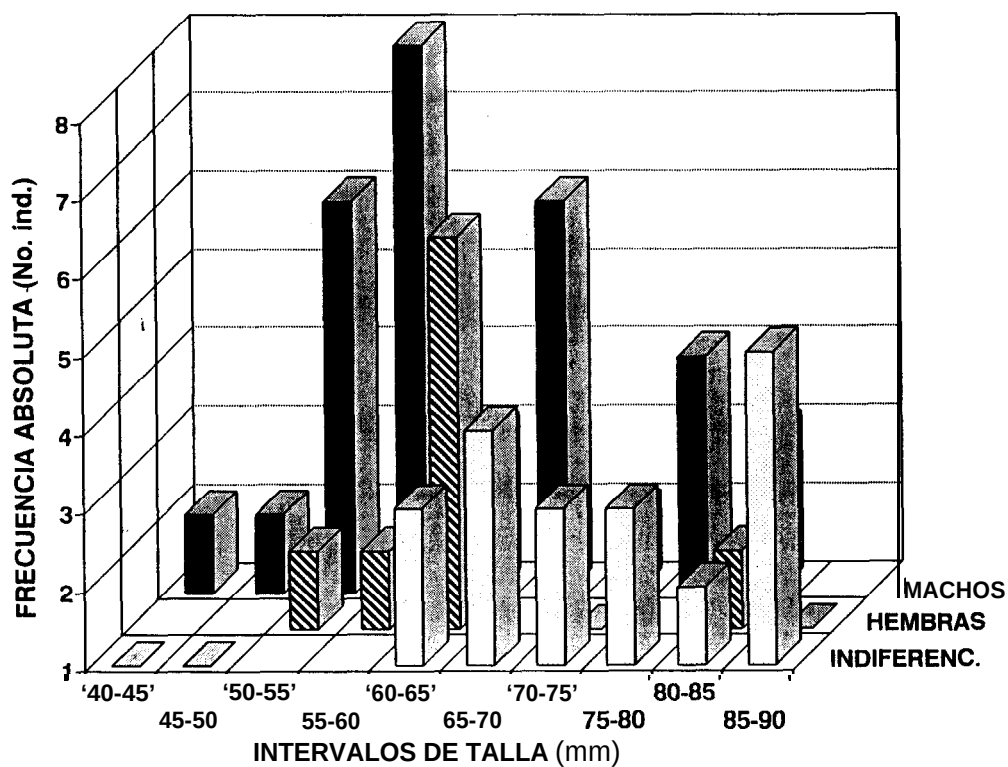


FIG. 36: Variación de la proporción sexual con relación a la edad/talla de los organismos en *Pteria sterna*.

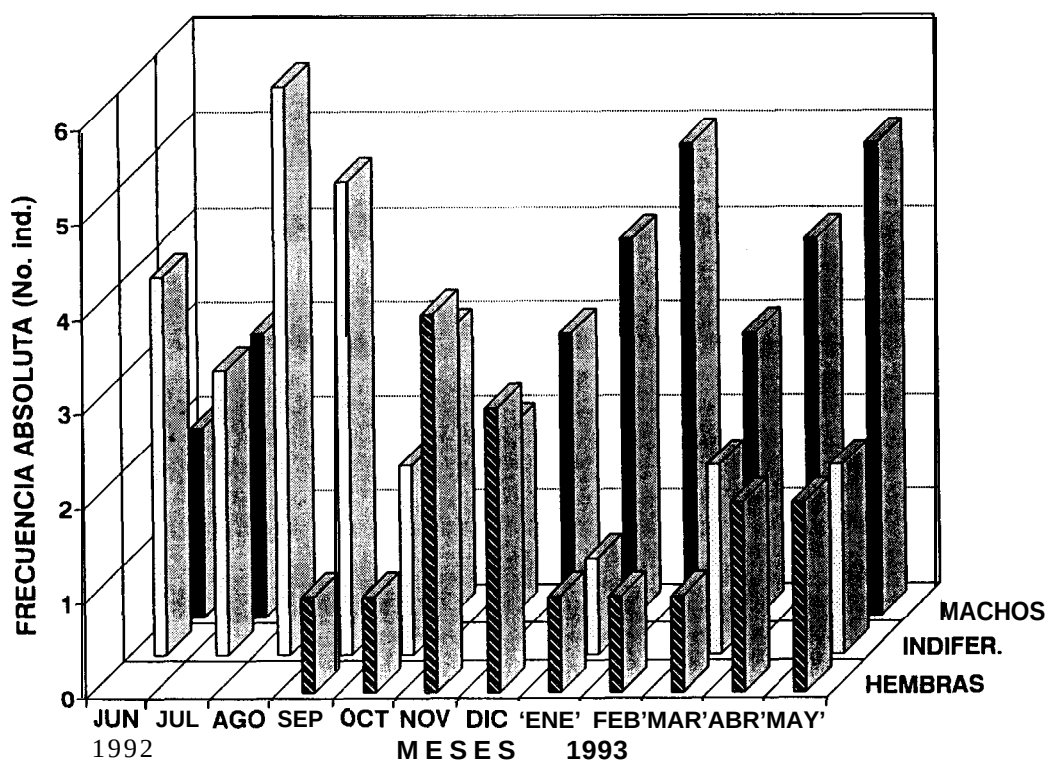


FIG. 37: Variación temporal (anual) de la proporción sexual en *Pteria sterna*.

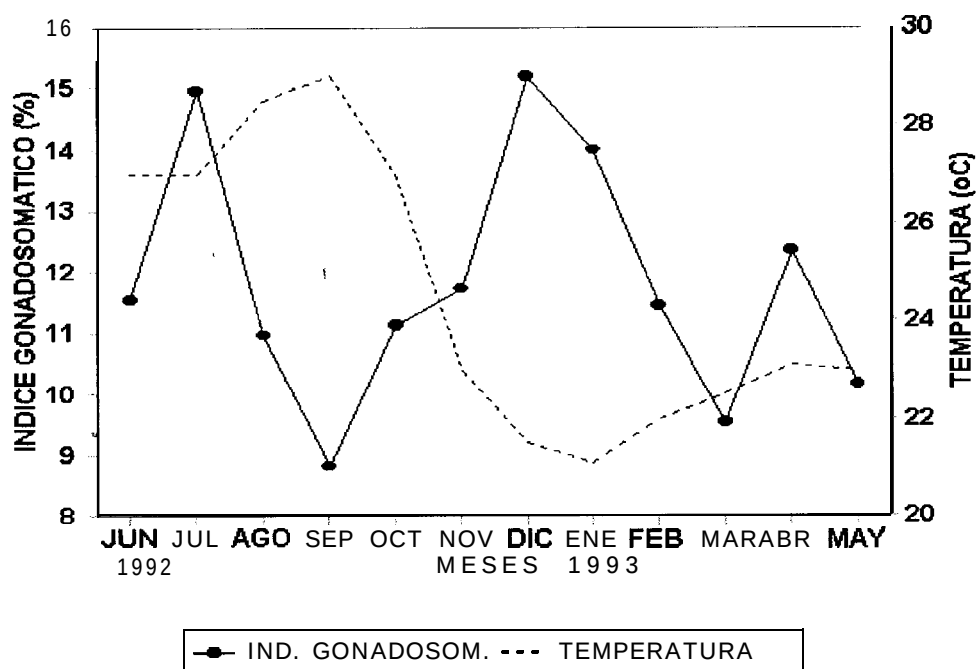


FIG. 38: Variación temporal (anual) del **índice** gonadosomático y su relación con la temperatura de fondo del agua en *Pteria sterna*.

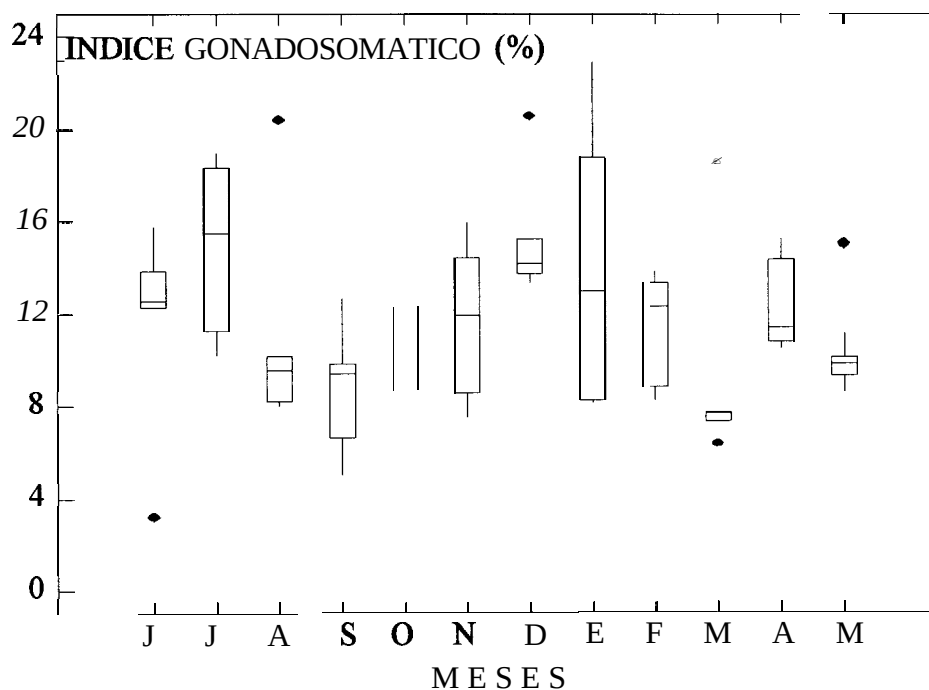


FIG. 39: Análisis exploratorio de Caja con Bigotes en *Pteria sterna* para mostrar la homogeneidad de valores del **índice** gonadosomático (Caja) y la presencia de valores extremos (Puntos).

7. ANALISIS:

7.1. Crecimiento:

Es importante recalcar el hecho de que en el presente trabajo ambas especies fueron mantenidas bajo condiciones de repoblamiento y el estudio del crecimiento se efectuó *in situ*. Desde el punto de vista ecológico, ésto es importante si se considera que un habitat, cualquiera que éste sea, ofrece a los organismos que viven en él, una serie de condiciones ambientales limitadas en tiempo y espacio, que imponen, además del tipo de crecimiento de éstos, la talla máxima que pueden alcanzar en un tiempo determinado. Más allá de dicha talla, el crecimiento se desarrolla de manera sumamente lenta, hasta que se alcanza la **asíntota** impuesta por dichas condiciones ambientales (Seed, 1968, 1980).

Seed (1980) también plantea que una vez alcanzada la talla máxima impuesta por un régimen ambiental determinado, si los organismos son trasplantados a lugares donde existan condiciones más favorables, responderán presentando un nuevo período de crecimiento, que estará regido por una nueva serie de características ambientales.

Lo anterior lleva a suponer que el tipo de crecimiento y la talla máxima que alcanzaron los organismos en las células de repoblamiento al cabo de un año de estudio, pudiera ser diferente al que se pudiera observar en la población natural en el mismo tiempo.' Factores ambientales característicos del repoblamiento, **tales** como el tipo de **sustrato** manejado (en este caso rajuela, una roca basáltica típica de la región), la cantidad de luz recibida, la disponibilidad de alimento y principalmente la densidad poblacional a la que fueron mantenidos los organismos dentro de las células, influenciaron seguramente el tipo de crecimiento y la talla que alcanzaron los mismos al término del **experimento**.

Observaciones similares a éstas coinciden con lo descrito por Wilbur y Owen (1964), Hallam (1965), Rhoads y Pannella (1970) y Seed (1976) con otras especies de bivalvos mantenidas bajo condiciones similares a las del presente estudio.

Otra serie de características **bióticas** y **abióticas** que se sabe son importantes reguladores del crecimiento (en talla o peso) de una población de bivalvos, son las variaciones estacionales de la temperatura del agua, luz y alimento, el ciclo reproductivo de los organismos y los patrones de almacenamiento y utilización de la energía disponible (Gabbott, 1976; Seed, 1980; Barber y Blake, 1981).

Durante el presente experimento se trató de mantener controlados algunos de los factores que, como los mencionados anteriormente, pudiesen haber afectado el crecimiento de las especies. Así pues, se piensa que la cantidad de luz y alimento que recibieron los organismos en las células de repoblamiento fue prácticamente la misma que hubiesen recibido los organismos silvestres. Esto debido a que su **luz** de malla de 1.5 cm² de las mismas favorecía una excelente comunicación con el medio externo y una adecuada iluminación hacia el interior.

Además se cuidó de limpiar las células con bastante periodicidad, en especial durante el verano, que **es cuando** se da una proliferación de ciertas especies de macroalgas que al crecer en el interior de las células, impiden el paso de la luz y el alimento a los organismos. Al respecto, la rodofita *Spyridia filamentosa* fue eliminada constantemente de las canastas.

Por otro lado, no se piensa que la temperatura del agua haya podido influenciar el crecimiento de los organismos, debido a que no se registró a lo largo del estudio, ninguna variación que pudiese considerarse fuera del intervalo de tolerancia reportado para las especies, que es de 18-32°C aproximadamente, tanto para *P. mazatlanica* como para *P. sterna* (Sevilla, 1969).

Los intervalos de temperatura óptimos para otras especies de ostras perleras no se encuentran muy alejados de los observados en este estudio. Así, para *P. maxima* y *P. margaritifera* es de 19-32°C (Gervis y Sims, 1992). Este dato es importante si se toma en cuenta que por mucho tiempo se consideró a *P. mazatlanica* como una subespecie de *P. margaritifera*, hasta que Ranson (1961) elevó a la primera al nivel específico, analizando biológicamente los caracteres diagnósticos del género *Pinctada*. Actualmente se considera a ambas, especies diferentes, pero emparentadas genéticamente (Jabbour, 1988).

Por otro lado, el intervalo de temperatura determinado para *P. fucata*, una especie de aguas templadas es de 10-25°C (Alagarswami, 1970) y para *P. martensii* de 17.5-29°C (Numaguchi y Tanaka, 1986b).

No se piensa tampoco que la densidad **poblacional** haya podido ser un factor limitante para el crecimiento de los organismos, ya que desde el inicio del experimento se manejó una densidad baja de 20 organismos por canasta, tratando con ello, de mantener

el espacio vital de los mismos. Al respecto, Monteforte *et al.* (1994) observaron un crecimiento rápido en *P. mazatlanica* durante los primeros 5 meses de la prengorda, a densidades de 25, 50 y 75 organismos por canasta nestier, con una tasa de incremento total de 18.02 a 18.62 mm de altura de la concha.

De cualquier manera, es **difícil** conocer el ó los factores que mayormente hayan podido afectar el crecimiento de los organismos de cualquiera de las dos especies. De hecho, es prácticamente imposible que alguno de éstos haya podido operar de manera independiente sobre los individuos, sino más bien en forma **conjunta**. Sin embargo, es importante mencionar que los factores ambientales, no sólo operan en forma general sobre una población, sino que afectan de manera particular a cada miembro de ésta. Ello explica por que organismos de la misma edad y talla, aun creciendo bajo condiciones ambientales iguales, presentaron tasas de crecimiento tan diferentes. @1 crecimiento, por ende, está parcialmente regulado por el medio ambiente y parcialmente determinado por el genotipo de los **organismos** (Murdock *et al.*, 1975; Newkirk *et al.*, 1977; Singh y Zouros, 1978 en Seed, 1980).

Un aspecto que debe tomarse en cuenta es el hecho de que durante el desarrollo del presente experimento, *P. sterna* representó una especie artificialmente introducida a El **Merito**, lugar donde normalmente sólo se encuentran bancos naturales de *P. mazatlanica*; la primera representa una especie sumamente rara de encontrar. Por lo mismo, las implicaciones biológicas y ecológicas que ésto conlleva en términos de adaptación a un nuevo habitat, sobrevivencia de la especie, crecimiento y reproducción, son muy importantes.

Si bien es cierto que los estudios de captación de semilla que se han llevado a cabo en los **últimos** años en la Bahía de La Paz (Cáceres-Martínez, *et al.*, 1992; Monteforte y García-Gasca, 1994; Monteforte *et al.*, 1994) han demostrado la existencia de **una** gran abundancia de larvas de *P. sterna* en el plancton de lugares como la Isla Espíritu Santo, Isla Gaviota y El **Merito**, entre otros, durante las colectas invernales, no ha sido posible encontrar bancos naturales de la especie en ninguna de las zonas mencionadas o cercanas a éstas. Ello debe implicar la existencia de **una** importante exclusión competitiva a nivel lar-vario con otras especies planctónicas, o de **una** gran depredación a nivel también **larvario y/o** juvenil.

Por lo mismo, bien podría considerarse a la concha nácar como una especie “ajena” al lugar, que no ha podido adaptarse a las condiciones oceanográficas impuestas por El Merito. Sin embargo, es importante mencionar que los organismos estudiados lograron desovar durante su época de reproducción. Ello, en la posición opuesta, significaría que la especie logró adaptarse a su nuevo habitat y particularmente a las condiciones de repoblamiento impuestas sobre los organismos (sustrato y profundidad específicos). Este es un punto en el que se requiere mayor investigación.

Por lo mismo, no se pueden comparar las tasas de crecimiento de *P. mazatlanica* y *P. sterna* en el tiempo. Aun perteneciendo ambas ostras perleras a la misma familia, son especies muy diferentes, especialmente en lo que se refiere al tamaño, siendo esta última mucho más pequeña que la primera. La talla máxima señalada para *P. mazatlanica* es de 180-200 mm de altura de la concha (Sevilla, 1969; Shirai y Sano, 1979; Martínez, 1983). Para el caso de *P. sterna* es de 120 mm (Shirai y Sano, 1979; Saucedo, 1991).

Además, Tranter (1959) demostró que especies más pequeñas de ostras perleras presentan tasas de crecimiento mayores. Por ejemplo, *P. fucata*, con un promedio de vida de únicamente cuatro años, alcanza los 90 mm de altura de la concha en un año, no obstante el crecimiento se reduce marcadamente a partir de dicha talla (Chellam, 1978). Algo similar podría ocurrir con *P. sterna*, una especie casi del mismo tamaño que *P. fucata*.

Otra razón que hace imposible comparar las tasas de crecimiento de ambas especies radica en el hecho de que sus edades y tallas de siembra fueron diferentes; 8 meses y 36.5 mm de altura de la concha (para el caso de la madreperla) y 17 meses y 42.8 mm de altura (en la concha nácar).

Por otro lado, Hallam (1965) y Seed (1976, 1980) plantean que las curvas de crecimiento generadas por los bivalvos suelen ser típicamente sigmoideas, en donde la fase inicial de crecimiento exponencial es seguida siempre por una fase asintótica conforme la edad se incrementa.

En el presente estudio ambas curvas mostraron una tendencia sigmoideal en su forma. Sin embargo, parece ser también que ambas especies habían superado ya la fase de crecimiento marcadamente exponencial, que no fue posible observar con claridad en ninguna de las curvas de crecimiento (salvo por una pequeña etapa de crecimiento muy

acelerado que se observó entre los 36 y los 44 mm de altura de la concha para el caso de la madreperla). Tampoco se aprecia bien delimitada la aparición de una fase asintótica, por lo que parece evidente que los organismos se encontraban justamente en la etapa intermedia de crecimiento.

Se observaron algunas diferencias importantes en el crecimiento con respecto a la relación entre la altura y longitud de la concha. En *P. mazatlanica*, por ejemplo, el crecimiento tendió a ser alométrico positivo (mayor crecimiento en longitud que en altura), mientras que en *P. sterna* fue isométrico en general, ya que ambas dimensiones tendieron a mantener casi las mismas proporciones hasta el final del estudio.

Sin embargo, la teoría se refiere al crecimiento en bivalvos como típicamente alométrico (Seed, 1976, 1980). A pesar de que en ninguno de los dos casos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la relación temporal entre ambas dimensiones, conviene aclarar también que la mayoría de los autores coinciden en señalar que la tendencia hacia la alometría se acentúa con la edad de los organismos. Entonces, considerando que en este estudio se manejaron juveniles y no adultos, se entenderá que quizá sea esa la razón por la que las diferencias no se hicieron tan evidentes en tal sentido.

Además, no se encontraron en la literatura antecedentes de estudios similares con alguna de estas especies que sirviera de punto de comparación o apoyo para esta parte del análisis.

Durante el seguimiento de las frecuencias modales, el programa ELEFAN permitió identificar, además de los componentes modales principales, las variaciones u oscilaciones estacionales en el crecimiento de los organismos, y obtener para éstas, un ajuste mediante un valor de R_n , considerado como una bondad de ajuste.

Así, en *P. mazatlanica* el histograma de frecuencia de tallas fue bimodal. Sin embargo, el ajuste tan bajo que se obtuvo ($R_n = 0.205$) refleja una de cuatro posibles causas: 1) la toma de datos fue inadecuada, 2) la población no creció de manera normal, 3) se presentaron variaciones estacionales muy marcadas en el crecimiento de los organismos, o 4) la muestra estuvo representada por organismos de tallas muy grandes (lo cual no fue el caso).

Con respecto al primer punto, debe mencionarse que es muy difícil realizar un seguimiento del crecimiento cuando éste es *in situ*, por lo problemático que representa el manejo de los organismos en el agua, y que dificulta tener siempre el mismo plano de medición. Influyen también las corrientes. Se piensa, sin embargo, que los datos lograron arrojar suficiente luz para lograr interpretar correctamente las tendencias principales en el crecimiento de los organismos. Aun así, en este punto podría existir algo de controversia.

Por otro lado, es improbable que la población haya crecido anormalmente, puesto que estuvo sometida siempre a las mismas condiciones ambientales y, adecuadas o no, fueron constantes todo el tiempo.

Considerando que el programa ELEFAN está diseñado para conocer las posibles oscilaciones estacionales que se presentan durante el crecimiento de los organismos (a partir de las bases del modelo de Von Bertalanffy), los valores obtenidos de $C = 0.3$ y $WP = 0.6$ indican cierta estacionalidad.

La amplitud de la oscilación en el crecimiento expresada en C denota la existencia de una diferencia del 30% en la temperatura del agua entre el invierno y el verano, en tanto que el valor de W representa una reducción del 40% en la tasa de crecimiento de los organismos entre ambas estaciones. Al respecto, los datos de campo generados en el presente estudio para la parte de parámetros fisicoquímicos revelaron una diferencia de 8 C entre el valor máximo de la temperatura del agua en verano (25 C) y el mínimo de invierno (21 C) que *a priori*, no parece tan marcada.

Sin embargo, la altura asintótica de $L_{\infty} = 119$ mm que calculó el programa para *P. mazatlanica*, está muy por debajo de los valores máximos que se han observado en la práctica para dichos organismos (que son de alrededor de 160-180 mm de altura) y de los reportados para la especie (Sevilla, 1969; Shirai y Sano, 1979; Martínez, 1983). Por ello, se piensa que los valores de los parámetros calculados por el ELEFAN no logran explicar satisfactoriamente el comportamiento de los organismos en el campo.

Para el caso de *P. sterna*, el ajuste obtenido fue superior al que se observó en *P. mazatlanica* ($R_n = 0.58$) y aunque no se puede considerar altamente significativo, describe con bastante precisión el desplazamiento del único componente modal que identificó el programa. Los valores de la amplitud de la oscilación $C = 0.3$ y del punto de invierno $WP = 0.5$ indican, casi de la misma manera que para la madreperla,

estacionalidad en el crecimiento de los organismos_ Sin embargo, el valor asintótico de $L_{\infty} = 100 \text{ mm}$ se aproxima mucho mejor a los máximos valores que han sido señalados para la especie (Shirai y Sano, 1979), así como observadas en la práctica.

Por otro lado, la L_{∞} , al igual que los otros dos parámetros de crecimiento del modelo de Von Bertalanffy (K y t_0), están basados en ecuaciones de tipo determinístico, que implican que el crecimiento de un organismo se detiene a una talla en particular. En los bivalvos, no obstante, ésto no sucede y Seed (1976, 1980) afirma que los organismos continúan creciendo el resto de sus vidas, aunque de manera muy lenta.

Lo anterior es importante si se considera que el modelo de Von Bertalanffy maneja longitudes asintóticas como premisa básica, es decir, de cese del crecimiento. Esto podría poner en tela de juicio la aplicación de ecuaciones de este tipo para explicar el crecimiento de una población de bivalvos, como la del presente estudio. Sin embargo, Seed (1980) plantea que una curva ajustada por medio del modelo de Von Bertalanffy es perfectamente válida para poblaciones de bivalvos y proporciona datos confiables sobre el crecimiento asintótico que los organismos presentan.

Los parámetros de crecimiento han sido pobremente estudiados para las especies del género *Pinctada*, por lo que no es posible establecer comparaciones entre ellos. Chellam (1987), por ejemplo, encontró los siguientes parámetros para la ostra perlera *P. fucata*: $L_{\infty} = 79.3 \pm 1 \text{ mm}$, $K = 0.0756$ y $t_0 = 0.44$ meses. Gervis y Sims (1992) por otro lado, señalaron una $L_{\infty} = 181.7 \text{ mm}$ y una $K = 0.353$ para *P. margaritjkra* cultivada en las Islas Cook.

Lo anterior es importante, ya que aunque *P. margaritjkra* es una especie que alcanza tallas mucho mayores que *P. mazatlanica*, los valores de L_{∞} señalados por Gervis y Simms (1992) para organismos cultivados no difieren mucho de los encontrados para la especie mexicana. Debe recordarse el punto al que se hizo alusión con anterioridad sobre el parentesco genético que existe entre ambas especies (Jabbour, 1988).

7.2. Relaciones alométricas:

El concepto de alometría que estudia la proporción de cambio o crecimiento entre dos partes del cuerpo de un animal, o entre una parte y el resto del mismo (Huxley y Teissier,

1936 en Seed, 1980), descansa en **un** principio geométrico básico establecido por la Ley Cúbica de Spencer, que postula que mientras el área del cuerpo de un organismo se incrementa al cuadrado de sus dimensiones lineales (altura o longitud), el volumen o peso lo hace al cubo (Galtsoff, 1931).

En la relación que describe este principio: $y = Ax^b$, el valor del exponente **b** ó coeficiente de crecimiento, que representa la tasa de crecimiento relativo de las dos partes del cuerpo, tiene importantes implicaciones biológicas y ecológicas. Seed (1980) afirma que valores de **b** iguales a la unidad (cuando la relación es lineal: altura-longitud por ejemplo) ó a 3 (cuando la relación es volumétrica: altura-peso) indican que el crecimiento es de tipo isométrico, mientras que valores de **b** mayores a la unidad implican un crecimiento más rápido de y con respecto a x (alometría positiva), y valores de **b** menores a la unidad denotan alometría negativa.

Partiendo de estas premisas, varios puntos interesantes se desprenden del estudio, particularmente al analizar las relaciones altura-longitud y altura-grueso. Para *P. mazatlanica*, fue evidente la existencia de un crecimiento de tipo alométrico. Sin embargo, fueron dos los cambios en la forma de la concha que se registraron en un intervalo de tallas comprendido entre los 9 y los 185 mm de altura de la concha; el primero de ellos fue positivo (crecimiento ligeramente mayor en longitud que en altura) y ocurrió en juveniles y adultos jóvenes de 50 a 120 mm de altura. Al contrario, el segundo cambio fue negativo, y ahora la altura creció notablemente mas rápido con relación a la longitud; ésto se observó en adultos cuya talla fue superior a los 125 mm de altura.

Los valores de los coeficientes de crecimiento así lo demuestran; para las tallas chicas, por ejemplo, $b = 1.05$ indicó isometría, en tanto que para las tallas medianas y grandes $b = 1.17$ y 0.49 denotó alometría positiva y negativa, respectivamente.

Galtsoff (193 1) encontró, para el caso de la ostra perlera de Hawaii *Pinctada* sp, resultados similares a los observados en el presente estudio, demostrando que organismos menores de 40 mm de talla, eran más largos que altos, pero que posterior a dicha talla, crecían más rápido en altura que en longitud. Sin embargo, el mismo autor no registró cambios significativamente importantes en la forma de la concha con relación al tiempo.

Alagarwami y Chellam (1977) también observaron un fenómeno de alometría negativa similar a éste en la ostra perlera *P. fucata*. Ellos encontraron que después de los

35 mm, los organismos crecieron mucho más en altura que en longitud, presentándose un cambio importante en la forma de la concha, de subcuadrada a oblonga.

En *P. sterna*, al contrario, no fue posible detectar un comportamiento particular en la relación entre las dos dimensiones de la concha que permitiese hablar sobre crecimiento alométrico, y por tanto, de alguna tendencia en el cambio de la forma de la concha. A pesar de que el valor del coeficiente de crecimiento, dado en $b = 0.88$ indicó la existencia de alometría negativa, la carencia de ajuste a un modelo lineal desmintió tal resultado. Incluso aun en el modelo multiplicativo, el ajuste puede considerarse bajo.

Se considera que la explicación a lo anterior descansa en el hecho de que la concha nácar es una especie que presenta una gran variación fenotípica en su concha. Por ello, es posible observar organismos de la misma edad y talla con conchas sumamente heterogéneas en su forma, pudiendo ser en algunos casos oblongas, en otras subcuadradas o simplemente, sin forma aparente. Esto es particularmente claro en el ala, estructura con una gran variación morfológica que puede presentar longitudes sumamente variables o estar prácticamente ausente en otros ejemplares. Se presenta en la Figura 40 un ejemplo de dicha variación en organismos de *P. sterna* de la misma edad y talla. Contrariamente, la madreperla es una especie que presenta bastante homogeneidad en la forma de su concha, tanto en juveniles como en adultos. Por ello, la dispersión de los datos sugiere la necesidad de contar con una muestra más representativa que pueda dar mayor validez al análisis.

En otros bivalvos, diversos autores han señalado la existencia de crecimiento diferencial en las partes del cuerpo, reflejado en cambios en la forma de la concha. En *Meretrix meretrix* (Hamai, 1938); en *Cardium edule* (Kristensen, 1957) y en *Meretrix casta* (Durve y Dharmaraj, 1969). En todos los casos, dichos cambios han sido atribuidos a la naturaleza del **sustrato** en que viven los organismos (arena generalmente) y por ello a los hábitos enterradores-excavadores que poseen.

Las ostras perleras, sin embargo, viven adheridas a las rocas, corales y otras estructuras duras, y los cambios en la forma de sus conchas no pueden asociarse a lo citado anteriormente. Seed (1980) piensa, mas bien, que son cambios naturales inherentes al crecimiento de las partes blandas del cuerpo de los animales. La explicación a esto podría deberse a que la mayoría de los intercambios entre los organismos y su medio ambiente ocurren a través de sus superficies corporales, y por ello deben mantener una

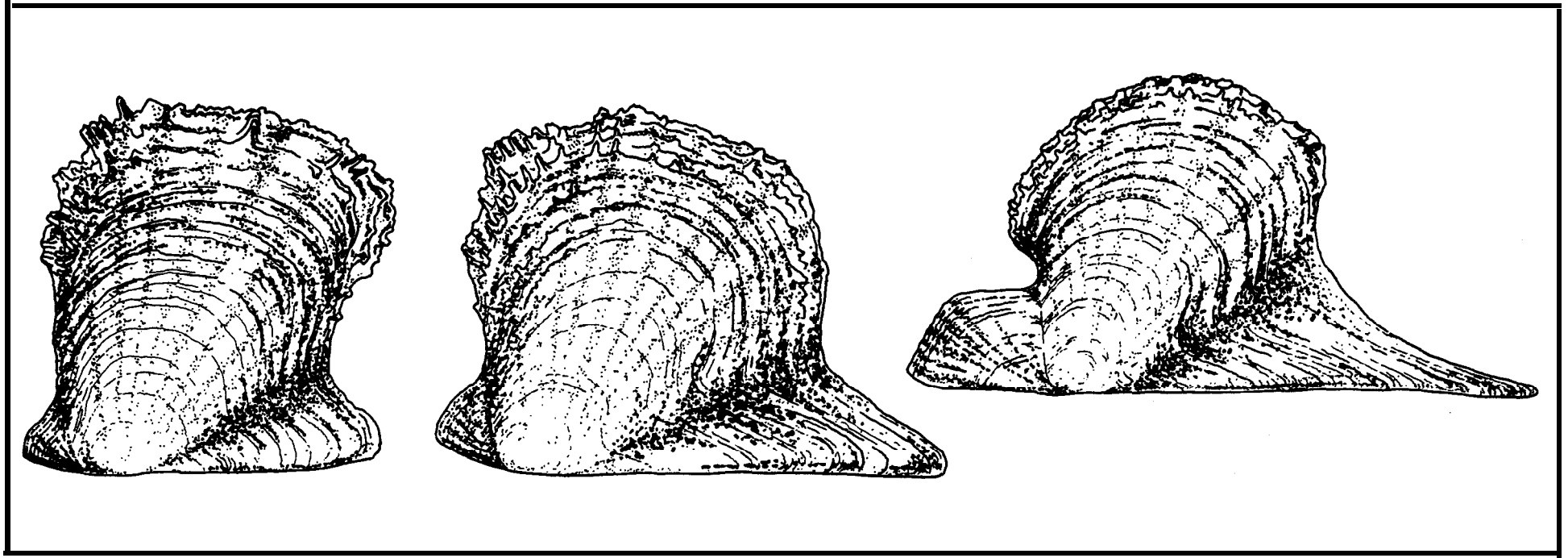


Fig.40 Diferentes formas de la concha en organismos de *Pteria sterna* de la misma edad y /o talla.

relación área-volumen siempre constante (como una necesidad adaptativa). Una forma de conservar constante dicha relación, es por medio de cambios graduales en la forma de sus conchas.

El incremento en grosor fue un proceso que se observó continuo a lo largo de todo el estudio y las proporciones de la relación altura-grosor no presentaron grandes variaciones en ninguna de las dos especies. Al parecer, la depositación de carbonato de calcio no guarda relación alguna con el tipo de crecimiento que presentan los organismos, sea isométrico o alométrico. Al respecto, Galtsoff (1931) plantea que el incremento en el grosor de la concha en la ostra *P. maxima* continúa, aun a pesar del cese del crecimiento en longitud y/o altura.

Alagarswami y Chellam (1977) postulan que, aunque existe un incremento absoluto en el grosor de la concha de la ostra perlera *P. fucata* a lo largo de su vida, el crecimiento relativo de dicha dimensión con relación a la altura tiende a disminuir en los adultos. Lo observado en *P. mazatlanica* en el presente estudio coincide con lo citado por Galtsoff (1931), no obstante, con relación a *P. sterna*, el incremento en el grosor de la concha parece tender a aumentar en los adultos, y no a disminuir como plantean los primeros autores.

Finalmente, podría decirse que el cambio en la forma de la concha de los organismos, dado por un crecimiento alométrico en las tallas mayores, afectó la relación altura-peso. Esto es claro en las tallas chicas, donde la tendencia isométrica se mantuvo más o menos constante durante el estudio ($b = 3.33$), por lo que la proporción entre ambas dimensiones no se vio alterada. Sin embargo, en las tallas medianas y grandes, los valores de los coeficientes de crecimiento indicaron el caso contrario ($b = 2.14$ y 2.69 respectivamente). Las correlaciones también comprobaron este hecho.

Estos resultados no coinciden con los observados por Galtsoff (1931) y Alagarswami y Chellam (1977), quienes obtuvieron valores de $b = 3.21$ y 3.04 , al estudiar el crecimiento de organismos de *P. maxima* y *P. fucata*, respectivamente, desde juveniles hasta adultos.

En ambos estudios, los autores plantean que el peso tiende a mantener una relación constante con la altura durante la vida de los organismos, a pesar de que exista un cambio en la forma de la concha. Alagaraja (1962) también estudió la relación altura-peso de

algunas ostras perleras de diferentes edades y encontró resultados similares a los del presente estudio, concluyendo que dicha relación es de una forma alométrica y sigue la Ley Cúbica de Spencer.

7.3. Reproducción:

Es necesario mencionar que el estudio del ciclo reproductivo de las dos especies se realizó a partir de un tamaño de muestra que para fines estadísticos es considerado pequeño (6 organismos mensuales de cada especie). Por lo mismo, los resultados obtenidos al respecto, si bien permiten conocer las tendencias y aspectos más importantes de la biología reproductiva de los organismos bajo condiciones de repoblamiento, no pueden ser considerados concluyentes y deben ser tomados con prudencia.

La explicación al bajo tamaño de muestra se debe a que se tuvo poca disponibilidad de organismos al inicio del experimento y como alternativa metodológica se tuvo que seleccionar entre dos posibles opciones: la primera implicaba incrementar el tamaño de muestra a un número estadísticamente representativo (30 organismos mensuales), no obstante ello representaría cubrir únicamente un ciclo reproductivo estacional en ambas especies. La segunda opción implicaba reducir el tamaño de muestra a un **número** bajo (como el que se maneja en el estudio), pero cubriendo ahora un ciclo reproductivo anual. Se seleccionó esta segunda opción, por considerarse que proporcionaba mucho mayor calidad de información.

A pesar de lo anterior, conviene señalar que la mayoría de los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los observados para otras especies de ostras perleras en el mundo. Por ejemplo, la gametogénesis se observó como un proceso continuo a lo largo de todo el año en ambas especies. Al respecto, Tranter (1958b, c, d, e) encontró un patrón continuo de gametogénesis en *P. maxima*, *P. albina* y *P. margaritifera*, respectivamente. Rose *et al.* (1990) también encontraron resultados similares en *P. maxima*. Sevilla (1969) también observó una gametogénesis continua en *P. mazatlanica*. Las evidencias histológicas analizadas indicaron la existencia de una producción permanente de gametos y además, la sobreposición de varias de las fases del ciclo reproductivo en el tiempo.

Sin embargo, Tranter (1958b, c, d, e) encontró diferencias en el patrón de reproducción de las tres especies. *P. maxima*, por ejemplo, se reproduce anualmente, con

desoves entre septiembre y abril. *P. albina* lo hace también anualmente, aunque con máximos entre abril y mayo. *P. margaritzjkra* presenta dos ciclos reproductivos; el primero de marzo a agosto y el segundo de septiembre a febrero.

A su vez, *P. fucata* se reproduce prácticamente durante todo el año en la India, no obstante los picos máximos de desove se encuentran asociados con el aumento y descenso de la temperatura del agua, y también con la presencia de los vientos monzónicos del suroeste y noreste, respectivamente (Appukuttan, 1987).

La reproducción en *P. mazatlanica* es anual, ocurriendo el desove en septiembre-octubre. Finalmente, en *P. sterna* se encontró un ciclo bimodal, con desoves en febrero y mayo, respectivamente.

Este patrón anual en la reproducción ha sido observado por Sastry (1980), Gendrop y Andrade (1989) y Villalejo-Fuerte (1992) para otros bivalvos y en general ha sido referido para organismos de aguas templadas que viven en zonas donde ocurren cambios estacionales marcados (Giese y Pearse, 1974). La tendencia hacia un desove bimodal también ha sido observada para el caso de muchos invertebrados marinos (Giese, 1959; Ropes y Stickney, 1965).

Por el análisis de tallas, se considera que en el presente estudio se manejaron juveniles y adultos jóvenes de las dos especies (especialmente en *P. mazatlanica*). En dicho intervalo de tallas, la proporción sexual estuvo sesgada hacia los machos (77.3% en la madreperla y 48% en la concha nácar), lo que significa que éste es el sexo funcional con el que los organismos comienzan su vida, cambiando a hembras a tallas mayores.

Ahora bien, se encontró una talla de maduración sexual de 39 mm de altura de la concha (8 meses de edad aproximadamente) para *P. mazatlanica* y de 40 mm de altura en *P. sterna* (12 meses de edad aproximadamente).

Al respecto, Rose *et al.* (1990) indican que los machos de *P. maxima* maduran a una talla de 10-120 mm de altura de la concha, en tanto que Crossland (1957) y Talavera y Faustino (1991, citados en Tranter, 1958a) señalan que la madurez total en *P. margaritzjkra* ocurre hasta el segundo año de vida. Tranter (1958a) indica que *P. albina* madura y desova a los cuatro meses de edad y *P. fucata* posiblemente desove

dos veces en el primer año. Finalmente, Chellam (1987) observó maduración y desove en *P. fucata* en condiciones de cultivo a los nueve meses de edad.

Las hembras en el presente estudio se observaron exclusivamente a tallas superiores a los 100 mm de altura de la concha (para el caso de *P. mazatlanica*) y de 55 mm (para el caso de *P. sterna*). Ello parece indicar (al menos para la primera especie) la existencia de hermafroditismo **protándrico**.

Este fenómeno parece ser común en el género *Pinctada* y ha sido **descrito** por Sevilla (1969) para *P. mazatlanica*, Wada (1953), Tranter (1958a) y Rose *et al.* (1990) para *P. maxima*, por Wada (1953) y Ojima y Maeki (1955b) para *P. martensii*, por Tranter (1958d) para *P. albina*, por Tranter (1958e) para *P. margaritifera*; todos ellos señalando que la proporción sexual 1: 1 se alcanza con el incremento en talla

Una proporción sexual 1: 1 fue propuesta por Rose *et al.* (1990) para *P. maxima* a una talla de 200 mm de **altura** de la concha. Para el caso de las especies mexicanas, la información generada de este estudio permite proponer un intervalo de tallas de reversión sexual de 1 OO-1 10 mm para *P. mazatlanica*. Con *P. sterna*, se considera que no existe evidencia suficiente para afirmar la existencia de **protándria**, debido a la baja frecuencia relativa que se maneja en el estudio. Sin embargo, se sugiere un intervalo de 50-55 mm de altura.

El hermafroditismo protándrico también se presenta en las Familias Ostreidae, Teredinidae y Pectinidae, y podría estar relacionado con lo que Tranter (1958b) llama un “débil mecanismo hereditario de determinación de sexo” en *P. albina*. De hecho, plantea que la fase sexual de las células germinales está determinado fisiológicamente por variaciones en los niveles de las reservas alimenticias en la sangre, de tal suerte que las células se diferenciaron en gametos femeninos cuando los niveles en sangre sean altos, y en masculinos cuando éstos sean bajos.

Recientemente, Vélez y Epifanio (1981) demostraron que el grado de diferenciación sexual en el mitílido *Perna perna* estaba positivamente correlacionado con la disponibilidad alimenticia, cuando la temperatura del agua era favorable.

Ahora bien, las evidencias histológicas analizadas aquí permiten sugerir que tanto *P. mazatlanica* como *P. sterna* podrían ser capaces de desovar en cualquier época del

ano. Esto se explica por la frecuencia de organismos que se observaron en etapas avanzadas de gametogénesis y madurez durante meses fuera de la temporada reproductiva. Particularmente en *P. sternu* se registraron por lo menos dos desoves a lo largo del ciclo anual (y posiblemente un tercero que no fue posible detectar por el tipo de muestreo mensual que se realizó), razón por la cual se piensa que podría ser una especie con desoves **múltiples**.

El análisis histológico también proporcionó información sobre otros aspectos del comportamiento reproductivo de ambas especies; se observó la presencia de dos ciclos reproductivos a lo largo del año, uno largo y otro corto. Se plantea, por tanto, la posibilidad de que exista un ciclo gametogénico alterno en el que se omiten las etapas de postdesove e indiferenciación sexual. Se piensa esto porque algunos organismos fueron capaces de pasar, después de un período reproductivo completo, hacia un ciclo **alternocorto** incluyendo gametogénesis, madurez y desove, sin que hubiera postdesove ni indiferenciación sexual. Esto fue observado en algunos individuos de *P. mazatlanica* y en prácticamente toda la muestra de *P. sternu* (Fig. 39).

Sevilla (1969) plantea que los adultos de *P. mazatlanica* no pasan por una indiferenciación sexual después de la etapa de postdesove, y que los organismos indiferenciados que se encontraron en la muestra aun no alcanzaban la madurez sexual. Algo similar pudo haber ocurrido para el caso de *P. sterna*.

Con relación a la utilización del **índice** gonádico, Giese y Pearse (1974) consideran que son una expresión de la condición reproductiva de los organismos, ya que miden los cambios en las gónadas a lo largo del tiempo, con la finalidad de ser comparables entre sí. Por tanto, valores altos del **índice** gonádico reflejan intensa actividad reproductiva, en tanto que valores bajos de éste indican la presencia de **algún** desove o etapa de indiferenciación sexual.

El **índice** gonadosomático manejado en este estudio parece ser un buen indicador de la actividad reproductiva de los organismos de ambas especies. Se encontró una relación directamente proporcional entre los valores del **índice**, la reproducción y la temperatura del agua de fondo en *P. mazatlanica*, e inversamente proporcional entre la actividad reproductiva y la temperatura del agua en *P. sternu*. En la primera especie, por ejemplo, se observó el valor más bajo de todo el año en el **índice** gonadosomático en septiembre de 1992, que fue cuando se presentó el **único** desove masivo.

8. CONCLUSIONES:

1. Ambas especies presentaron un crecimiento exponencial durante el estudio, generando una curva de crecimiento sigmoide.
2. Se calculó en *P. mazatlanica* un incremento total de 35.1 mm de altura de la concha y una tasa de incremento promedio mensual de 2.8 mm a partir de una edad de siembra de 8 meses. Para *P. sterna* se obtuvo un incremento final de 19.8 mm y una tasa de incremento mensual de 1.65 mm para 17 meses de edad.
3. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la relación altura-longitud de la concha durante el ciclo anual de crecimiento *in situ*. No obstante, se observó que *P. mazatlanica* presentó un crecimiento más acelerado en longitud que en altura de la concha para el intervalo de tallas manejado en el estudio (de 36.4 a 71.5 mm). Para *P. sterna* la relación temporal entre ambas dimensiones no varió significativamente.
4. El seguimiento del crecimiento a través del desplazamiento de las frecuencias modales arrojó un ajuste bajo en *P. mazatlanica* y la existencia de una distribución bimodal, en tanto que el ajuste fue superior para el caso de *P. sterna*, identificándose un sólo componente modal.
5. El ajuste al modelo de crecimiento de Von Bertalanffy fue altamente significativo en ambas especies.
6. Se observó un crecimiento alométrico negativo en *P. mazatlanica* con el incremento en talla, siendo 120-125 mm el intervalo en el que los organismos crecieron más en altura que en la longitud de la concha. En *P. sterna* no existieron evidencias suficientes para concluir sobre un crecimiento alométrico.
7. En *P. mazatlanica*, las relaciones altura-grueso y altura-peso se ajustaron un modelo lineal y multiplicativo respectivamente. Para *P. sterna*, las anteriores, junto con la relación altura-longitud del ala se ajustaron a uno multiplicativo.
8. La gametogénesis fue un proceso continuo a lo largo del año en ambas especies. *P. mazatlanica* desovó en septiembre cuando la temperatura del agua alcanzó los 29 °C.

P. sternu presentó dos períodos de desove durante el año, uno en febrero y otro en mayo del mismo año, cuando la temperatura fue de 22 y 23 C, respectivamente.

9. Se detectó la presencia de un ciclo gametogénico largo (indiferenciación, gametogénesis, madurez, desove y postdesove) y uno corto-alterno (gametogénesis, madurez y desove únicamente) en ambas especies, particularmente en *P. sternu*.

10. La proporción sexual hembra-macho estuvo sesgada hacia los machos en ambas especies durante el experimento. En *P. mazatlanica* *he* de 0.12: 1, mientras que en *P. sternu* fue de 0.38: 1.

11. La **talla/edad** de maduración de la gónada en *P. mazatlanica* se observó desde los 39 mm de altura de la concha (8 meses de edad). En *P. sterna* *he* a partir de los 40 mm (17 meses de edad).

12. *P. mazatlanica* es una especie hermafrodita protándrica. El intervalo de talla al que se observó el cambio de sexo fue 100-l 10 mm de altura de la concha. Para el caso de *P. sternu*, se encontraron hembras a partir de los 50-55 mm. Sin embargo, no existen evidencias suficientes que permitan asegurar lo anterior.

13. La variación temporal de la proporción sexual demostró que las hembras de *P. mazatlanica* aparecen únicamente durante los desoves: entre junio-agosto de 1992 y de febrero a mayo de 1993. En *P. s terna* se observaron hembras prácticamente durante todo el año, salvo de junio a agosto de 1992.

14. El **índice** gonadosomático utilizado fue un buen indicador de la actividad reproductiva anual de ambas especies.

15. La temperatura del medio (8 m) no afectó el desarrollo del experimento.

9. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS:

1. Evitar en lo posible la utilización de organismos naturales para experimentos que impliquen la extracción de su medio. Debe recordarse que son especies protegidas por una veda permanente.

II. Continuar realizando estudios sobre la biología básica de ambas especies; de hecho, sería conveniente profundizar más en los aspectos de crecimiento y reproducción. Sobre el primer aspecto, por ejemplo, sería importante alargar la curva de crecimiento hasta dos o tres años. Con respecto a la reproducción, sería valioso contar con un estudio bianual del ciclo reproductivo, que permitiera conocer las variaciones interanuales en el comportamiento de las especies.

III. Abordar estudios sobre la biología de ambas especies en condiciones de laboratorio (crecimiento, fisiología, reproducción -acondicionamiento gonádico, inducción al desove, seguimiento lar-vario, etc.-). Ello revelaría conocimientos nuevos que **permitirían** conocer la respuesta de los organismos a condiciones experimentales diferentes.

IV. Con relación a los estudios de crecimiento, y en particular cuando se desee comparar tasas de crecimiento de dos especies diferentes, se recomienda manejar organismos de la misma **edad/talla**.

V. Con respecto a los estudios de relaciones alométricas, es importante tomar en consideración la tendencia hacia el crecimiento alométrico negativo y por tanto al cambio en la forma de la concha que presenta la madreperla, cuando se realicen operativos de injerto de medias perlas. Ello para conocer el sitio y número de medios núcleos que deban injertarse por animal.

VI. Para el caso de la reproducción, es clara la necesidad de contar con un tamaño de muestra mucho más representativo, pues de haber sido así, los resultados obtenidos para esta parte del estudio **serían** más concluyentes.

VII. Realizar comparaciones de la información **obtenida** en experimentos desarrollados bajo condiciones de repoblamiento, con los de la población natural.

VIII. Sería valioso efectuar nuevos estudios probando diferentes condiciones experimentales sobre organismos mantenidos bajo repoblamiento, **tales** como sitio de estudio, profundidad y densidad principalmente.

IX. Extender latitudinalmente los estudios de crecimiento *in situ*, particularmente con *P. sterna*, cuyas poblaciones parecen presentar grandes variaciones morfológicas dependiendo de la localidad de que se trate.

X. Continuar utilizando células de repoblamiento para futuros experimentos con ostras perleras; ello incrementaría las posibilidades de obtener semilla del medio. Inclusive se recomienda utilizar estas estructuras para el manejo de organismos en cultivos de tipo comercial.

XI. Finalmente, y no por ello menos importante, se recomienda la aplicación de la información generada por estudios de este tipo, en los operativos de cultivo extensivo y perlicultura.

10. LITERATURA CITADA:

- ALAGARAJA, K. 1962. Observations **on** the length-weight relationship of **pearl** oysters. *Journal of Marine Biology Association of India* 4(2): 198-205.
- ALAGARSWAMI, K. 1970. Pearl **culture in** Japan and its lessons for India. *Proceedings Symposium of Mollusca, Part 3. Marine Biology Association of India*: 975-992.
- ALAGARSWAMI, K. y S. Z. QASIM. 1973. Pearl Culture, its potential and implications **in** India. *Indian Journal of Fishery* 20(2): 533-550.
- ALAGARSWAMI, K. y A. CHELLAM. 1977. **Change** of form and dimensional relationship **in** the **pearl** oyster *Pinctada fucata* from **Gulf of** Mannar. *Indian Journal of Fishery* 24(1-2): 1-14.
- ALAGARSWAMI, K. y S. DHARMARAJ. 1984. Manual **on** Pearl Culture techniques. *Bulletin Central Marine Fisheries Research Institute (Special Publication No. 20)*: 42 pp.
- ANONIMO**, 1977. *Las Perlas de Baja California*. Departamento de Pesca, Delegación de Pesca de Baja California Sur, segunda edición, 46 pp.
- APPUKUTTAN, K. 1987. Pearl oyster **culture in** Vizahinjam Bay. En: Alagarswami, **K.** (ed.). Pearl Culture. *Bulletin Central Marine Fisheries Research Institute* 39: 54-61.
- ARAYA-NUÑEZ**, O. 1988. Embryonic and larval development, larval **rearing**, **juvenile** growth, gonad maturity and induction of spawning **in** the West **American** Pearl Oyster *P. sterna* (Gould). M. Sc. **Thesis**, Stockhohn University, Sweden, 30 pp.
- BACHELET, G. 1981. Application de Tequation de Von **Bertalanffy** a la croissance du bivalve *Scrobicularia plana*. *Cahiers de Biologie Marine (XXII)*: 291-311.
- BAQUEIRO**, C. E., J. A. **MASSO** y H. GUAJARDO. 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. *Serie de Divulgación II*: 84-97.
- BARBER, B. J. y N. J. BLAKE, 1981. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 52: 121-134.

BATTISTINI, R., F. BOURROUILH, J. P. CHEVALIER, J. COUNDRAY, M. BENIZOT, G. FAURE, J. C. FISHER, A. GUILCHER, M. HARMELIN, J. JAUBERT, J. LABOREL, L. MONTAGGIONI, J. P. MASSE, L. A. MAUGE, M. PERYROT, M. PICHON, R. PLANTE, J. C. PLAZIAT, Y. PLESSISS, G. RICHARD, B. SALVAT, B. THOMASSIN, P. VASSEUR y P. WEYDERT. 1975. Eléments de terminologie récifale **indopacifique**. *Téthys* 7(1): 111 pp.

BERVERA-LEON, H. 1994. Evaluación de la captación de semilla de *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) en diferentes células colectoras durante el período 1991-92, y tratamiento de juveniles en la **prengorda** a partir de 1992 en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis licenciatura U.A.B.C. S., La Paz, 80 pp.

BUCKLE-RAMIREZ, L. F., D. VOLTOLINA-LOBINA, E. MORALES-GUERRERO y F. VALENZUELA-BUREL. 1992. Spat settlement and growth of *Pteria sterna* (Gould) (Mollusca, Bivalvia) in Bahía de Los Angeles, Baja California, México. *Tropical Ecology* 33(2): 137- 147.

CACERES-MARTINEZ, C., C.A. RUIZVERDUGO y D.H. RAMIREZ-FILIPPINI. 1992. Experimental collection of **pearl** oyster *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* spat on a **filament** substrate. *Journal of the World Aquaculture Society* 23(3): 232-239.

CAHN, A. R. 1949. *Pearl Culture in Japan*. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service, Fishery Leaflet No. 357, 91 pp.

CARIÑO, M. M. 1987. Le mythe **pelier** dans l'histoire coloniale de la Sudcalifornie. Thèse de Maitrise en histoire, Université de Paris VII, Jessieu, 164 pp.

- - - - 1990. Mito y **perlas** en California (1530-1830). *Revista ES, Area Interdisciplinaria de Ciencias Sociales*, U.A.B.C.S. (2): 53-59.

CARIÑO, M. M. y C. CACERES-MARTINEZ. 1990. La **perlicultura** en la Península de Baja California a principios de siglo. *Serie Científica U.A.B. C.S.* (Numero Especial AMAC) 1: 1-6.

COEROLI, M. 1994. Tahiti cultured **pearl**. Perles de Tahiti. En: **Abstract** of the Magisterial Conference of Pearls '94, International Conference, Honolulu, Hawaii, mayo 17, 1994, 12 pp.

CHELLAM, A. 1978. Growth of **pearl** oyster *Pinctada fucata* in the **pearl culture** farm at Veppalodai. *Indian Journal of Fishery* **25**(1-2): 77-83.

----- 1987. Biology of **pearl** oyster. En: Alagarswami, **K.** (ed.). *Pearl Culture. Bulletin Central Marine Fisheries Research Institute* **39**: 13-29.

CLAUSADE, M., N. GRAVIER, J. PICARD, M. PICHON, M. L. ROMAN, B. THOMASSIN, P. VASSEUR, M. VIVIEN y P. WEYDERT. 1971. Morphologie des Tuléar (Madagascar): éléments de terminologie récifale (Coral Reef Morphology in the vicinity of Tulear, Madagascar. **Contribution** to a Coral **Reef** Terminology). *Téthys* (Supplément 2): 74 pp.

CROSSLAND, C. 1957. The cultivation of the mother of **pearl** oyster in the Red Sea. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* **8**: 11-130.

DEL RIO-PORTILLA, M. A. 1991. Crecimiento de *Pteria sterna* (Gould, 1851) (Mollusca, Bivalvia), bajo diferentes condiciones de temperatura y de concentración de alimento. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, 77 pp.

DIAZ-GARCES, J. J. 1972. Cultivo experimental de madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hartley, 1856) en la **Bahía** de La Paz, Baja California, México. En: *Memorias IV Congreso Nacional de Oceanografía*, México, D.F., noviembre. 17 al 19: 429-442.

DURVE, V. S. y S. K. DHARMARAJ. 1969. On the probable **change** of form in the **clam** *Meretrix casta* (Chemnitz) during its growth. *Proceedings Symposium of Mollusca, Part 2. Marine Biology Association of India*: 387-395.

FANKBONER, P. V. 1993. Pearls and Abalones. *Aquaculture Magazine*: 30-38.

GABBOT, P. A. 1976. Energy metabolism. En: Bayne, B. L. (ed.). *Marine Mussels*. Cambridge University Press, London and New York: 293-355.

GALTSOFF, P. S. 1931. The weight-length relationship of the shells of the hawaiian **pearl** oyster *Pinctada* sp. *The American Naturalist* **65**: 423-433.

GARCIA-GASCA, A., R.I. OCHOA-BAEZ y M. BETANCOURT. 1994. Microscopic anatomy of the mantle of the pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hartley, 1856). *Journal of Shellfish Research* 13(1): 85-93.

GAYANILO, F. C. Jr., M. SORIANO y D. PAULY. 1989. A draft guide to the Compleat ELEFAN. The International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Software No. 2, 70 pp.

GAYTAN-MONDRAGON, L, C. CACERES-MARTINEZ y M. TOBIAS-SANCHEZ. 1992. Growth of the pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in different culture structures at La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Journal of the World Aquaculture Society* 24(4): 541-546.

GENDROP, F. V. y R. ANDRADE. 1989. Identificación histológica de las fases gonádicas del ostión europeo *Ostrea edulis*, introducido experimentahnente en la porción noroccidental de la costa de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 15(2): 41-54.

GEORGE, C. D. 1968. Pearl cultivation in the South Seas. *South Pacific Bulletin* (Fourth Quarter): 49-54.

GERVIS, M. H. 1991. A bibliography of the Pearl Oysters (*Bivalvia: Pteriidae*). Overseas Development Administration of the United Kingdom Intemational Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 98 pp.

GERVIS, M. H. y N. S. SIMS. 1992. *Biology and Culture of Pearl Oysters (Bivalvia:Pteriidae)*. Overseas Development Administration of the United Kingdom. Intemational Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines: 49 pp.

GIESE, A. C. 1959. Reproductive cycles of some West Coast invertebrates. En: Withrow, R (ed.): *Photoperiodism and related phenomena in plants and animals*. American Association of Science, Washington, D.C. Publication No. 55: 625-638.

GIESE, A. C. y J. S. PEARSE. 1974. Introduction and general principles. En: Giese, A.C. y J.S. Pearse (eds.). *Reproduction of marine invertebrates*. Vol. 1. Acoelomated and Metazoans. Academic Press Inc., New York: 3-21 pp.

HALLAM, A. 1965. Environmental causes of stunting of living and fossil marine benthonic invertebrates. *Palaeontology* 8: 132-155.

HAMAI, L 1938. Relative growth of *Meretrix meretrix* and its local variation, as shown by experiments in rearing. *Scientific Report Tohoku Imperial University of Biology* 13(2): 205-220.

HUXLEY, J. S. y G. TEISSIER. 1936. Terminology of relative growth. *Nature* 137: 780-781.

HYND, J. S. 1955. A revision of the Australian pearl-shells genus *Pinctada* (Lamellibranchia). *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 6: 98- 137.

JABBOUR, R. **1988.** Etude de la variabilite genetique d'una espèce perliere de Basse Californie Sud, Mexique: *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1855). These DEA (Diplome d'Etudes Approfondies, Espaces et Sociétés), Universite Montpellier III, Paris, 49 pp.

KRISTENSEN, I. **1957.** Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Waddensea. *Arch. Neerl. Zoology* 12(3): 315-453.

LOPEZ, E., S. BERLAND y A. LE FAOU. 1994. El nácar al servicio del esqueleto humano. *Mundo Científico* 145(14): 362-364.

MARQUARDT, D. W. **1963.** An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics* 2: 43 1-44 1.

MARTINEZ, T. A. **1983.** Prospección de los bancos de madreperla en el Golfo de California de 1962 a 1965. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-I.P.N., México, 77 pp.

MAZON-SUASTEGUI, J. M. 1987. Evaluación de cinco dietas microalgales en el crecimiento larval de *Modiolus capax* (Conrad, 1837) y *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845), Mollusca, Bivalvia. Tesis de Maestría, CICIMAR-I.P.N., La Paz, 70 pp.

MOHAMMAD, M. B. M. 1976. Relationship between biofouling and growth of the pearl oyster *Pinctada fucata* (Gould) in Kuwait, Arabian Gulf. *Hydrobiologia* 5 1(2): 129- 138.

MONTEFORTE, M. 1990. Ostras Perleras y Perlicultura: Situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. *Serie Científica U.A.B.C.S.* (Numero Especial AMAC 1): 13-18.

- - - - - **1991.** Las perlas, leyenda y realidad: un proyecto actual de investigación científica. *Panorama* 38: 28-35.

MONTEFORTE, M. y M. CARIÑO. 1992. Exploration and evaluation of natural stocks of Pearl Oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae): La Paz Bay, South Baja California, México. *Ambio* 21(4): 3 14-320.

MONTEFORTE, M. y A. GARCIA-GASCA. 1994. Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia, Pteriidae) in Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia* 291: 21-34.

MONTEFORTE, M., E. KAPPELMAN-PIÑA y B. LOPEZ-ESPINOZA. 1994. Spatfall ammal survey of pearl oyster *Pteria sterna* (Gould) in experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, México. *Aquaculture and Fisheries Management* (en prensa).

MONTEFORTE, M., H. BERVERA-LEON y S. MORALES-MULIA. 1994. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctadiz mazatlanica* in extensive conditions at Bahía de La Paz, South Baja California, México. En: **Abstracts of the International Conference Pearls'94**, Honolulu, Hawaii, mayo 14 al 19. *Journal of Shellfish Research* 13(1): 343-344.

MOSK, S.A. 1931. Spanish voyages and pearl fisheries in the Gulf of California. A study in economic history. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley, 344 pp.

MURDOCK, E. A., A. FERGUSON y R. SEED. 1975. Geographical variation in leucine aminopeptidase in *Mytilus edulis* (L.) from the Irish coasts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 19: 33-41.

MURILLO, J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir de registros micropaleontológicos (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura U.A.B.C.S., La Paz, México, 68 pp.

NASR, D. H. 1984. Feeding and growth of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* in Dongonab Bay, Sudan, Red Sea. *Hydrobiologia* 110(0): 241-246.

NEWKIRK, G. F., D. L. WAUGH y L. E. HALEY. 1977. Genetics of larval tolerance to reduced salinities in two populations of *Crassostrea virginica*. *Journal of Fishery Research Board of Canada*. 34: 384-387.

NUMAGUCHI, K. y Y. TANAKA, 1986. Effects of temperature on mortality and growth of the spat of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Bulletin National Institute of Aquaculture* 9: 35-39.

OBESO-NIEBLAS, M. 1986. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Tesis de Maestría, CICIMAR-I.P.N, La Paz, 123 pp.

PICO, E.F. 1975. Informe preliminar del Programa de Estudios Ecológicos de Bahía Concepción, Estero San Lucas y Bahía de La Paz, B.C.S. Reporte de Investigaciones C.I.B.: 58-66.

RANSON, G. 1961. Les especes d' huitres perlières du genre *Pinctada*. *Bulletin Institute Oceanographic of Monaco* 7740: 127-132

REYES-BONILLA, H. 1990. Distribución, riqueza específica, aspectos biogeográficos y taxonómicos de los corales hermatípicos del Golfo de California. Tesis de Licenciatura, U.A.B.C.S., La Paz, México, 127 pp.

RHOADS, D. C. y G. PANNELLA. 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. *Lethaia* 3: 143-161.

ROPES, J. W. y A. P. STICKNEY, 1965. Reproductive cycle of *Mya arenaria* in New England. *Biological Bulletin* 128: 315-327.

ROSE, R. A., R. DYBDAHL y S. HARDERS. 1991. Reproductive cycle of the Western Australian silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae). *Journal of Shellfish Research* 9(2): 261-272.

SASTRY, A. N. 1970. Reproductive physiological variation **in latitudinally** separated populations of the bay scallop *Aequipecten irradians*, Lamarck. *Biological Bulletin* 138: 56-65.

- - - - - **1970. Pelecypoda (excluding Ostreidae).** En: Giese, A.C. y J.S. Pearse (eds.). *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. V. Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes. Academic Press, Inc., New York: 113-265 pp.

SAUCEDO, P. E. 1991. Ensayo sobre repoblamiento de bancos naturales de ostras perleras *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) en El Merito, Bahía de La Paz, Sudcalifornia, México. Tesis de Licenciatura, U.N.A.M., México, 76 pp.

SEED, R. 1968. Factors influencing shell shape **in** *Mytilus edulis* (L.). *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom* 48: 561-584.

- - - - - **1976. Ecology.** En: Bayne, B. L. (ed.). *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. International Biological Programme, Volume 10. Cambridge University Press: 13-65.

- - - - - **1980. Shell Growth and Form in** the Bivalvia. En: Rhoads, D. C. y R A. Lutz (eds.). *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. Biological Records of Environmental Change. Plenum Press, New York:

SEVILLA, M. L. 1969. Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1845). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 30: 223-262.

SHIRAI, S. 1970. The story of pearls. Japan Publications Inc., Japan, 132 pp.

SHIRAI, S. y Y. SANO. 1979. Reporte de una investigación sobre los recursos perleros del Golfo de California. Reporte interno, Secretaría de Pesca, México, 55 pp.

SIMS, N. A., 1993. Size, age and growth of the black-lip pearl oyster *Pinctadiz margaritifera* (L.) (Bivalvia: Pteriidae). *Journal of Shellfish Research* 12(2): 223-228.

SINGH, S. M. y E. ZOUROS. 1978. Genetic variation associated with growth **rate in** the American oyster *Crassostrea virginica*. *Evolution* 32: 342-353.

SINGH, C. J., G. BOJORQUEZ y J. M. MEZA. 1982. Resultados finales de las actividades de estudios de ostras perleras en la Bahía de La Paz, B.C.S., durante los años 1981-1982. Secretaria de Pesca. Delegación Federal de Pesca en el Estado de Baja California Sur, 45 pp.

TALavera, F. y L. A. FAUSTINO. 1931. Industrial shells of the Philippines. *Philippines Journal of Science* 45: 321-350.

TRANter, D. J. 1958a. Reproduction in Australian **pearl** oysters (Lamellibranchia). 1. *Pinctada albina* (Lamarck): Primary gonad development. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 9(1): 135-143.

- - - - - 1958b. Reproduction in Australian **pearl** oysters (Lamellibranchia). II. *Pinctada albina* (Lamarck): Gametogenesis. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 9(1): 144-158.

- - - - - **1958c.** Reproduction in Australian **pearl** oysters (Lamellibranchia). III. *Pinctada albina* (Lamarck): Breeding **season** and sexuality. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 9(2): 191-216.

- - - - - **1958d.** Reproduction in Australian **pearl** oysters (Lamellibranchia). IV. *Pinctada margaritifera* (L.). *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 9(4): 509-523.

- - - - - 1959. Reproduction in Australian **pearl** oysters (Lamellibranchia). V. *Pinctada fucata* (Gould). *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 10: 45-66.

VELEZ, A. y C. E. EPIFANIO. 1981. Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna perna* (L.). *Aquaculture* 22: 21-26.

WLLALEJO-FUERTE, M. T. 1992. Aspectos reproductivos de la almeja **catarina** *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría CICIMAR-I.P.N., La Paz, 96 pp.

VIVES, G. 1908. **Compañía** Criadora de Concha y Perla de la Baja California. Boletín de la Secretaria de Fomento, México, 6 pp.

- - - - - 1919. Informe sobre la Compañía Criadora de Concha y Perla de la Baja California. Archivo Histórico del Estado de Baja California Sur, México, 12 pp.

WADA, S. 1953. Biology of the silver-lip **pearl** oyster *Pinctada maxima* (Jameson). 2. Breeding season. *Margarita* 1: 15-28.

WARD, F. 1985. The Pearl. *National Geographic* **188(2)**: 193-222.

WILBUR, K. M. y G. OWEN. 1964. Growth. En: Wilbur, K. M. y C. M. Young (eds.). *Physiology of Mollusca*, Vol. 1. **Academic** Press, London, 211-242.

XIE, Y. 1985. Studies on the South China Sea Pearl. En: Tropical Marine Environmental and Marine **Experimental** Biology. Nanhai Marine Research **Institute**. Nanhai Experimental Station, China. *Marina Sinica*: 167 pp.

II. APENDICE 1:

Referencias bibliográficas no incluidas en el capítulo de Literatura Citada del presente trabajo (por no disponer de ellas **físicamente**) y que se incluyen en este Apéndice únicamente como referencia.

ANONYME, 1887. La reproduction de la **nacre** aux **îles** Tuamotu. *Le Messager de Tahiti* 5: 27-31

ASANO, N. y T. KOBAYASHI. 1938. Experiments **on** the **rate** of growth **and** ecology of the white **pearl** oyster *Pinctada fucata*. *South Seas Fisheries News* 2(1): 15-16.

CHELLAM, A. 1989. Growth and **biometric** relationship of **pearl** oyster *Pinctada fucata* (Gould). *Indian Journal of Fishery* 35(1): 1-6.

DAYTON, P. K., J. H. CARLETON, A. G. MACKLEY y P. W. SAMMARCO. 1989. Patterns of settlement, survival **and** growth of oysters across the Great Barrier Reef *Marine Ecology* 54:(1-2): 75-90.

DEVANNESAN D. W. y K. CHIDAMBRAM. 1956. Results obtained at the **pearl** oyster **farm**, Krusadai Island, Gulf of **Mannar**, and their application to problems relating to **pearl** fisheries **in** the Gulf of Mannar. Part I: Contribution **from** the Marine Fisheries Biological Station, Gulf of Mannar 4: 89 pp.

GAO, Q. y B. LIN. 1985b. A morphological study of the shell of *Pinctada maxima*. En: Tropical Marine **Environment and** Marine Experimental Biology. Nanhai Marine Research Institute. Nanhai Experimental Station, China. *Marina Sinica*: 155-166.

GOKHALE, S. V., C. R. EASWARAN y R. NARSIHMHAN. 1954. Growth rate of the **pearl** oyster *Pinctada fucata* **in the** Gulf of Kutch with a note **on** the **pearl** fishery of 1953. *Journal Bombay Natural History Society* 52(1): 124-136.

HASUO, M. 1958. The **shell** variation **during** growth **in** the **Mie** **pearl** oysters and those **transplanted from** Nagasaki. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 4: 3 18-324.

- - - - - 1961. The relationship between **difference** of the size of inserted nucleus to thickness of the **cultured** pearls and slipping **rate** of nucleus. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 6: 657-662.

- - - - - 1964. On the variation of shell form with growth between local **pearl** oyster in **Omura** Bay and those **transplanted from Oita** and Ehime **Prefecture**. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 9: 1170- 1178.

HERDAM, W. A. 1903b. Observations and experiments **on** the life-history and **habits** of the **pearl** oyster. En: Herdam, *et al.* (eds.). *Report to the Government of Ceylon on the Pearl Oyster fisheries of the Gulf of Mannar*. The Royal Society of London: 125- 146.

HYND, J. S. 1960. An analysis of variation **in** Australian specimens of *Pinctada albina* (Lamark) (Lamellibrachia). *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 11(3): 326-364.

JEYABASKARAN, Y., D. S. DEV, L NALLUCHINNAPPAN y N. RADHAKBISHNNAN. 1980. On the growth of the **pearl** oyster *Pinctada fucata* (Gould) under farm conditions at Tuticorin, Gulf of **Mannar**. Symposium **on coastal aquaculture** Part 2: Molluscan Culture. *Symposium Service Marine Biological Association of India* 6: 5 87-5 89.

KOBAYASHI, T. y H. TANAKA. 1939. An investigation **on** the ecology and the **rate** of growth of white **pearl** oyster *Pinctada fucata*. *South Sea Fisheries News* 3(1): 2-7.

KUWATANI, Y. 1965. Studies **on** the breeding of the Japanese **pearl** oyster *Pinctada martensii* (Dunker). 1: Change **in** the maturation of the eggs obtained **from** the excised gonadas during the spawning **season**. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 10: 1228-1243.

KUWATANI, Y. y T. NISHII. 1969a. Effects of pH of **culture** water **on** the growth of the japanese **pearl** oyster. *Bulletin Japanese Society of Science Fishery* 35: 342-350.

- - - - - 1969b. Effects of the number of **animals** and the exchange of water **on** the growth of **japanese pearl** oysters **in tank culture**. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 14: 174% 1764.

KUWATANI, Y., T. NISHII y F. ISOGAL 1969. Effects of **nitrate** of **culture** water **on** the growth of the japanese **pearl** oyster. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 14: 1735- 1747.

OTA, S. 1956. Observations on the growth and external character of pearl oyster in Omura Bay. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 1:25-40.

----- **1957a.** The shell variation during growth in the Omura pearl oyster and those transplanted from Mie Prefecture. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 2: 119- 126.

PANDYA, J. 1975. Age and growth of the pearl oyster *Pinctada vulgaris* (Schumacher) of the Gulf of Kutch. *Journal Indian Fishery Association* 2(1-2): 47-54.

SHIRAISHI, Y., N. ASANO y H. TANAKA. 1938. An investigation on the ecology and the rate of growth of the white pearl oyster. *South Seas Fisheries News* 1(6): 13- 15.

TANAKA, H. 1938. Experiments on the ecology and rate of growth of white pearl oyster. *South Seas Fisheries News* 2(6): 2-2.

WADA, S. 1953. Biology of the silver-lip pearl oyster *Pinctada maxima* (Jameson). 2. Breeding season. *Margarita* 1: 15-28.

WADA, K. 1969a. Relation between growth of pearls and water temperature. *Bulletin Japanese Society (Fishery Ocean Special Number, Prof. Uda's Commemorative Papers)*: 299-301.

WADA, R. y S. WADA. 1939. Sexes in the silver-lip pearl oyster. *Kagaku Nanyo, Science of the South Seas* 2(1): 40-43.

XIE, Y., Q. LIU, Y. CHEN y X. ZHANG. 1985. On the growth of *Pinctada fucata* (Dunker) in the Sanya Bay. En: Tropical Marine Environment and Marine Experimental Biology. Nanhai Marine Research Institute. Nanhai Experimental Station, China, *Marine Science*: 149- 154.

YAMAGUCHI, K., S. OTA y S. KATADA. 1956. Studies on the growth of pearl oyster *Pinctada martensii*. 1: Effects of the cleaning of the shells and limitation of the oysters number in a culture cage. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 1: 18-2 1.

YOO, S. K., Y. J. CHANG y H. S. LIM. 1985. Growth comparison of pearl oyster *Pinctada fucata* between the two culturing areas. *Bulletin Korea Fishery Society* 19(6): 593-598.

LEE, T. Y. 1972. Gametogenesis and development of germ cells in *Pinctada martensii* (Dunker). *Publ. Marine Laboratory Pusan Fishery Collection* 5: 21-30.

MALPAS, A. H. 1925. Age and growth rate of the pearl oyster in the pearl fishery of 1925. *Bulletin of Ceylon Fisheries* 3: 62-74.

- - - - - **1933.** Further observations on the age and growth rate of the Ceylon pearl oyster *Margaritifera vulgaris*, with special reference to oyster of Donnan's Muttuvaruttu Paar. *Ceylon Journal of Science* 5: 21-48.

MARIOT, 1874. La reproduction des huitres perlières aux îles Tuamotu. *Bulletin Society of Acclimatation* 1: 34 1-342.

NALLUCHINNAPPAN, L, D. S. DEV, M. IRULANDI y Y. JEYABASKARAN. 1982. Growth of pearl oyster *Pinctada fucata* in cage culture at Kundugal Channel, Gulf of Mannar, India. *Indian Journal of Marine Science* 11(2): 193-194.

NARAYANAN, K. R. 1974. Preliminary observations on the breeding of pearl oysters *Pinctada fucata* of the Gulf of Kutch. *Indian Journal of the Bombay National History Society* 71(1): 32-40.

NARAYANAN, K. R. y M. S. MICHAEL. 1968. On the relation between age and linear measurements of the pearl oyster *Pinctada vulgaris* (Schumacher), of the Gulf of Kutch. *Indian Journal of the Bombay National History Society* 65(2): 441-452.

NICHOLLS, A. G. 1931. On the breeding and growth rate of the black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera*. *Reports of the Great Barrier Reef Commission* 3: 26-3 1.

NISHII, T. 1961a. Examination on the time for the cleaning of pearl-shells in relation to the volume of sessile organisms, the growth of the pearl oyster and the quality of cultured pearls. *Bulletin National Pearl Research Laboratory* 6: 679-683.

OJIMA, Y. y K. MAEKI. 1955b. Some observations on the spermatogenesis and oogenesis in the pearl oyster *Pinctada martensii* (Dunker). *Kwansei Gakuin University Annual Studies* 3(41): 12- 14.