

---

## CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA MADREPERLA *Pinctada mazatlanica* (HANLEY) 1845

---

M. EN C. MA. LUISA SEVILLA  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas  
Departamento de Zoología, I.P.N. México, D. F.

Aunque la utilización más obvia de la madreperla la constituye la explotación de la perla, es necesario señalar que en algunos países se explotan integralmente, empleando las conchas en la fabricación de botones, objetos ornamentales, joyería, etc., por otro lado, el nácar se emplea en la industria química de cosméticos y productos de belleza y en algunos países se investiga el principio cicatrizante del mismo con miras a su posible empleo terapéutico.

La explotación desmedida del recurso frecuentemente ha conducido a su agotamiento, en forma semejante a como ha sucedido en México. Entre los informes referentes a abundancia y calidad de las perlas americanas, la Enciclopedia Británica (1962 Vol. 17:421) dice que algunas perlas de rara belleza se han obtenido en la Bahía de Mulegé, cerca de Coyotes, en el Golfo de California y que en 1888 se encontró cerca de La Paz una perla de 75 quilates, que es la mayor registrada en esta región.

En la actualidad, es del conocimiento general que este recurso, en el área de Baja California, ha disminuído a niveles críticos, lo que hace aconsejable la aplicación de técnicas de cultivo tendientes a su rehabilitación.

El cultivo de los moluscos, como es bien sabido, data de la antigüedad; algunos consideran que a los asiáticos se deben las primeras técnicas para cultivar este tipo de organismos; los romanos fueron los que desarrollaron por primera vez las técnicas de cultivo de ostras que posteriormente, a principios de este siglo, se aplicaron a la ostra perlera. De una u otra manera, puede afirmarse que históricamente el hombre aprendió temprano los secretos de esta técnica por lo que resulta contradictorio que su aplicación no se haya generalizado.

Se considera que la ostra perlera, por lo vistoso de su concha y los productos que de ella se obtienen, ha estado sujeta desde tiempos remotos a explotación exhaustiva, ya que los grupos humanos que se han dedicado a su captura, en su mayoría de hábitos nómadas, explotaban los bancos hasta su agotamiento total y entonces emigraban a otras áreas. Sin embargo, en numerosos casos el recurso ha mostrado gran capacidad de recuperación y aparentemente, los escasos ejemplares viejos que quedan en aguas profundas, constituyen la reserva básica de reproductores, de los cuales anualmente se repueblan las partes someras de los bancos. Esto sin embargo, no ha sucedido en los bancos de La Paz, debido posiblemente a que los habitantes del lugar han vivido con la ilusión de obtener la perla más grande del mundo extraída de los ejemplares de aguas profundas; tal circunstancia, unida a la falta, de aplicación de técnicas adecuadas de cultivo, ha impedido la recuperación de los bancos.

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Ecología del Departamento de Zoología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y en la Sección de histología del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, bajo la dirección del Dr. Federico Bonet y la asesoría del Dr. José Alvarez del Villar.

El material empleado, fue colectado por el Ing. Agapito Martínez Tovar, de la Subestación de Biología Pesquera en La Paz, B. C., responsable del programa "Madreperla" ante la Comisión Nacional Consultiva de Pesca.

El personal de la Subestación mencionada, bajo la dirección del Ing. Martínez Tovar, realizó la prospección y efectuó la evaluación del recurso.

Por este conducto, se expresa reconocimiento a las personas mencionadas, al personal de la Subestación, a los señores Luciano Galaviz, dibujante del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras y a los compañeros Alma Flores y Fernando Giovanni R. de la Sección de Histología del I.N.I.B.P.

## II. ANTECEDENTES

La madreperla figura entre las especies marinas que mayor interés han despertado, desde el punto de vista pesquero. En México los trabajos relacionados con esta especie se iniciaron a fines del siglo pasado, ocupando lugar importante los realizados por Pujol (1871), Sánchez (1880), y Arroyo Carrillo (1944, 1950); este último autor señala que en 1916, la Secretaría de Fomento y Colonización e Industrias, convocó a un Concurso Científico en el cual obtuvo el primer lugar con el trabajo que presentó sobre el cultivo y producción de la concha perlera. De acuerdo con dicho autor, el Sr. Gastón J. Vives fue quien inició tal tipo de actividades en la Bahía de San Gabriel, B. C.

De lo anterior se desprende que a principios de este siglo se realizaron cultivos de madreperla, sin quedar claramente establecida la razón por la que se abandonó esta práctica. Puede presumirse que se debió a que los trabajos no fueron acompañados de la práctica de inserción de núcleos y cultivo de la perla, por lo que resultaron poco productivos.

En la época actual, los trabajos se reanudaron a solicitud de diferentes sectores relacionados con la industria pesquera en Baja California, quienes presentaron su petición al entonces Presidente de la Comisión Nacional Consultiva de Pesca, Gral. Abelardo L. Rodríguez.

Entre los primeros pasos que se dieron, figura la instalación de un campamento en La Paz, B. C., cuyo personal se encargó de realizar una prospección minuciosa de los bancos perleros.

De acuerdo con las observaciones preliminares del Ing. Agapito Martínez T., citado por Villamar (1965:145), "los bancos de madreperla se localizan desde el extremo norte hasta el extremo SW del muelle fiscal de La Paz, aunque la mayor densidad se encuentra desde la Roca Caimancito hasta la porción NW del muelle, en un banco que tiene una longitud de 2900 m con anchura promedio de 50 m y una población aproximada de 2000 individuos de todas las edades (cálculos hechos en septiembre de 1964) que se encuentran adheridos a las valvas de hacha larga (*Pinna rugosa*). De esto se desprende que la madreperla se presenta en ese banco con densidad de población de 17 ejemplares por 100 m<sup>2</sup>.

Posteriormente, durante 1965 el Ing. A. Martínez Tovar y colaboradores, realizaron varios viajes de prospección para cuantificar la población en una amplia zona comprendida entre Bahía Concepción 26°40'42" N 110°52'10" W hasta cerca de San José del Cabo 23°03'47" N; 109°38'25" W. En estos trabajos se revisaron 63 localidades (véase mapa), encontrándose que en la mayoría de las estaciones existía una densidad de población mucho menor que la señalada más arriba.



favorables a las funciones reproductivas y a la fijación larvaria. Paralelamente al estudio de fondos y fauna de acompañamiento, se realizaron estudios de laboratorio contando para ello con el material recibido.

El estudio de laboratorio base de este trabajo, ha comprendido fundamentalmente el análisis del desarrollo gonádico de la especie, con objeto de determinar la temporada de reproducción masiva y derivar las recomendaciones necesarias sobre época de distribución de colectores en el agua, para incrementar la fijación de larvas a los mismos y evitar al máximo que sean aprovechados por organismos que compiten con la madreperla por substrato para la fijación y el desarrollo.

También se estudió la distribución de las tallas de la muestra, con objeto de determinar si la talla mínima establecida resulta adecuada para la protección de este recurso.

### III. MATERIAL Y MÉTODOS DE ESTUDIO

El material empleado en la realización del presente trabajo, fue colectado en el Canal de La Paz, por personal de la Subestación de Biología de esa localidad. Se fijó en formol al 10% y se envió al Laboratorio Central del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras.

Los ejemplares recibidos fueron medidos considerando:

*Altura*: comprendida desde el centro de la charnela al punto opuesto de la concha.

*Longitud*: en una línea perpendicular a la altura, en la zona en que el eje presenta su mayor amplitud (Fig. 1).

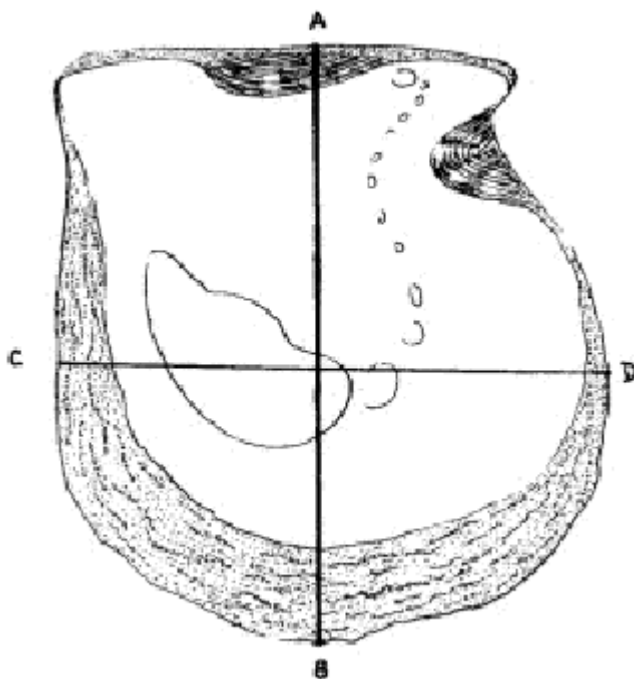


Fig. 1. Valva de *P. mazatlanica* en la que se aprecia la forma característica de la charnela, impresiones musculares y la forma en que se tomaron las medidas de la concha. (A-B) representa la altura y (C-D) la longitud.

Del saco visceral se tomó una muestra de 1.5 cm de espesor, cortado a la altura de la terminación de las branquias y principio de los palpos; con este trozo se hicieron preparaciones fijas, teñidas con hematoxilina eosina.

Para el estudio histológico se examinaron 1500 preparaciones correspondientes a 203 ejemplares hembras y machos.

Para la interpretación del desarrollo gonadal se establecieron seis etapas: de indiferenciación, gametogénesis, madurez sexual, expulsión de gametos o reproductiva, postreproductiva y de reposo.

El porcentaje aproximado, de individuos en las diferentes etapas se presenta en forma gráfica.

Con las medidas de 133 ejemplares se calculó el factor de correlación entre los mismos y las regresiones de longitud sobre altura y altura sobre longitud por el método de los cuadrados mínimos.

#### IV. POSICIÓN TAXONÓMICA

##### 1. Género *Pinctada* Röding 1798

La madreperla pertenece a la superfamilia Pteriacea; familia Pteridae, género *Pinctada* Röding 1798, el cual se caracteriza por presentar una impresión muscular coalescente de los músculos retractor y aductor y varias pequeñas que se extienden en forma ligeramente sigmoidal, desde el extremo de la marca muscular principal, hasta cerca de uno de los extremos de la charnela que es amplia y recta (Fig. 1).

El género presenta distribución tropical, ya que Japón marca el límite norte de su distribución, posiblemente por la influencia de la corriente de Kuroshio.

Para la determinación de las especies, se toma en cuenta la forma de la impresión muscular principal, tipo de concha larvaria (prodisoconcha), aspecto de la membrana anal y presencia o ausencia de dientes en la charnela. De acuerdo con Jameson, dentro del Género *Pinctada* se distinguen dos grandes grupos, uno con dientes cardinales en la charnela que incluye a la mayoría de las especies y otro sin tales dientes cardinales que incluye solamente a *P. maxima*, *P. mazatlanica* y *P. margaritifera*.

De acuerdo con Jameson, citado por Hertlein & Strong (1948), el género comprende 33 especies, que han sido reducidas a 12 por Ranson (1961).

##### Distribución geográfica de las especies del género *Pinctada*

*P. albina* (Lamarck). Golfo de Carpentaria, Bahía Moreton, Bahía Tiburón, Torres, (Australia); Nueva Zelanda, Madagascar; Islas Canarias, Islas Célebes, Islas Marianas, Nueva Guinea.

*P. margaritifera* (Linnaeus), Formosa; Mar de la China; Viet-Nam; Islas Fiji; Tahití, Hawaii.

*P. mazatlanica* (Hanley). Desde el Golfo de California hasta Perú.

*P. maxima* (Jameson). Islas Ryukyu al S de Japón; Norte de Australia; Islas Basse de la Gran Barrera de Arrecifes; Golfo de Tonkin (Viet-Nam); Islas Palau al oriente de Filipinas; Nueva Guinea; Mar de Arafura.

*P. radiata* (Leach). Ceylán, Golfo Pérsico; Mar Rojo, penetra al Mediterráneo, Costa occidental de Africa; Isla Seychelles; Madagascar; Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Australia; Hawaii; Santiago de Cuba; Florida, Golfo de México; Isla Margarita (Venezuela); Río de Janeiro.

*P. anomioides* (Reeve). Islas Seychelles; Nueva Caledonia; Viet-Nam; Islas Mauricio y Diego Suárez; Filipinas.

*P. mariensi* (Dunker). Ise, Tosa, Kii, Hizen, Mie (Japón).

*P. shimizuensis* S. K. Wada & Wada. Bahía de Shimiza, prefectura de Shizuoka, Japón.

*P. nigra* (Gould). Mozambique; Mar Rojo; de Filipinas a Nueva Caledonia.

*P. maculata* (Gould). Pacífico Central; Océano Indico, Zanzíbar (Tanganica); Islas Tuamotu (Oceanía); Isla Cocos (Australia).

*P. capensis* (Sowerby). Puerto Elizabeth, Bahía Jeffery y Bahía Algoa (Sudáfrica).

*P. chemnitzii* (Philippi). Viet-Nam; Islas Molucas, Corregidor (Filipinas); Hong Kong; Mar de la China; Bahía Moreton, Torres (Australia); Mar Rojo; Madagascar.

2. *Pinctada mazatlanica* (Hanley)

- 1856 *Margaritiphora mazatlanica* HANLEY, Rec. Bivalva Shell, p. 388, p. 124, Fig. 40.
- 1857 *Avicula barbata* REEVE, Conch. Icon. X pág. 9.
- 1864 *Meleagrina mazatlanica* Hanley CARPENTER, Suppl. Rep. Moll. W. Coast N. Am. pp. 564-576.
- 1871 *Avicula margaritifera* Linnaeus, PUJOL, Bol. Soc. Mex. Geog. Est. Esp. II, 3, pp. 119-139.
- 1872 *Avicula barbata* Reeve, DUNKER IN MARTINI ET CHEMNITZ. Syst. Conch. Cabinet. 7, 3 Die Gattung Avicula, pp. 48, tab, 16, Fig. 3.
- 1895 *Meleagrina margaritifera* Linnaeus, MABILLE, Moll. Basse California, pp. 72.
- 1901 *Pteria (Margaritifera) margaritifera* Linnaeus var. *mazatlanica* Hanley, JAMESON, Proc. Zool. Soc., London I pp. 377.
- 1909 *Pteria (Margaritifera) margaritifera* Linnaeus var. *mazatlanica* Hanley, LAMY, Jour, conchyl., 17, pp. 377.
- 1941 *Pinctada mazatlanica* (Hanley), STEINBECK & RICKETS, Sea of Cortés, The Viking Press, pp. 504.
- 1943 *Pinctada mazatlanica* Hanley, HERTLEIN & STRONG, Part. II, Zool., New York, Soc. (28) pt 3, pp. 164.
- 1943 *Pinctada margaritifera mazatlanica* (Hanley), CAHN, U.S. Depart. Int. Fish & Wildlife Service, Fish. Leaflet 357, pp. 91, Tab. A.
- 1950 *Pinctada (Margaritiphora) mazatlanica* (Hanley), GALTISOFF, U.S. Depart. Int. Special. Scient. Report Fish. No. 28, pp. 11, pl. 13, Fig. 5.
- 1961 *Pinctada mazatlanica* (Hanley), RANSON, Inst. Royal, des Scienc. Naturelles de Belgique Memoir Deuxieme, Ser. Fasc. 67, pp. 95, Lam.
- 1965 *Pinctada mazatlanica* (Hanley), VILLAMAR, Anales Inst. Nac. Inv. Biol. Pesq. (1), pp. 145.

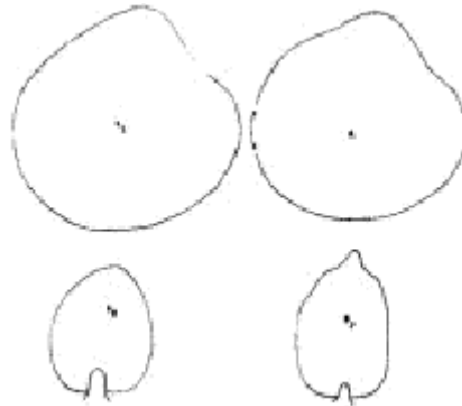


Fig. 2. Aspecto morfológico en los que Ranson basa la separación taxonómica de *Pinctada margaritifera* y *P. mazatlanica*.

- A<sub>1</sub> Prodissoconcha de *P. mazatlanica*  
A<sub>2</sub> Membrana anal de *P. mazatlanica*  
B<sub>1</sub> Prodissoconcha de *P. margaritifera*  
B<sub>2</sub> Membrana anal de *P. margaritifera*

Esta especie durante mucho tiempo se consideró una variedad de *P. margaritifera*, las principales características que han permitido su separación son el color externo de la concha y la amplia cavidad que aloja la mesa visceral; pero según Ranson (1961), los caracteres que permiten establecer con toda seguridad que se trata de una especie diferente son la prodisoconcha, forma de la impresión muscular y de la membrana anal.

En la fig. 2 (tomada de Ranson) se aprecia comparativamente la estructura de la prodisoconcha y la forma de las membranas anales en ambas especies, la prodisoconcha de *P. margaritifera* es asimétrica, tiene en uno de sus lados una curvatura más pronunciada que en el otro y no es muy alargada, la membrana anal en esta especie es de forma irregular con una proyección superior. En cambio la prodisoconcha de *P. mazatlanica* es más amplia, más convexa y con la curvatura en uno de sus bordes más abierta; la membrana anal en esta especie es de forma ovoidal y de contorno regular.

Los ejemplares adultos de *P. mazatlanica* alcanzan tallas hasta de 125-175 mm.

## V. DATOS ESTADÍSTICOS

Como se trata de un recurso que en tiempos pasados soportó una explotación intensa y que en la actualidad se encuentra sumamente menguado, hubo de realizarse este trabajo con muestras pequeñas.

Resulta de cierta utilidad el análisis de la captura a lo largo de un período de tiempo, ya que, pese a las deficiencias que presentan, las estadísticas actuales sirven cuando menos para indicar tendencias de incremento o reducción en la captura, aunque esto, no siempre está correlacionado con variaciones en la disponibilidad del recurso.

La explotación de la madreperla alcanzó sus valores más altos, cuando no se ejercía regulación efectiva sobre este tipo de actividades; se sabe que durante la Colonia se organizaron varias expediciones a esa zona, fundamentalmente para la captura y extracción de ostras perleras, de lo cual sólo han quedado reportes aislados, por ejemplo, cuando Humboldt visitó la Nueva España, en las postrimerías del siglo XVIII se refirió a la explotación de perlas en la siguiente forma: "Lo que más ha excitado a los navegantes a visitar la costa de aquel desierto de la California ha sido la pesca de las perlas, que abundan señaladamente en la parte meridional de la península".

Posteriormente en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, se señala que en 1873 se dedicaron 636 hombres a la explotación perlera, los cuales obtuvieron una producción de perlas con valor de \$87 800.00. La concha obtenida en ese mismo período fue de 11203 quintales o sea 1120 ton cuyo valor comercial ascendió a \$112 030.00. Compárense estas cifras con las reportadas para 1922-1928, cuando se aprecia un marcado descenso en la explotación.

Las estadísticas proporcionadas por la Dirección General de Pesca, referentes a la explotación de este molusco en el período comprendido entre 1922-1928 en la Baja California, se encuentran en la tabla 1.

Año	Cantidad de concha en Kg.
1922	41 030
1923	159 127
1924	340 452
1925	292 316
1926	334 646
1927	347 646
1928	244 586

Tabla 1. Explotación de madreperla en la zona de Baja California durante el período 1922-1928.

Durante el período examinado, se aprecia un marcado descenso en 1922 con respecto a la captura señalada para 1873, posteriormente se registran ligeros aumentos en 1923, 1924, 1926 y 1927 y descensos en 1925 y 1928,

como estos descensos es difícil atribuirlos a reducción en el número de pescadores o en la demanda, puede indicar descenso en la población como resultado de sobreexplotación.

En esta época hubo modernización en los métodos de extracción, ya que se pasó del buceo a pulmón al empleo de escafandra lo que mejoró notablemente la captura por unidad de esfuerzo, pero no permitió alcanzar nuevamente las capturas totales que se obtenían durante el siglo anterior.

Para apreciar la forma en que afecta la modernización en los sistemas de extracción a la captura por unidad de esfuerzo señalaremos que en informes no publicados del Ing. Agapito Martínez Tovar, se establece que los "buzos de chapuz" extraían entre 200-300 ostras por jornada de día y que al emplear equipo de buceo los ejemplares extraídos aumentaron a 1000 por jornada.

Por lo alarmante en la reducción de la captura de madreperla se elaboró un artículo que persiste en la Ley de Pesca vigente y que a la letra dice:

"Artículo 86.-Queda terminantemente prohibida la extracción de conchas que tengan menos de 70 mm medidos desde la charnela o bisagra hasta el borde del nácar de la parte opuesta".

Aparentemente esta reglamentación se adoptó siguiendo la influencia de publicaciones japonesas, sin conocer la biología de la especie que se desarrolla en nuestras aguas.

Para juzgar la conveniencia o inconveniencia de esta disposición se requiere analizar el crecimiento de diferentes especies; por ejemplo, *Pinctada martensi*, una de las ostras perleras más importantes del Japón. De acuerdo con Cahn (1949:25) presenta el ritmo de crecimiento que se muestra en la tabla 2.

Edad en Años	Talla media	Operación
1/12	6.0 mm	
2/12	9.0 "	
3/12	17.0 "	
6/12	31.0 "	
1	45.0 "	
2	59.0 "	
3	70.0 "	Inserción de núcleo
4	78.0 "	
5	81.0 "	
6	82.0 "	Cosecha
7	82.5 "	
8	83.0 "	

Tabla 2. Crecimiento post-larval de *P. martensi* y recomendaciones para su administración y manejo.

En la tabla 2 se aprecia que *P. martensi* alcanza la talla de 70 mm a los tres años, edad en que se considera tiene la resistencia suficiente para soportar la manipulación realizada durante la inserción de núcleos, y se recomienda que su extracción se realice dos años después ya que la probabilidad de que el molusco produzca perlas de buena calidad es baja en ejemplares jóvenes.

Se considera que la longitud de ejemplares adultos de *P. martensi* está comprendida entre 70-82 mm; por otro lado, aunque las tallas máximas mencionadas para *P. mazatlanica* en sus descripciones taxonómicas no son frecuentes en la actualidad se siguen encontrando ejemplares con longitud comprendida entre 79-142 mm, por lo que se comprende que la medida reglamentaria que se ha venido discutiendo tan sólo protege a la población juvenil y a un porcentaje reducido de adultos.



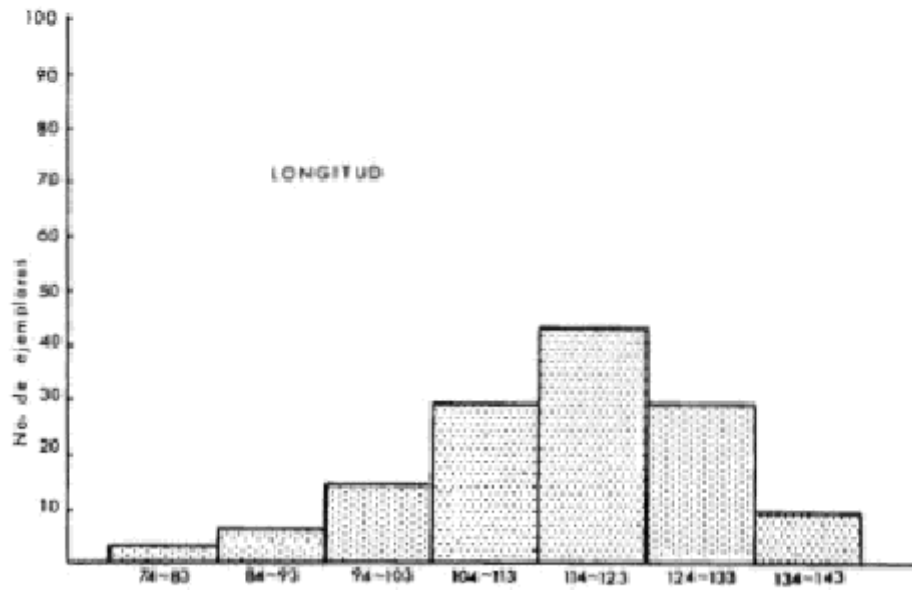
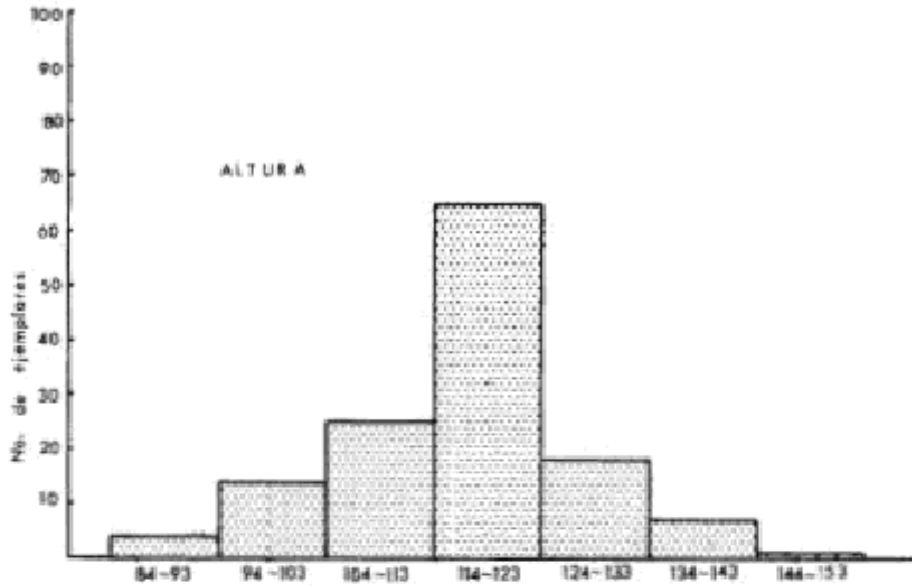


Fig. 3. Histograma de frecuencias en la muestra examinada.

Al examinar las tallas registradas en la muestra estudiada (Fig. 3) constituida por 133 ejemplares, se encontró

la siguiente amplitud:

Altura: mínimo 84, máximo 144, promedio 115.78 mm.

Longitud: mínimo 79, máximo 142, promedio 115.66 mm.

Por los resultados obtenidos en el estudio histológico puede decirse que se trabajó con una muestra constituida por ejemplares adultos; aunque se encontraron escasos ejemplares indiferenciados sexualmente, éstos presentaban tallas menores a 100 mm.

Se obtuvo en primer lugar el factor de correlación entre las medidas examinadas mediante la fórmula:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}} = \frac{15\,728.26}{\sqrt{23\,542.06 \times 15\,708.67}} = \frac{15\,728.26}{19\,231.1}$$
$$r = 0.81$$

La significación de r se obtuvo mediante la fórmula:

$$t = \frac{r \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0.81 \sqrt{131}}{\sqrt{1-0.6561}} = \frac{0.81 \times 11.4}{\sqrt{0.3438}} = 15.9$$

Para 131 grados de libertad y  $t = 15.9$  se obtiene  $P < 0.001$  por lo que se deduce que la correlación existente entre ambas medidas es altamente significativa.

Aplicando el método de los cuadrados mínimos se estableció la correlación existente entre longitud y altura de la concha (Fig. 4), que queda expresada por la ecuación de regresión (1)

$$(1) \quad Y_L = 39.45 + 0.66 X_a$$

En la cual  $Y_L$  representa la longitud calculada para los diferentes valores de la altura ( $X_a$ ).

El factor de determinación ( $r_d$ ) para la regresión (1) es:

$$r_a = \frac{b S_{xy}}{S_y^2} = 0.65$$

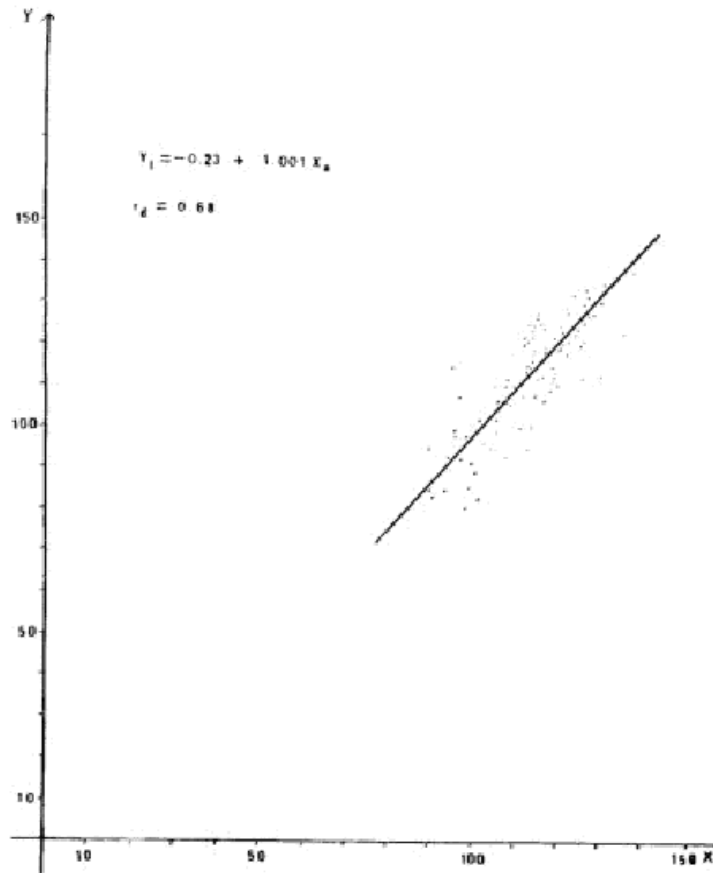


Fig. 4. Correlación existente entre la longitud y altura de la concha.

En la cual:

$$b_{Sxy} = \text{variación explicada.}$$

$$S_y^2 = \text{variación total.}$$

La regresión (2) que expresa la correlación existente entre altura y longitud es:

$$(2) \quad Y_a = -0.23 + 1.001 X_L$$

$$r_d = 0.68$$

En la cual  $Y_a$  representa la altura calculada para los diferentes valores de longitud ( $X_L$ ).

*Crecimiento.* La madreperla presenta crecimiento constante a lo largo del año, razón por la cual no fue posible establecer la edad de los ejemplares estudiados, pues las estrías aparecen uniformemente distribuidas y no corresponden al crecimiento anual.

Precisamente para obviar esta dificultad en la determinación de la edad de la madreperla, Nakahara, in Wilbur & Yonge (1964: 224) elaboró una técnica especial que tiene como base la inyección de (2mg/0.1 ml) de tetraciclina HCl (Acromicina) en el músculo aductor de la madreperla (*P. martensi*), la cual se incorpora a las secreciones del nácar y puede ser identificada como una línea fluorescente en secciones de concha o perlas observadas con luz

ultravioleta. Nakahara (1961) dice que la fluorescencia puede ser observada después de un día y permanecer durante dos años, razón por la cual si se aplica tal inyección a intervalos periódicos puede obtenerse información sobre el crecimiento estacional. Sin embargo, señala el mismo autor, debe tenerse en cuenta que una dosis de 4 mg por ostra resulta tóxica para la misma.

De acuerdo con Kawai, in Wilbur & Yonge (1964), el índice de crecimiento es menor conforme los ejemplares tienen mayor edad; en el caso de *P. martensi*, dice este autor que la enzima anhidrasa carbónica disminuye bruscamente a partir del primer año y continúa disminuyendo durante el tercer y cuarto año. Esta enzima aparentemente está relacionada con la producción de cristales de carbonato de calcio formadores de la concha, por lo que su descenso se podría traducir en disminución de la velocidad de crecimiento.

Este descenso en el crecimiento queda más claro en los datos proporcionados por Cahn discutidos en páginas anteriores.

Desde luego, es preciso señalar, antes de seguir adelante, que no se trata de comparar el crecimiento de especies que no presentan similitud, sino que esta comparación se ha utilizado sólo para establecer que la talla mínima decretada en el Reglamento de Ley de Pesca en México no es la adecuada, incluso para proteger una especie que presente tallas menores a la que en este caso nos ocupa.

De acuerdo con la distribución de tallas que se muestra en la fig. 3 y tomando en cuenta que la explotación de la madreperla no se hace por el interés del molusco en sí, sino de la perla, se considera que la talla mínima para extracción de este molusco debería ser cuando menos 115 mm. Al establecer la talla mínima debe tenerse en cuenta que no sólo interesa que los ejemplares extraídos se hayan reproducido, sino que al disminuir la talla disminuye también la probabilidad de que contengan perlas de tamaño y calidad adecuadas.

## VI. DATOS ANATÓMICOS Y BIOLÓGICOS

### 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Abriendo y levantando la concha, queda al descubierto la bolsa visceral envuelta por el manto, estructura secretora de la concha y del nácar. En la fig. 5, además de esta estructura se aprecian los músculos aductor y retractor.

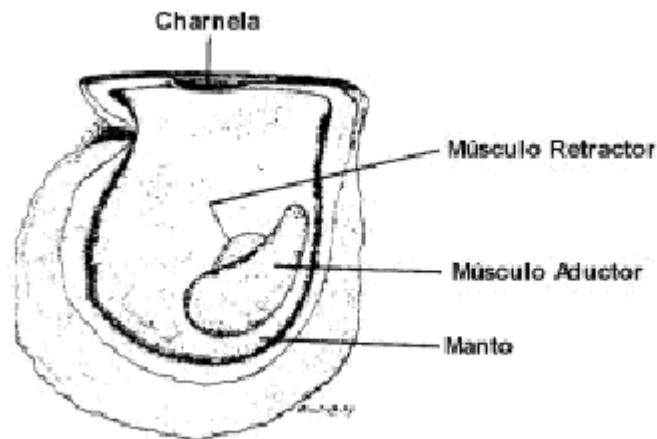


Fig. 5. Estructuras que se aprecian al levantar una de las valvas de la concha.

Quitando el manto, fig. 6, se siguen observando los músculos mencionados, pero además se ven los palpos, entre los cuales se encuentra la boca, así como las branquias, de estructura laminar, cubiertas por un epitelio ciliado.

Estas, cuando el organismo está vivo y las condiciones ambientales son las adecuadas, producen una corriente constante de agua, realizando simultáneamente el intercambio gaseoso y la extracción de material alimenticio.

En la misma figura se aprecian, la parte final del aparato digestivo, o sea el intestino y las papilas anales que rodean el ano. En posición dorsal, entre el músculo aductor y la bolsa visceral se encuentra el corazón alojado en un saco pericárdico, atravesado por el intestino.

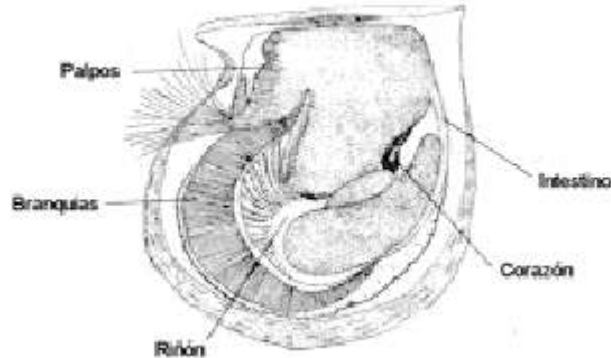


Fig. 6. Estructuras que se aprecian al levantar una de las valvas y seccionar el manto.

Cortando las branquias y los palpos, fig. 7, se aprecia el bicho que semeja un escobillón y representa la estructura con el cual estos organismos se adhieren al substrato; también se observa con claridad el pie, que es una estructura de forma lobular, musculosa, que conserva hasta cierto punto su aspecto y forma característica, pese a que sólo tiene función locomotriz al término del desarrollo larvario del organismo.

Cortando y levantando la pared de la bolsa visceral se puede seguir el trayecto del aparato digestivo, destacando el estómago por su mayor amplitud.

Si se hace un corte transversal de la masa visceral, se observan, en la parte central, secciones del aparato digestivo, que histológicamente se identifica por el epitelio cilíndrico que lo recubre. Rodeando al aparato digestivo, se encuentra el hepatopáncreas que presenta epitelio cuboidal.

Hacia la porción periférica hay una zona ocupada fundamentalmente por tejido conjuntivo o gonádico según la época del año.

En ejemplares inmaduros esta zona está ocupada por tejido conjuntivo; en algunos se observan células gametogénicas que se distinguen de las otras únicamente por sus afinidades cromáticas, pero que no presentan aspecto ni de óvulos ni de espermatozoides. En este caso se observaron 7 ejemplares inmaduros, todos con talla menor a 100 mm.

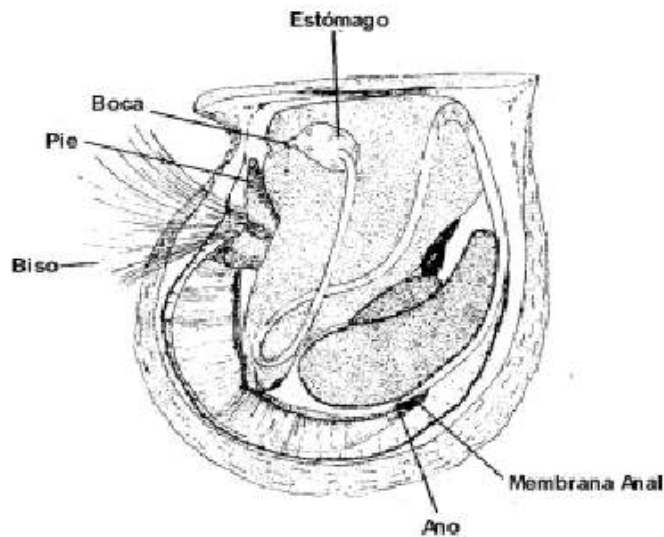


Fig. 7. Estructuras que se observan al seccionar parte del manto, branquias y bolsa visceral.

## 2. APARATO REPRODUCTOR

La gónada, cuando los ejemplares han alcanzado la máxima madurez, es una glándula de aspecto masivo localizada en la porción periférica de la bolsa visceral, delimitada del hepatopáncreas por tejido conjuntivo y de la cavidad del manto por tegumento epitelial. fig. 8.

Al igual que en otros bivalvos, es una glándula doble, tubulo-ramificada, más o menos simétrica, pero al alcanzar su máximo desarrollo se continúan los dos lóbulos por la región dorsal, constituyendo por consiguiente una glándula impar.

Tanto la gónada como el tejido conjuntivo muestran diferentes grados de desarrollo a lo largo del año; cuando la gónada se encuentra en su máximo desarrollo, el tejido conjuntivo está reducido al mínimo, mientras que cuando la gónada se reduce, el tejido conjuntivo empieza a desarrollarse, tendiendo a ocupar los espacios en que anteriormente se encontraba el tejido gonádico.

De acuerdo con diversos autores, esta variación se debe a que el crecimiento del tejido conjuntivo representa acumulación de sustancias de reserva que el organismo requiere para la realización de las funciones reproductivas.

En organismos que inician la producción de gametos, el tejido gonádico presenta estructura folicular; cuando la producción se intensifica estos folículos crecen y se ramifican anastomosándose los túbulos y adquiriendo la estructura túbulo-ramificada característica de la etapa gametogénica; cuando los ejemplares alcanzan la madurez sexual, el tejido conjuntivo se encuentra restringido al mínimo; posteriormente, cuando las funciones reproductivas se han realizado, los productos sexuales residuales se concentran nuevamente en folículos, pero en ocasiones antes de que esto suceda se inicia un proceso degenerativo; puede haber reabsorción de gametos, e invasión fagocitaria. Los gametos en el interior de túbulos pueden ser reabsorbidos o permanecer aparentemente funcionales hasta la siguiente temporada.

Generalmente se presentan los sexos separados; los productos sexuales maduros se desprenden de las paredes de los túbulos y son expulsados cuando las condiciones ambientales son las adecuadas. La expulsión de gametos se realiza a través de la cámara renal y la fecundación tiene lugar en el agua.

Aunque como se ha establecido con anterioridad, la madreperla generalmente presenta los sexos separados, es posible que, como mucho bivalvos, presente hermafroditismo protándrico; la producción simultánea de óvulos y

espermatozoides no es frecuente, más este caso se encontró en una proporción de 1.3 % y en ejemplares observados durante el mes de julio. Esto coincide con los resultados obtenidos por investigadores japoneses (Wado and Wado 1939), quienes afirman que la mayor incidencia de hermafroditismo en la madreperla japonesa ocurre durante la temporada de reproducción.

Los óvulos o productos sexuales femeninos, en sus primeras etapas suelen ser alargados, posteriormente, al alcanzar la madurez se vuelven piriformes u ovoideos.

Los óvulos maduros de *P. mazatlanica* miden en promedio 85  $\mu$  de longitud y 50  $\mu$  de ancho, con variación entre 100-56  $\mu$  de longitud y 62-25  $\mu$  de ancho. En contacto con el agua adoptan forma esférica con 60-65  $\mu$  de diámetro; compárese este dato con el de 59  $\mu$  de diámetro que proporciona Cahn (1949) para *P. maxima*.

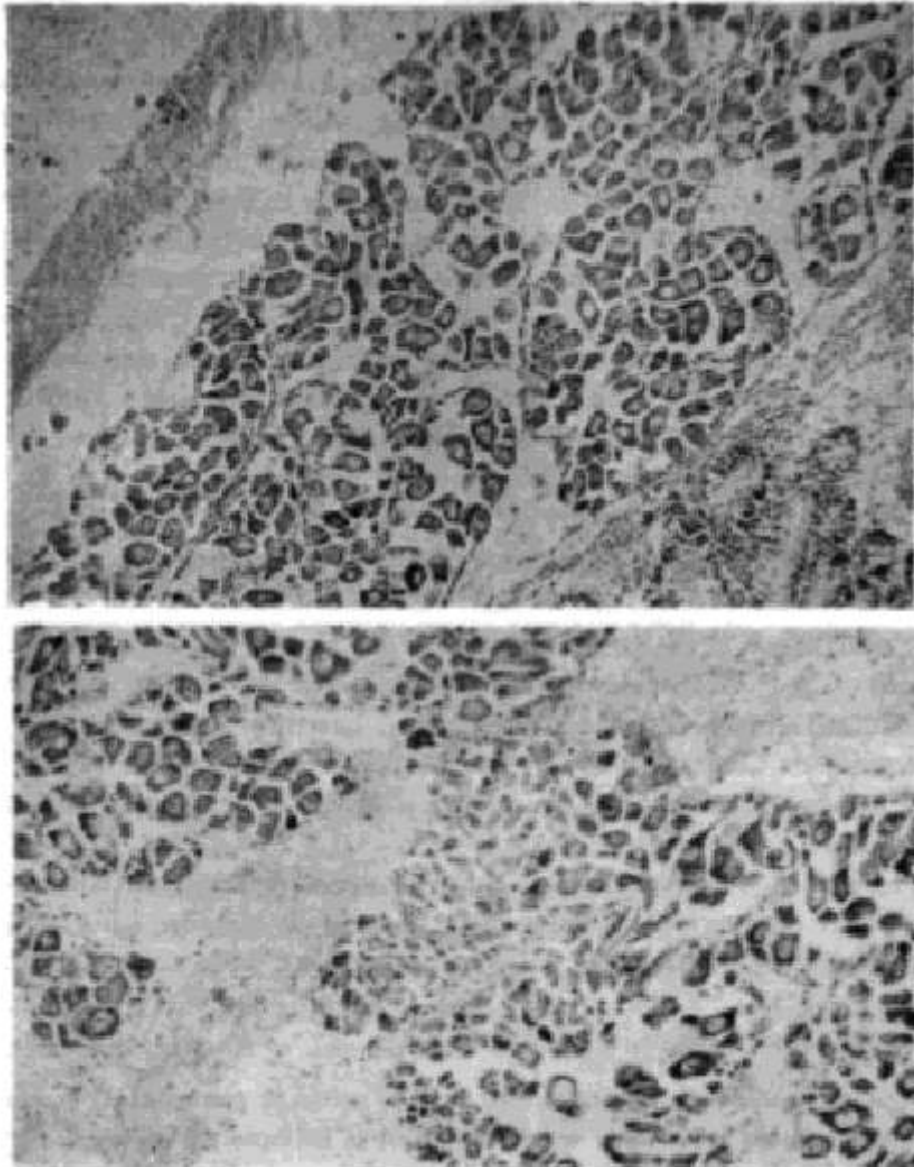


Fig. 8. En el ángulo inferior derecho de la fotografía se aprecia parte del hepatopáncreas; en el superior izquierdo el tegumento epitelial de la bolsa visceral y en posición intermedia, la gónada.

Fig. 9. Etapa gametogénica. Se inicia cuando los ejemplares empiezan a producir gametos: al principio el tejido gonádico aparece en forma de islotes, con abundante tejido conjuntivo. En la fotografía además se aprecian secciones de tejido muscular.

### 3. DESARROLLO GONÁDICO

La madreperla adulta, o cuando menos la muestra examinada, no pasa después de la etapa postreproductiva por una de indiferenciación sexual, por lo que se supone que los ejemplares que se encontraron indiferenciados (3%) en realidad eran individuos que todavía no alcanzaban la madurez sexual. En la mayoría de los casos (97%) se pudo determinar el sexo fácilmente, en virtud de que los ejemplares presentaban cantidad variable de gametos perfectamente identificables.

El estudio del desarrollo gonádico de madreperla puede entenderse más fácilmente, partiendo del establecimiento de diferentes etapas que pueden distinguirse con facilidad en ejemplares adultos. Sin embargo, es preciso señalar que la descripción e ilustración del desarrollo gonádico en este caso se basa exclusivamente en hembras maduras, en virtud de que el tamaño y la cantidad de productos sexuales masculinos, dificulta la separación de las etapas que se señalan.

En virtud de que se considera de gran interés práctico establecer la correlación que pueda existir entre la variación estacional de ciertos factores ambientales y el desarrollo gonádico, en la fig. 19, se muestra la variación estacional de temperatura, precipitación y salinidad, así como el grado de desarrollo gonadal de la madreperla. Los datos de temperatura y salinidad fueron proporcionados por la Estación Mareográfica de La Paz, B. C., del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, que cubren el período 1952-1963. (Promedios mensuales). Los datos de precipitación han sido tomados de Contreras (1942); se consideran representativos, pese a que cubren períodos diferentes, por la correlación existente, ligeramente desfasada, entre salinidad y precipitación.

En la tabla 3, se concentran los datos obtenidos de las observaciones realizadas en las preparaciones histológicas a lo largo de un año. Las características diferenciales de cada una de las etapas se establece de la manera siguiente

#### a) *Etapa gametogénica.* Figs. 9 a 11.

Se inicia cuando los individuos empiezan a producir gametos. Al comenzar esta etapa el tejido conjuntivo se encuentra en el máximo de su desarrollo, lo cual se aprecia con mayor claridad al hacer el examen histológico; el tejido gonádico aparece en forma de islotes, con afinidades cromáticas débiles; la pared de los folículos está constituida por el epitelio germinal en activo proceso de proliferación; posteriormente la gónada continúa creciendo; los folículos se ramifican y crecen hasta que los túbulos se tocan; en la misma proporción disminuye el tejido conjuntivo que queda reducido a una delgada capa que separa del hepatopáncreas al tejido gonádico.

Macroscópicamente puede apreciarse el desarrollo de la gónada a través del epitelio externo que recubre la bolsa visceral, observándose que inicialmente presenta aspecto traslúcido y que paulatinamente va cambiando hasta adquirir un aspecto lechoso característico.

Se observó que algunos ejemplares empezaron a producir gametos durante el mes de enero, intensificándose la actividad gametogénica durante los meses de abril y mayo, cuando la temperatura del agua permanece por arriba de 24°C, pero se siguen observando ejemplares en activa gametogénesis durante junio, julio y agosto.

Mes	Inmaduros	Maduros					Total
		I	II	III	IV	V	
Enero	2	2	—	—	—	6	10
Febrero	1	3	—	—	—	6	10
Marzo	—	9	—	—	—	6	15
Abril	—	12	—	—	—	3	15



Mayo	—	12	3	—	—	5	20
Junio	—	10	6	4	—	—	20
Julio	—	9	5	4	—	—	18
Agosto	—	4	10	6	—	—	20
Septiembre	—	—	8	10	2	—	20
Octubre	—	—	—	4	8	3	15
Noviembre	—	—	—	—	12	8	20
Diciembre	4	—	—	—	—	16	20

- I.\_ Etapa gametogénica con máximo entre marzo y julio.
- II.\_ Etapa de madurez con máximo entre julio y sept.
- III.\_ Etapa reproductiva con máximo entre agosto y sept.
- IV.\_ Etapa post-reproductiva con máximo entre octubre y noviembre.
- V.\_ Etapa de reposo con máxima entre diciembre y marzo.

Tabla 3. Desarrollo gonádico.

b) *Etapa de madurez.* Figs. 12 y 13. Al finalizar la etapa anterior, el organismo ha alcanzado la madurez total, el aparato reproductor aparece como una mesa compacta, más o menos uniforme, en la cual difícilmente se aprecia la individualidad de los túbulos; sin embargo, la gametogénesis continua en algunos ejemplares, el tejido conjuntivo es desplazado totalmente de esta zona, ya que aun los intersticios entre los túbulos aparecen ocupados por células germinales.

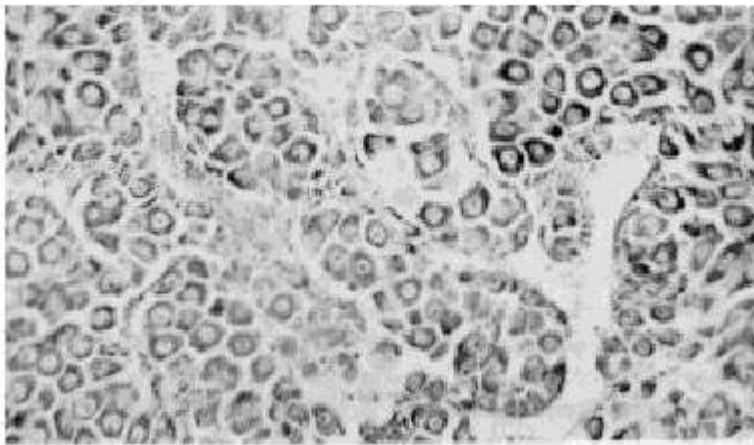
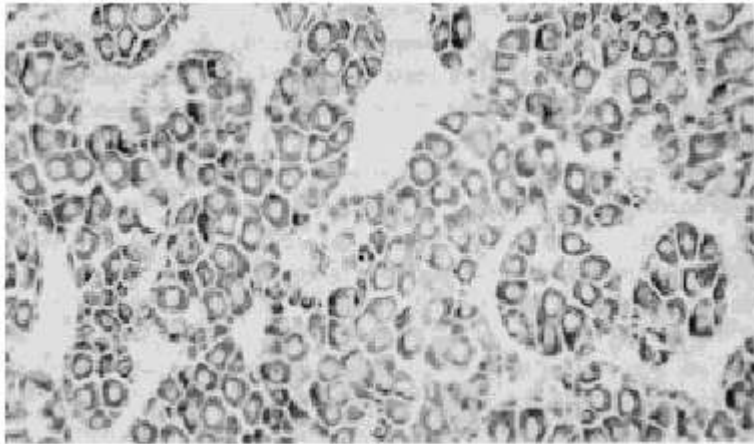


Fig. 10. Etapa gametogénica. Al avanzar esta etapa, el tejido conjuntivo se reduce en la misma proporción en que el aparato reproductor se desarrolla.

Fig. 11. Etapa gametogénica. Continúa la producción de gametos; en algunas zonas, los túbulos se tocan.

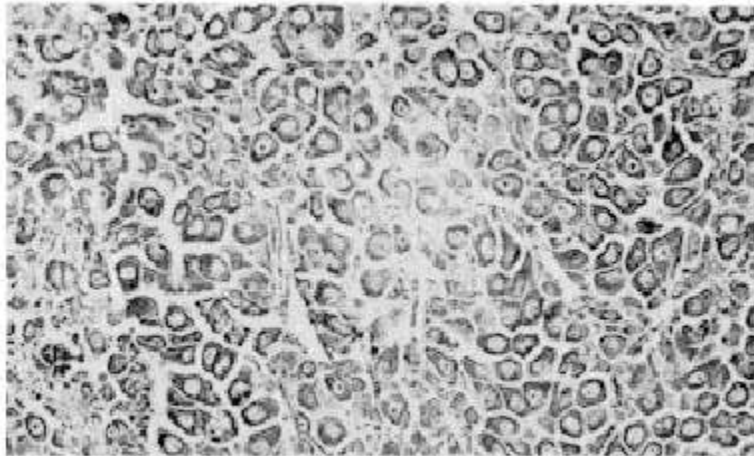


Fig. 12. Etapa de madurez. La gónada aparece como una glándula de aspecto masivo, pues con frecuencia se pierde el límite entre los túbulos.

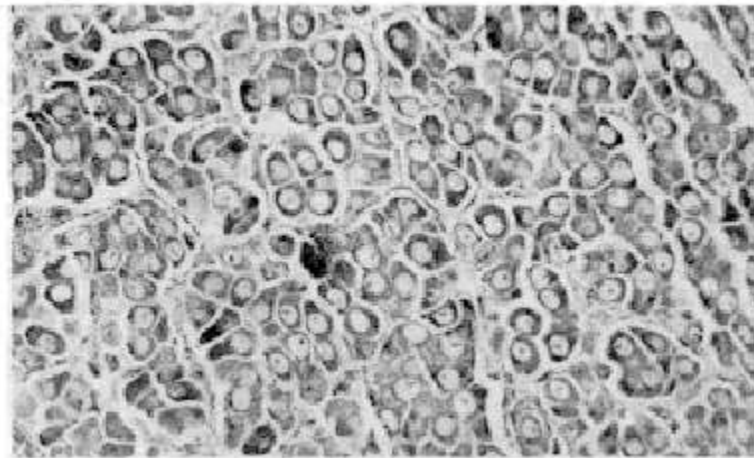


Fig. 13. Etapa de madurez. La gónada aparece repleta de productos sexuales. En la fotografía se aprecia la presencia del nucleolo en la mayoría de los óvulos.

Macroscópicamente se distingue esta etapa porque al levantar la concha y presionar ligeramente la bolsa visceral se desprende un líquido lechoso, que al examinarse microscópicamente muestra productos sexuales.

Se encontraron ejemplares sexualmente maduros a partir del mes de mayo, hasta septiembre, coincidiendo generalmente con temperaturas mayores a los 25°C; sin embargo, la mayoría de los ejemplares alcanzó la madurez sexual cuando la temperatura del agua llegó a los 27°C.

c) *Etapa reproductiva*. Figs. 14 y 15. Se inicia cuando los ejemplares que han alcanzado la madurez sexual expulsan los óvulos, lo que de acuerdo con diversos autores, está determinado por ascenso en la temperatura del agua y presencia de espermatozoides en el agua; es decir, los machos responden a un estímulo térmico y las hembras al químico provocado por los espermatozoides en el agua.

La reproducción generalmente empieza con una débil expulsión, en junio, posteriormente aumenta para volver a disminuir al finalizar la temporada. La mayor incidencia en ejemplares desovados se registró durante agosto y septiembre, con temperaturas comprendidas entre 28 y 29°C. Aparentemente algunos ejemplares empezaron a reproducirse antes, por lo que la temperatura óptima para la reproducción de esta especie está comprendida entre 27-29°C.

Esta etapa se distingue histológicamente por la reducción brusca en la cantidad de gametos, por los huecos que se aprecian en la zona que en fechas anteriores ocupaba el tejido gonádico, en algunos casos se observa tejido roto.

Durante esta etapa es posible que la gametogénesis continúe y que algunos ejemplares se reproduzcan más de una vez durante la temporada de reproducción, mientras que otros realizan sólo una expulsión; igualmente, de acuerdo con algunos autores y en forma semejante a como ocurre en otros lamelibranquios, es posible que la intensidad con que se realice tal función dependa de la condición de los individuos y de ciertas características ambientales, fundamentalmente temperatura.

d) *Etapa Post-reproductiva*. Figs. 16 y 17. Los ejemplares que han dejado de reproducirse muestran huecos en la porción que durante la etapa anterior ocupaba el tejido gonádico. También se observa cierta cantidad de gametos, ya que la expulsión generalmente no es total.

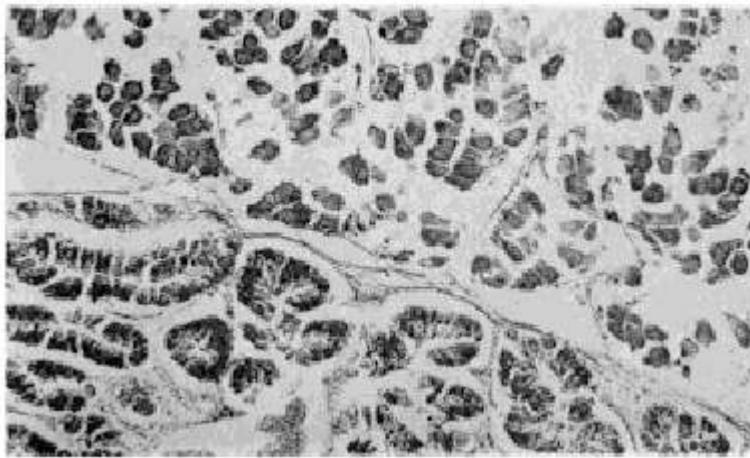
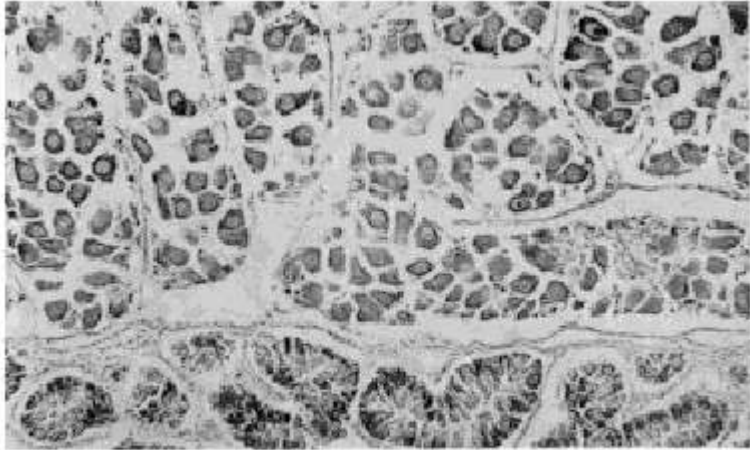


Fig. 14. Etapa reproductiva. Se caracteriza por la expulsión de productos sexuales, con la consiguiente reducción en la cantidad de los mismos y la aparición de huecos en la gónada.

Fig. 15. Etapa reproductiva. La expulsión de gametos continúa mientras los factores ambientales permanecen dentro de ciertos límites. Esta expulsión suele ser tan intensa que en algunas zonas se rompen las paredes de los túbulos.

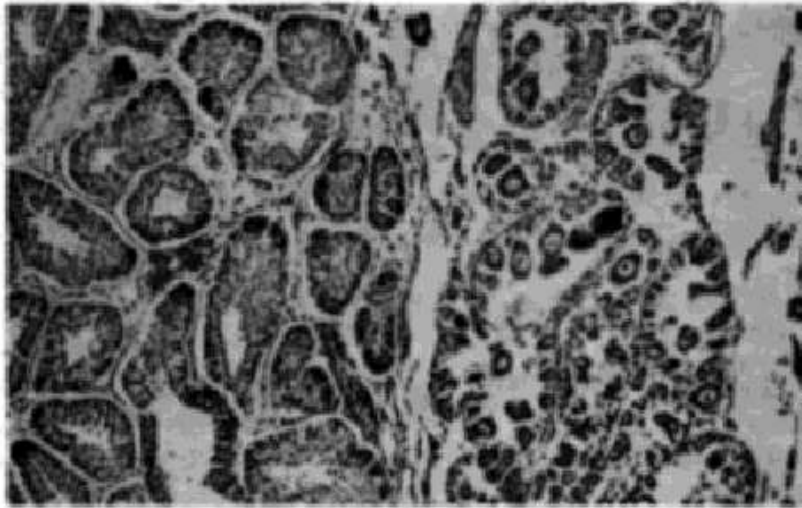
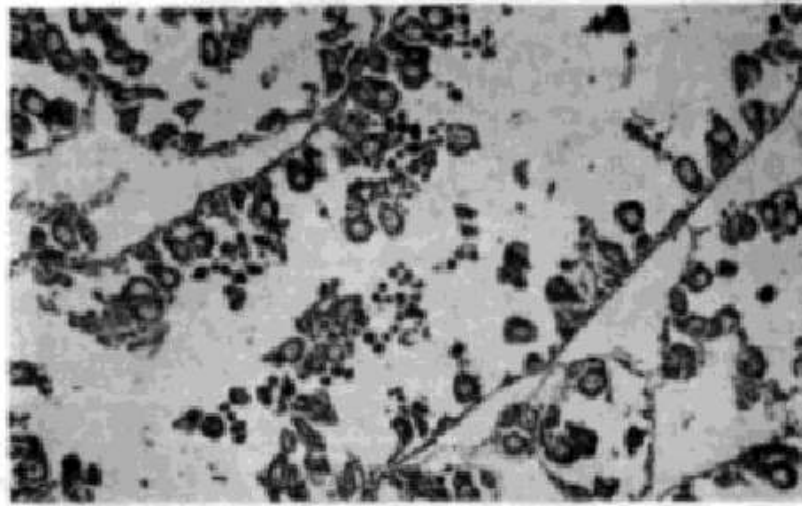


Fig. 16. Etapa post-reproductiva. La escasa cantidad de gametos dispersos, las paredes de los túbulos rotas y la invasión fagocitaria, tal como se aprecia en la fotografía, son indicios claros de que los ejemplares han dejado de reproducirse.

Fig. 17. Etapa post-reproductiva. Se aprecia gran reducción en la gónada que además presenta las paredes de los túbulos rotas y gran parte del material sexual residual en proceso degenerativo.

Los gametos residuales muestran diferente apariencia, ya que algunos presentan tamaño y estructura normal, otros son de menor tamaño, otros no tienen nucleolo diferenciado, los hay rotos, etc. Cuando los ejemplares presentan este aspecto, se considera que han dejado de reproducirse; en esta etapa no se observa producción ni expulsión de gametos, sino absorción e incluso degeneración, así como invasión fagocitaria.

Se encontraron ejemplares que ya se habían reproducido y estaban en una etapa post-reproductiva desde septiembre hasta noviembre, pero indudablemente empiezan a aparecer desde agosto, el mayor porcentaje se registró en noviembre, cuando la temperatura del agua presentaba valores menores a 25°C.

e) *Etapa de reposo*. Fig. 18. Durante esta etapa, las células sexuales residuales se concentran en el interior de túbulos foliculares, donde pueden continuar el proceso de reabsorción o permanecer activos hasta la siguiente

temporada.

Paralelamente al proceso de concentración de tejido sexual, se observa desarrollo del tejido conjuntivo, que tiende a ocupar los espacios dejados por el tejido gonádico y que como se mencionó en párrafos anteriores, muestra estructura folicular característica.

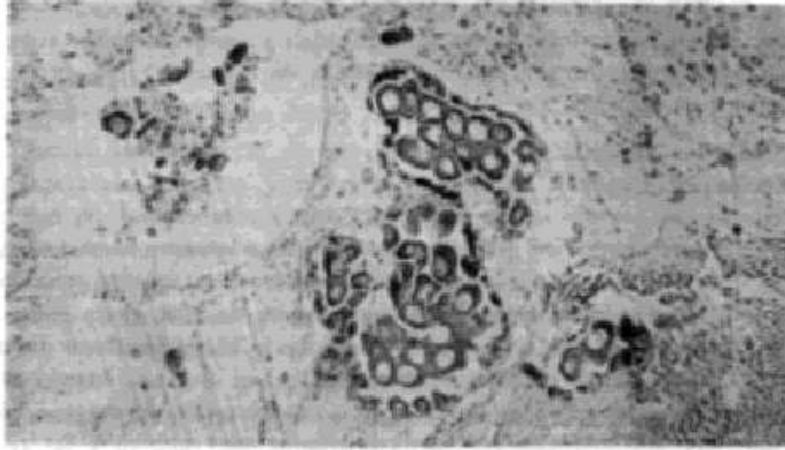


Fig. 18. Etapa de reposo. Las células gonádicas residuales se concentran nuevamente en túbulos, donde la reabsorción puede continuar o suspenderse. Durante esta etapa no hay producción de gametos, en cambio el tejido conjuntivo muestra un claro desarrollo.

El tejido conjuntivo, al principio de esta etapa, muestra afinidades cromáticas débiles y macroscópicamente se aprecia cierta flacidez en los tejidos.

Esta etapa se inició en octubre, pero el mayor porcentaje de ejemplares en estado de reposo se encontró durante los meses de diciembre y enero, cuando la temperatura del agua presenta valores muy bajos, comprendidos entre 20-21°C. Durante los siguientes meses aumenta el número de individuos en gametogénesis, pero no deja de observarse ejemplares en reposo, hasta que la temperatura del agua alcanza valores superiores a 23°C.

## VII. DATOS ECOLÓGICOS

La zona de La Paz, B. C. tiene clima seco, cálido, con humedad deficiente en todas las estaciones e invierno benigno. Biogeográficamente, desde el punto de vista de distribución de organismos marinos, se encuentra dentro de la zona tropical.

La madreperla es un bivalvo con hábitos sedentarios, que se alimenta básicamente de fitoplancton.

Se desarrolla en el nivel sublitoral, entre 5 y 30 m de profundidad, sobre sustrato firme; ocasionalmente algunas crías se fijan en la zona de mareas pero, no logran desarrollarse porque no resisten la exposición.

Entre los factores de importancia ecológica para la distribución de la especie, por limitar hasta cierto punto su abundancia y comportamiento figuran: oxígeno, temperatura, iluminación, transparencia de las aguas, tipo de sustrato y movimiento del agua.

### 1. Oxígeno

Es un factor ecológico de gran importancia porque generalmente determina en forma directa el tipo de organismos que se pueden desarrollar en una zona. En Baja California se habla de una mortalidad masiva de madreperla registrada en 1938. Al respecto el Dr. F. C. La Fond del U. S. Navy Electronic Laboratory of San Diego,

Cal., en comunicación personal al Ing. A. Martínez T., dice que en 1939 se registró un descenso de la concentración de oxígeno en el agua, observado por investigadores norteamericanos que vinieron a las costas de Baja California a bordo del navío U. S. S. Bushnell.

## 2. Temperatura

Se ha señalado con anterioridad que el género tiene distribución tropical; en esta región la especie no llega a la zona de abulón y sargazo (*Macrocystis pyrifera*), que aquí son indicadores de la zona templada; por lo mismo, debe considerarse que la distribución de los organismos que nos ocupan está relacionada íntimamente con las temperaturas mínimas que se registran en la zona. La temperatura es un factor importante porque además de determinar la distribución y abundancia de los organismos, modifica directamente la fisiología y el comportamiento de los mismos. Afecta la producción fitoplanctónica base de la pirámide alimenticia de este tipo de organismo, modifica el ritmo de filtrado, a través del cual se puede estimar la intensidad con que se realizan las funciones metabólicas en organismos como la madreperla.

Al respecto, Kobayashi (p. 196) dice: *P. martensi* inverna, cuando la temperatura del agua permanece por debajo de 7°C las valvas están completamente cerradas; entre 7 y 13°C se registran ligeros movimientos; entre 13 y 15°C siempre está activa, por lo que es posible que 13°C constituya la temperatura crítica para estos organismos en invierno.

Kawakami (1953:221) dice que existe una estrecha relación entre temperatura y ritmo de formación del saco de la perla; Wataba, citado por Kawakami (1953) indica que la secreción de nácar es proporcional a la suma de temperaturas diarias del agua, por tal razón se recomienda que la inserción de núcleos se realice durante junio y julio.

De acuerdo con Cahn (1949), existe una relación estrecha entre la temperatura del agua y ritmo de secreción del nácar, con máximo entre 23-28°C, suspendiéndose por debajo de los 13°C.

Durante la realización de este trabajo se apreció cierta correlación entre la temperatura del agua y la realización de las funciones reproductivas, ya que aun en los ejemplares que mostraban en su interior gametos en cierta abundancia, la expulsión se suspendió cuando la temperatura descendió de 25°C presentando un óptimo entre 27 y 29°C.

En la figura 19 se aprecian las ligeras variaciones registradas a lo largo del año en temperatura y salinidad, así como la estrecha relación que existe entre la salinidad y la precipitación.

La temperatura del agua presenta oscilaciones comprendidas entre 20 y 29.8°C y la salinidad entre 33.3 y 36.4‰ (Villamar 1965:119). Se aprecia además que las variaciones mínimas en salinidad se presentan ligeramente desfasadas de las escasas precipitaciones registradas en la zona. Los aportes fluviales continentales son escasos, lo que hace pensar que la zona presenta características con mayor influencia marina que continental. Al examinar las muestras planctónicas de esa zona se encontró baja producción a lo largo del año, coincidiendo con las observaciones de otros autores, al respecto Moore (1962:164) dice que: la constancia en bajas concentraciones de nutrientes y la poca variación estacional de plancton parece ser típico de aguas tropicales.



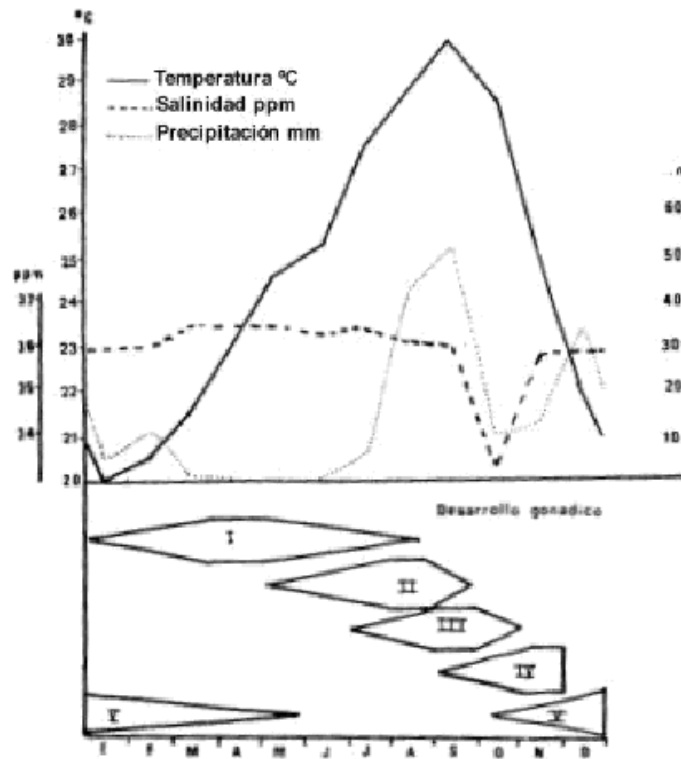


Fig. 19. Etapa gametogénica (I); de madurez sexual (II); reproductiva (III); post-reproductiva (IV); de reposo (V).

### 3. Iluminación

La importancia de este factor en la productividad, zonación y comportamiento de los organismos en la zona fótica es ampliamente conocida. En el caso que nos ocupa, algunos autores han observado fototropismo negativo en las larvas de madreperla, que prefieren zonas poco iluminadas durante el período de fijación. Se sabe que la luz afecta el ritmo de secreción del manto y el tipo de sustancias por él producidas; de acuerdo con Cahn (1949:27) el depósito de capas prismáticas se hace más marcado cuando el animal es sometido a la iluminación intensa, por el contrario, el epitelio externo acelera la secreción del nácar cuando el animal es mantenido en obscuridad total o parcial.

### 4. Tipos de sustrato

Como sucede en la mayoría de los organismos sedentarios litorales, uno de los principales factores que limitan su desarrollo a nivel poblacional, es el relacionado con el tipo de sustrato; la madreperla requiere que éste sea firme, pues de lo contrario las crías mueren ahogadas por el lodo; esto explica la gran competencia inter e intraespecífica que existe por el espacio para la fijación.

En la zona de estudio, de acuerdo con Villamar (1965:145), la madreperla abunda en zonas limoarenosas, fijándose preferentemente sobre conchas de *Pinna rugosa*, que también es el sustrato preferido por otros organismos.

### 5. Movimiento de las aguas

El movimiento de las aguas ocasionado por mareas y oleaje es de cierta intensidad en la zona y está establecido que favorece a los organismos sedentarios, en virtud de que contribuye a la distribución de larvas (alimento, renovación de oxígeno, etc.). Controla, hasta cierto punto el exceso de competencia.

En este caso se observó mayor incidencia de estos organismos en la zona del canal, lo que puede deberse a que en este caso, la corriente se traduce en menor sedimentación de lodo y mayor dotación de alimento y oxígeno.

En lo que se refiere a oleaje y acción de las mareas, de acuerdo con Villamar, A. (1965:119), las mareas en esa zona tienen amplitud de 2.4 m en promedio y 2.6 como máximo. Sin embargo, por tratarse de un organismo del nivel infralitoral, se considera que pueden tener influencia limitada.

#### 6. Relaciones con otros organismos

Los organismos que conviven con la madreperla, pueden agruparse de acuerdo con las relaciones que con ella presentan, en los siguientes grupos: depredadores, competidores, comensales, patógenos, además claro está; de los que constituyen la base de su pirámide alimenticia o sea los organismos fitoplanctónicos.

Se dispone de poca información sobre los depredadores de la madreperla en la zona; los estudios realizados por Baschieri, S. (1962) en otras áreas indican que son atacadas por estrellas de mar, gasterópodos y peces; por lo tanto, se debe hacer hincapié en el estudio de este problema, tratando de determinar no sólo el tipo de organismos que actúan o pueden actuar como depredadores de la madreperla, sino también procurar hacer una cuantificación de los mismos.

En la Bahía de La Paz abundan peces de la familia Scaridae así como los Tetraodontidae, los llamados "cochinos" (*Sphaeroides annulatus*), considerados ambos como depredadores de madreperla, tanto en su etapa juvenil como en la adulta. También abundan equinodermos como los (*Eucidaris thouarsi*, *Echinometra vanbrunti*) y estrellas de mar de las especies *Heliaster kubiniji*, *Pharia pyramidata*, *Phataria unifascialis*, etc.

En lo que se refiere a competidores de madreperla hay algunos celenterados y moluscos, que compiten como organismos filtradores y sedentarios que son, por espacio para la fijación y alimento. Entre los celenterados pueden citarse: *Aglaophaenia* sp: *Palythoa* sp., *Zoanthus* sp., *Poecilopora capitata*, *Porites* sp., *Dendropyllia manni* y entre los moluscos, *Ostrea fisheri*, *Crassostrea palmula*, *Anomia peruviana*, *Modiolus capax*, *Chama buddiana*, *Isognomon chemnitzianus*, etc.

Entre los comensales puede mencionarse al crustáceo *Pontonia margarita* del cual se suelen encontrar de uno a tres ejemplares de la cavidad paleal de *Pinctada mazatlanica* adulta.

Las valvas de *P. mazatlanica* representan el sustrato adecuado para diferentes organismos entre los que pueden mencionarse algunos briozoarios (*Membranipora* sp.) anémonas, esponjas, almejas y ofiuroides (*Ophiotris* sp).

Lewin R. en comunicación personal señala el hecho de que en La Paz, B. C., encontró dinoflagelados con pigmentos clorofílicos en simbiosis con celenterados y moluscos (*Zoanthus* sp., *Poecilopora capitata*, *Porites nodulosa*, *Palythoa* sp. *Sagartia* sp., *Oxynoe panamensis*, *Tridechnniella diomedea*); este es un aspecto que se podría investigar en el caso de la madreperla.

### VIII. CULTIVO

Básicamente, el cultivo de la madreperla se desarrolla sobre las mismas bases que la ostricultura e incluye, por consiguiente:

1. Selección y mejoramiento de las áreas, para lo cual se requiere:

- a) Censo de los bancos naturales y estudio de las características ambientales predominantes.
- b) Acondicionamiento de fondos cuando así se requiera.

2. Determinación de la temporada de reproducción para distribuir los colectores de larvas.

### 3. Control de enemigos, depredadores y competidores.

La madreperla en forma natural se desarrolla sobre trozos de coral muerto, algas coralinas o conchas de moluscos, en el caso que nos ocupa se desarrolla preferentemente sobre conchas de *Pinna rugosa*. Este sustrato no siempre es el que proporciona las mejores condiciones para el crecimiento, fundamentalmente porque existen otros organismos competidores; también es el hábitat de esponjas perforadoras (*Cliona* sp) y otros organismos perforadores que se transmiten fácilmente a la madreperla.

Por otro lado, la técnica de cultivo en suspensión, además de colocar a la madreperla en niveles de mayor productividad la saca de las zonas de mayor competencia y depredación, al mismo tiempo se evitan algunas enfermedades.

Las funciones reproductivas en la zona se inician a fines de junio con máximo en julio y agosto. La fecundación se realiza en el agua, donde se inicia el desarrollo larvario; la madreperla tiene larva trocófora y veliger de hábitos planctónicos, por lo que presenta altos índices de mortalidad larval.

Talavera y Faustino (1931) dicen que en 48 horas aproximadamente la larva alcanza el estado veliger y desarrolla concha; en el transcurso de 4-5 días se fija a cualquier objeto duro. En esta fase las larvas muestran marcado fototropismo negativo y atraviesan una etapa crítica, porque de no encontrar sustrato adecuado, quedan ahogadas en el fango.

Por lo antes dicho, se recomienda distribuir los colectores después de que se ha realizado la reproducción masiva, cuando se presenta la mayor incidencia de larvas en el agua, con lo que se evitará que sean ocupadas por larvas de otros organismos sedentarios. De esto deriva la importancia de determinar la temporada de desove, que para la especie y la zona en estudio es el mes de julio.

Entre los diversos tipos de colectores empleados, se recomiendan los usados en el Mar Rojo (Redd, 1966) que son balsas con varias plataformas de piezas angostas de bambú o mangle, el principio de tal colector descansa en que las grietas o juntas entre las ramas, ofrecen protección adecuada a la larva hasta que la concha adquiere cierta dureza. Las balsas se suspenden de flotadores a no menos de 8 m del fondo del mar, con lo que se conservan más o menos limpias de fango, al mismo tiempo que se mantienen las crías fuera del alcance de algunos depredadores.

Los japoneses, para coleccionar las crías emplean una serie de jaulas (85 X 54 X 20 cm) hechas de tela de alambre con malla de 2 cm, suspendidas de balsas que miden 14 X 5 m y sostenidas a su vez, por tambores (5 a 9) que actúan como flotadores. Cada estructura soporta aproximadamente 50 jaulas colectoras de crías.

En algunos casos, en lugar de las jaulas señaladas, usan una especie de redes de tela de mosquitero, que penden como cortinas de las balsas; estas redes deben fijarse al fondo; tienen como ventaja sobresaliente, la gran superficie que presentan para la fijación de crías.

Cuando los colectores han permanecido en el mar aproximadamente seis semanas, las primeras crías pueden apreciarse a simple vista, pues presentan tallas de 2.5 cm y tienen ya el aspecto de una madreperla en pequeño.

En unas cuantas semanas más, se cubre casi todo el colector con las conchas de las crías, por lo que se hace necesario separarlas para evitar competencia excesiva. Precisamente es éste el momento de sacar los colectores y separar las crías para depositarlas en cajas ostreófilas o cestas de tela de alambre, donde se mantienen en una densidad apropiada, de acuerdo con la producción de alimento en el área.

Las técnicas señaladas con anterioridad podrían garantizar buenos resultados en condiciones normales; sin embargo, cuando prevalecen condiciones de agotamiento intenso, como en el caso que nos ocupa, es más conveniente la aplicación de técnicas de cultivo bajo condiciones controladas, que pueden asegurar menor desperdicio de productos sexuales y mayor efectividad en la fijación larvaria en general.

El cultivo bajo condiciones controladas se empieza a investigar en varios países, como el camino más apropiado para resolver problemas como la contaminación o alteración de las condiciones ambientales en la zona costera; también se recomienda por ser el camino más adecuado para obtener el rendimiento óptimo en la explotación del recurso.

Entre los organismos marinos que más se prestan para este tipo de trabajos, figuran los moluscos y en lugar muy importante los lamelibranquios. Se recomienda experimentar el cultivo de madreperla bajo condiciones

controladas, el cual se puede realizar en tanques naturales o de concreto, con superficie aproximada de 200-300 m<sup>2</sup>, o en acuarios, de vidrio o de plástico, para evitar la acción corrosiva del agua de mar, adaptándoles filtros para impedir la entrada de organismos nocivos; la aireación es necesaria para mantener concentraciones adecuadas de oxígeno.

Estos trabajos se dividen en las siguientes fases:

A) *Preparación de reproductores*. Para esto se aprovecha el conocimiento que se tiene sobre el desarrollo gonadal, que en el caso de la madreperla consta de cinco etapas, de las cuales es importante conocer los factores que inducen a los organismos a iniciar la gametogénesis; el desove, así como los inhibidores de las actividades reproductivas.

En organismos de aguas templadas y cálidas, la gametogénesis se activa mediante incremento y cambios en la temperatura, así como la alimentación adecuada, que provoca la salida de la etapa de reposo.

Por consiguiente, se recomienda mantener a un lote de reproductores en agua de mar corriente, enriquecida con cultivos de algas, ya que aparentemente esta etapa está controlada básicamente por alimentación y temperaturas adecuadas.

B) *Inducción de la reproducción*. Para obtener un número adecuado de crías, se puede trabajar con gametos expulsados por vía natural o con tejido reproductor en plena madurez; en general, es preferible inducir la expulsión de gametos en los reproductores, siguiendo diferentes métodos, entre los cuales se pueden mencionar el térmico, que consiste en inducir la reproducción elevando la temperatura unos cuantos grados durante cierto número de horas.

Iwata, logra este mismo propósito estimulando la expulsión gonadal mediante la inyección de 0.5-2.0 ml de una solución 0.5 M de KCl u otra solución neutra de potasio, en la cavidad del manto; esto ha dado buen resultado en *Mytilus edulis* y *Ostrea edulis*.

C) *Alimentación de crías*. Las crías de lamelibranquios requieren alimento en cantidades apropiadas desde la fase planctónica; en esta etapa su dieta está restringida a algas unicelulares de menos de 10 μ de diámetro, posteriormente 4 ó 5 días, la larva pasa a niveles próximos al fondo, por lo que se recomienda usar algas que se puedan aprovechar en todos los niveles y no sólo en la superficie.

Entre las especies que han dado buen resultado en la alimentación de larvas de lamelibranquios figuran las de *Monochrysis*, *Isochrysis*, *Chorella* y *Chromulina*.

Se puede obtener crecimiento adecuado en este tipo de algas de acuerdo con Davis & Guillard (1958: 294), en cultivos colocados bajo luz blanca fluorescente y lámparas de luz blanca y fría con intensidad luminosa de 500 bujías por pie, a temperatura comprendida entre 19 y 23°C, salinidad entre 22 y 27‰, enriquecidas con cantidades adecuadas de nitratos, fosfatos, microelementos (Cu, Zn, Co, Mn, Mo) y vitaminas.

## IX. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se presentan aspectos relacionados con la biología de *Pinctada mazatlanica* (Hanley), la ostra perlera mexicana, que en el pasado soportó en México y concretamente en el Golfo de California, una explotación de cierta intensidad.

Las poblaciones de esta especie se agotaron aparentemente, como resultado de la sobre-explotación. No obstante, existe también la posibilidad de que tal agotamiento sea el resultado de alteraciones ambientales o de desequilibrio ecológico originado por la explotación, que ha favorecido en última instancia el desarrollo de organismos competidores y depredadores de la madreperla.

Como base para el cultivo de esta especie, se emprendió el estudio de algunos aspectos biológicos básicos como el desarrollo gonadal y la distribución por tallas de la muestra examinada.

Se encontró que la madreperla presenta ciclo gonádico típico; en las hembras adultas se pueden identificar con cierta facilidad las siguientes etapas: gametogénica, de madurez, reproductiva, post-reproductiva y de reposo.

*P. mazatlanica*, alcanza tallas hasta de 125-175 mm, al examinar la distribución por tallas de la muestra

sometida a estudio se encontró gran variación en la misma, con mínima de 84 mm y máxima de 142 y promedio de 115.7 mm; al comparar estas medidas con las que da Cahn para *P. martensi* y las recomendaciones que se dan para la explotación de la última especie se llega a la conclusión de que la talla mínima establecida para *P. mazatlanica* en el reglamento de pesca no es la adecuada, debiendo haber sido ésta por lo menos de 115 mm.

Los bancos de madreperla en la actualidad, se encuentran sumamente agotados, por lo que resultará difícil lograr su recuperación bajo condiciones naturales; sin embargo, dada la importancia del recurso y de la zona en estudio, deberían continuarse los estudios en el área, con objeto de tener idea más precisa de los posibles cambios que se han registrado en La Paz y áreas circunvecinas, que aparentemente han afectado en principio a la madreperla.

Entre los trabajos a realizar se recomienda un estudio completo de la zona que incluya: características físico-químicas del agua, productividad, comunidades planctónicas, bentónicas y nectónicas, tipo de fondos, corrientes, sedimentación, etc.

Simultáneamente se deben iniciar trabajos experimentales de cultivo en acuarios o tanques bajo condiciones controladas.

## X. BIBLIOGRAFÍA

ARROYO CARRILLO, R. 1944. Breves apuntes históricos sobre la pesca en México (La pesca de perlas). *Rev. Gral. de Marina*. 3: 32-33.

——— 1944. La Pesca en México. Apuntes sobre la pesca o buceo de perlas. *Rev. Gral. de Marina*. 4: 22-23

——— 1945. La Pesca o buceo de perlas. *Rev. Gral. de Marina*. 6: 34-35 Fot.

——— 1950. El Cultivo Industrial de la concha-perla y la producción de perlas cultivadas. *Rev. Gral. de Marina*. 8: 7-8 Fot.

——— 1950. El Cultivo Industrial de la Concha Nácar. *Rev. Gral. de Marina*. 10: 7-8 Fot.

BASCHIERI SALVADORI, F. 1960. Report to the government of India on the pearl and chank beds in the Gulf of Manaar. Expanded Technical assistance Program *FAO Report*. 119, 60 pág. 3 tab. 5 map. Rome.

——— 1961. Second report to the government of India on the pearl and chank beds in the Gulf of Manaar. Expanded Tech. Assistance Program *FAO Report*. 1323, 12 pág. Rome.

——— 1962. Third report to the government of India on pearl and chank beds in the Gulf of Manaar. Expanded Tech. Assistance Program *FAO Report*. 1948.

CAHN, A. H. 1949. Pearl Culture in Japan. U.S. Department of the Int. Fish and Wildlife Service, Washington: 91 pág. Figs. Repr. from Report 122 Nat. Resour. Sec. General Headquarters, Supreme Commander for the Allied Powers.

HERTLEIN & STRONG. 1943. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society XXII Mollusks from the West Coast of Mexico and Central America. Part. 11 Zoological, New York Zool. Soc. 28(3): 149-168, 1.

CONTRERAS, A. A. 1942. Mapa de las Provincias climatológicas de la República Mexicana. Secretaría de Agricultura y Fomento. Instituto Geográfico. 27: 1-52. Cuadros y mapas.

DAVIS, H. C. AND GUILLARD R. R. 1958. Relative value of ten genera of microorganisms as food for oyster and clam larvae. *Fishery Bull of Fish and Wildlife Service*. 46: 293-304.

GALTSOFF, P. S. 1964. The American Oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Bull. U.S. Depart. of the Inst. Fish and Wildlife Service*. 64: 1-480 figs.

HUMBOLDT, A. de. 1966. Ensayo político sobre el reino de la Nueva España. Editorial Porrúa, S.A. México, 696 pág.

KAWAKAMI, K. 1953. Studies on pearl-sac formation II. The effect of water temperature and freshness of transplant

- on pearl-sac. *Annotations Zoologicae Japanenses*. 26 (4): 217-223.
- KOBAYASHI, S. AND M. TOBATA. Studies on Culture of pearl. Activity of pearl cyster in winter. Eighth Pacific Sci. Congress: 196-202.
- MATSUI, Y. A report on studies made in Japan on pearl Culture. Eight Pacific Sci. Congress: 225-228.
- MOORE, H. B. 1962. Marine Ecology. New York. John Wiley & Sons. Inc. London, 493 pág.
- MORTON, J. E. 1958. Molluscs and introduction to their form and functions. Harper Torch Book the Science Library, 232 pág.
- PUJOL, F. J. 1871. Ictiología. Estudio biológico sobre la ostra *Avicula margaritifera* (concha perla). *Bol. Soc. Mex. Geog. Est.* Ep. II, 3: 119-139.
- RANSON, G. 1961. Les especes d'huitres perlières du genre *Pinctada* (biologie de quelques unes d'entre elles). Memoir, Deuxieme Serie. Fasc. 67: 95, 42 Lam. *Inst. Royal des Sciences Naturelles de Belgique*.
- REED, W. 1966. Farming for sea-buttons. *Sea Frontiers, Magazine of the Inst. Oceanographic Foundation*. 12(5): 276-285 figs.
- SÁNCHEZ, J. 1880. Nota sobre la concha madreperla de la Baja California. *La Naturaleza*, Ser. I, 5: 10-13
- STEINBECK, J & E. P. RICKETTS. 1941. Sea of Cortes. New York, the Vicking Press, 598 pág.
- TALAVERA AND FAUSTINO. 1931. Industrial shells of the Phillipines. *Phillip Jour. Sci.* 45 (3): 321-350.
- VILLAMAR, A. 1965. Fauna malacológica de la Bahía de La Paz, notas ecológicas. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras*. 1: 113-152.
- WADA, R. AND WADA S. 1959. The sex in pearl oyster *Pinctada maxima*. *Science of the Sea Islands*. 2(1): 4-43. Figs.
- WILBUR, K. M. AND C. M. YONGE. 1964. Physiology of Mollusca. Acad. Press. New York and London. 1:473.
- YOKOTA, T. Y. INOUE AND T. SAWATO. Preliminary report of experiment to reduce mortality of oyster in summer. Eighth Pacific Sci. Congress: 203- 205.