

Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, B.C.S., México

Ma. del Carmen Fajardo-León; Esperanza Michel-Guerrero, Jaime Singh-Cabanillas, J. Alfonso Vélez-Barajas, J. Antonio Massó-Rojas

Centro Regional de Investigación Pesquera de la Paz, INP.
Km 1, carretera a Pichilingue, La Paz, BCS, México

FAJARDO-LEÓN M.C.; E. Michel G.; J. Singh C.; J.A. Vélez B.; J.A. Massó R. 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS, México *INP-SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 11 (Nueva Época)*

Se describe la estructura de la población en talla y peso, la relación peso-longitud, el ciclo reproductor y el índice gonadosomático (IG) de *Isostichopus fuscus* en un ciclo anual en Santa Rosalía, B.C.S. La longitud total fluctuó entre 60 y 360 mm, con un promedio anual de 251 mm. El peso total entre 39 y 960 g, con un promedio de 458 g (peso fresco). El peso del tegumento entre 30 y 509 g, con un promedio de 295 g. La relación peso total-longitud fue $W = 0.059855 L^{1.6}$, $r = 0.77$ y $r^2 = 60\%$. La relación entre el peso del tegumento y la longitud fue $W = 0.129616 L^{1.4}$, $r = 0.74$ y $r^2 = 55\%$. El ciclo reproductor es anual, con cinco estadios de desarrollo gonádico: indiferenciado, gametogénesis, madurez, desove y posdesove. El desove se presentó en Verano. El ciclo de reproducción y los IG se encuentran sincronizados con la temperatura. Se propone una veda para reproducción de mayo a septiembre.

The population structure in size and weight, the relation between weight and length, the reproduction cycle and the gonad index (GI) of the *Isostichopus fuscus* in one annual cycle in Santa Rosalía, B.C.S. México, are described. The total length fluctuated between 60 and 360 mm, with an annual average of 251 mm. The total weight is between 39 and 960 g with an average of 458 g (fresh weight). The tegumen weight is between 30 and 509 g., with an average of 295 g. The relation between total weight and length was of $W = 0.059855 L^{1.6}$, $r = 0.77$ y $r^2 = 60\%$. The relation between tegument weight and its length was $W = 0.129616 L^{1.4}$, $r = 0.74$ y $r^2 = 55\%$. The reproduction cycle is anual, five gonadic development cycles were determined; indiferenciado, gametogenesis, maturity, spawning and post-spawning. The spawning occurring in the summer. The reproduction cycle and the GI are sincronized with temperature. We propose a fishing ban for reazons of reproduction from May to September.

Introducción

El pepino de mar *Isostichopus fuscus* Ludwig, 1875 se localiza en hábitats rocosos y pedregosos, ocasionalmente en sustratos arenosos y fangosos, desde

aguas someras hasta 61 m de profundidad (Kerstitch, 1989). Se distribuye desde el Golfo de California hasta las Islas Galápagos y Ecuador (Caso, 1961 y Kerstitch, 1989).

Desde 1989 forma parte de los recursos de importancia económica en el estado de Baja California Sur. En la costa occidental de la península se ha registrado en lugares conocidos como "El Conejo" y "Punta Bentonita"¹ y en la costa oriental desde Punta Trinidad, al norte de Santa Rosalía, hasta la porción sur de la Bahía de la Paz (notas al pie 2, 3, 4, 5, 6 y 7). La captura comercial de este recurso se realiza principalmente en la costa oriental del estado (Fig. 1).

Su costo y demanda en el mercado asiático han motivado un aumento en el esfuerzo pesquero y la correspondiente disminución de las poblaciones silvestres. De 1989 a 1991, la captura, peso fresco, se incrementó de 336 a 623 t. Sin embargo, de 1992 a 1993 descendió a 95 t y en 1994 fue de 182 t. El área de mayor producción en Baja California Sur es Santa Rosalía y zonas aledañas, que aportan entre el 90 y 100% del pepino de mar en el estado (SEPESCA, 1989-1994).

- ¹ Vélez B., J.A. 1991a. Evaluación del recurso pepino de mar en el área de El Consejo y Punta Bentonita, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 7 p.
- ² Singh C., K.; M.C. Fajardo-León y P. Méndez. 1989. Prospección y evaluación de pepino de mar en la zona entre Ensenada de Muertos e Isla San José, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 5 p.
- ³ Singh C., J.; P. Méndez y A. Espinoza. 1993. Evaluación de pepino de mar realizada en Agua Verde y Loreto, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 5 p.
- ⁴ Massó R., J.A.; N. Ceseña E. y P. Méndez. 1990. Evaluación de las poblaciones de pepino de mar en Bahía San Carlos, Punta Trinidad, Isla Tortugas, San Marcos, Punta Chivato y Ensenada Blanca, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 5 p.
- ⁵ Massó R., J.A.; N. Ceseña E. y P. Méndez. 1991. Evaluación del recurso pepino de mar en el área de Punta Santa Cruz a Punta Arenas, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 7 p.
- ⁶ Massó R., J.A.; L. López y N. Ceseña E. 1992. Evaluación de pepino de mar en la zona norte de Sant Rosalía, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 5 p.
- ⁷ Vélez B., J.A. 1991b. Evaluación del recurso pepino de mar en las áreas de Ensenada Blanca a Punta Teresa y de Punta Trinidad a Punta Chivato, B.C.S. *Doc. Int. INP. La Paz*. 10p.

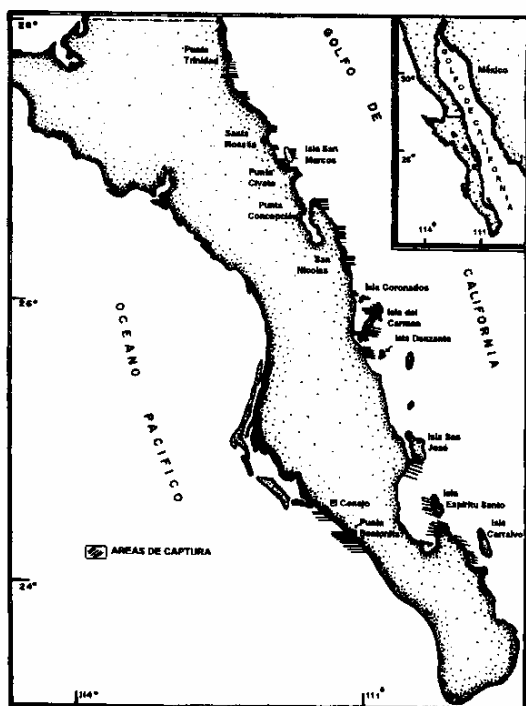


Fig. 1. Distribución y áreas de captura del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS, México.

La escasa información que se tiene del recurso, su demanda en el mercado por el sector productor, la disminución de su captura y el desconocimiento de aspectos biológicos y poblacionales motivaron este estudio, hecho con el propósito de obtener información de la población y de su biología que aporten elementos para administrar su pesquería.

Antecedentes

Entre los estudios de esta especie se encuentran los de Caso (1961), Morris (1980), Kerstitch (1989) y Herrero-Pérezrul (1990), quienes tratan aspectos taxonómicos y de distribución. Sierra y Gil (1992), citado por Sierra-Rodríguez (1994), estudiaron su distribución, abundancia y estructura de tallas en las costas de Oaxaca. Sierra-Rodríguez efectuó una prospección en seis zonas del litoral de Oaxaca. Girón-Botello *et al.*⁸ analizaron su pesquería en el Pacífico mexicano y Salgado-Castro (1994) propuso medidas para su administración en ambas costas de la península de Baja California. En Baja California Sur, Fajardo-León *et al.*⁹ realizaron un estudio preliminar de la estructura de tallas y ciclo reproductor en Santa Rosalía, BCS. Otras investigaciones sobre el ciclo de reproducción, en el estado, han sido abordadas por Zúñiga y Michel (1992) y Herrero-Pérezrul (1994).

8 Girón-Botello, R.; J. Singh-Cabanillas; C. Fajardo-León; A. Vélez-Barajas y J.A. Massó Rojas. 1994. La pesquería de pepino de mar en el Pacífico mexicano. En: Pesquerías Relevantes de México. Tomo II: Holothúridos. Inst. Nal. de la Pesca. México. En prensa.

9 Fajardo-León, M.C.; J.A. Vélez Barajas; J.A. Massó R. y J. Singh-Cabanillas. 1992. Análisis preliminar del estudio poblacional de pepino de mar *Isostichopus fuscus* Ludwig. 1985, en Santa Rosalía, B.C.S., México. Doc. Int. INP. La Paz. 27p.

Área de estudio

El área de estudio se localizó en Santa Rosalía, BCS, México, entre el muelle de Santa Rosalía y el estero San Lucas; entre los 27°19' N-112°15' W y 27°21' N-112°17' W (Fig. 2).

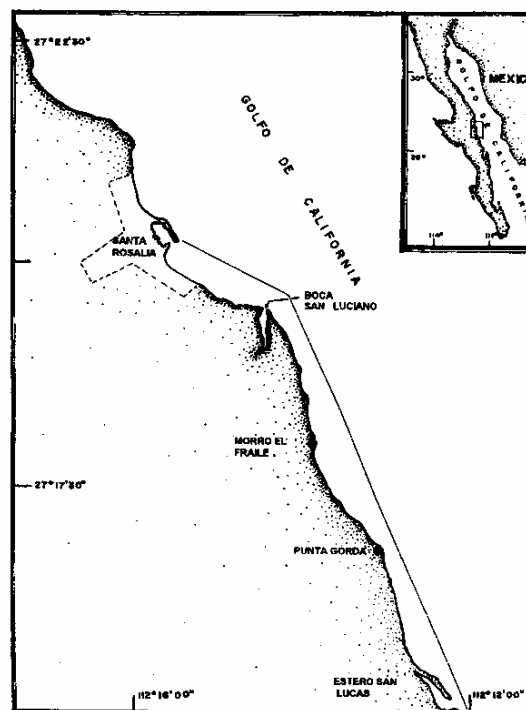


Fig. 2. Área de estudio. Santa Rosalía, BCS, México.

Material y métodos

Las muestras se recolectaron mensualmente de septiembre de 1992 a septiembre de 1993 en la zona entre el muelle de Santa Rosalía y el estero San Lucas, BCS. El tamaño de la muestra promedio fue de 50 ejemplares por mes. La extracción de los organismos fue al azar, entre uno y 10 m de profundidad, por buceo semiautónomo tipo *Hooka*. Los pepinos de mar tienen como sistema de defensa la expulsión de vísceras y agua al sentirse manipulados, por lo que, para evitar esto, se colocaron y transportaron en una tina de lámina galvanizada de un metro de diámetro, llena de agua, la cual se intercambiaba constantemente.

Se midió la longitud total de cada individuo con un vernier de madera de 50 cm diseñado para este fin. Los datos de peso se dan en peso fresco. Se registró el peso total (que incluye tegumento, vísceras, gónada y agua), el del tegumento (sin vísceras ni gónadas), de las partes blandas (vísceras y gónada) y de la gónada, empleando una báscula granataria de triple brazo, con precisión de 0.1 g. Con estos datos se determinó la estructura en tallas y peso de la población, mensual y anual. Los intervalos de clase de longitud y peso se obtuvieron mediante la Regla de Sturges

(Daniel, 1984). Se determinó la relación peso-longitud según la ecuación: $W = a L^b$ (Cone, 1989).

De los organismos recolectados se eligieron al azar 25 para extraer a cada uno la gónada, la cual se pesó y preservó en formalina al 10%. En el estudio histológico se utilizó la técnica de inclusión en parafina; el grosor de los cortes fue de seis a ocho micras y estos se tificaron con la técnica de Hematoxilina-Eosina (Rivas, 1981). Se determinó la anatomía de la gónada, su estado de desarrollo y la evolución del índice gonadosomático. Los índices gonadosomáticos (IG) se estimaron cada mes a partir de la relación (peso gonádico/peso corporal) X 100, según Giese y Pearse (1974).

En cada muestreo se registró la temperatura superficial del agua con un termómetro de cubeta con precisión de 0.1 °C y luego se determinó su relación con el ciclo de reproducción.

Resultados

Estructura de la población en talla y peso

En la *Tabla 1* se muestran los promedios por mes y anual de longitud y peso, así como del tamaño de muestra.

Tabla 1.- Tamaño de muestra (N) y valores promedios mensual y anual de longitud (L), peso total (PT), peso del tegumento (PTG) y peso de partes blandas (PPB) del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México.

MES	N	L (mm)	PT (g)	PTG (g)	PPB (g)
SEP 1992	75	249	424	302	
OCT "	50	240	415	262	39
NOV "	42	222	367	272	52
DIC "	50	259	500	306	74
ENE 1993	50	276	521	318	74
FEB "	21	221	249	183	15
MAR "	31	232	505	306	56
ABR "	43	268	611	358	88
MAY "	50	257	581	356	60
JUN "	50	279	548	350	78
JUL "	50	278	454	293	52
AGO "	50	267	425	288	61
SEP "	50	215	360	243	43
ANUAL	612	251	458	295	58

En la *Figura 3* se aprecia la estructura de tallas por mes. La clase modal mejor representada en el año fue la de 240 a 280 mm. La longitud mínima (60 mm) se registró en septiembre de 1992 y la máxima (360 mm) en junio del mismo año. El promedio mensual fluctuó entre 215 y 279 mm y la media anual fue de 251 mm.

El peso total del organismo está constituido por el cuerpo o tegumento (65%), las vísceras y la gónada (10%) y agua.

En la *Figura 4* se observa la estructura de la población en peso total. La clase modal mejor representada en el año fue la de 400 a 550 g; el peso mínimo registrado fue de

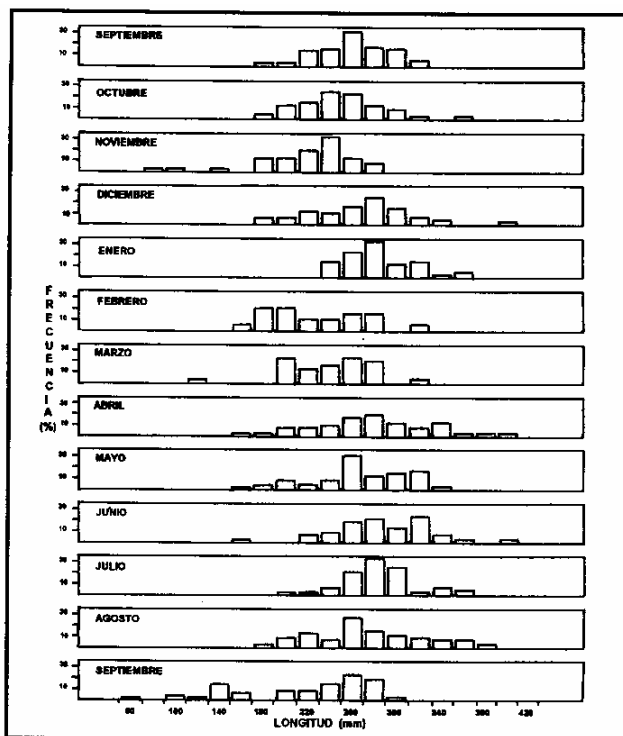


Fig. 3. Frecuencia de tallas por mes del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México.

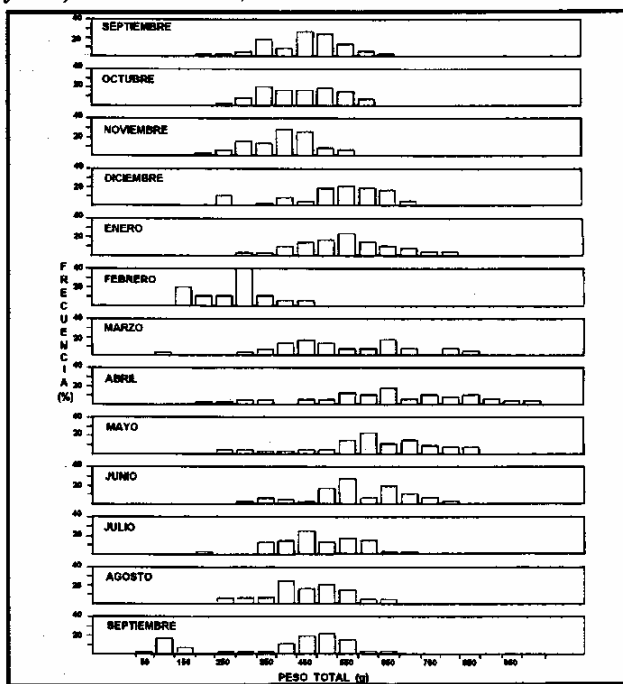


Fig. 4. Frecuencia del peso total por mes del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México.

39 g en septiembre de 1993 y el máximo de 960 g en abril del mismo año; la media mensual fluctuó entre 249 y 611 g y la anual fue de 458 g.

En la *Figura 5* se muestra la estructura de la población en peso del tegumento. La clase modal mejor representada en el año fue la de 300 a 400 g; el peso mínimo (30 g) se registró en septiembre de 1993, el máximo (509 g) en junio del mismo año; la media mensual fluctuó entre 183 y 358 g y la anual fue de 295 g.

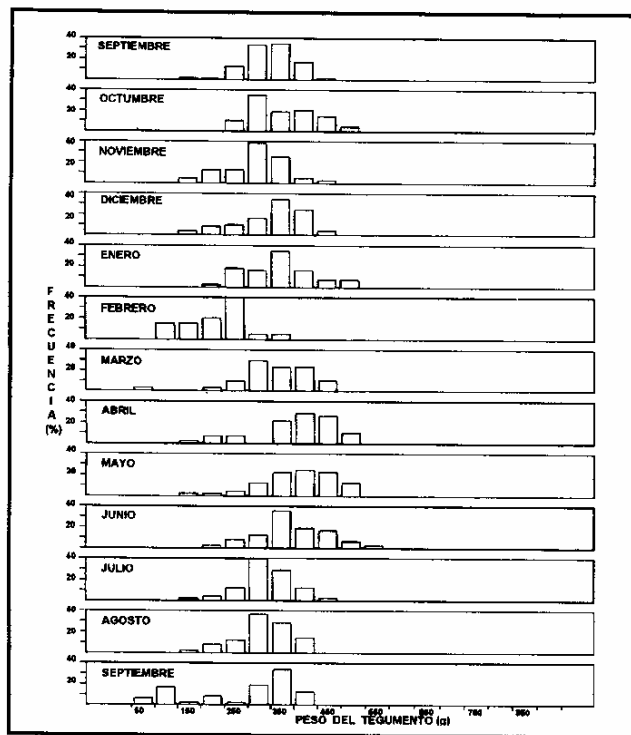


Fig. 5. Frecuencia del peso de tegumento por mes del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México

El peso mínimo (1.5 g) de las partes blandas (vísceras y gónadas) se registró en septiembre de 1993; el máximo (182 g) en abril del mismo año; la media mensual fluctuó entre 15 y 88 g y la anual fue de 58 g. El peso mínimo de la gónada fue de 1.0 g en enero y febrero y el máximo de 38 y 40 g en junio y julio, respectivamente.

En la *Figura 6* (A, B, C y D) se aprecian las fluctuaciones de mínimos, máximos y promedios de longitud total; peso total del tegumento y de la gónada por mes, así como su promedio anual. Relación peso-longitud

En la *Tabla 2* se muestran los resultados de la relación entre peso total y longitud y entre peso del tegumento y longitud, por mes y anual, con base en la ecuación $W = aL^b$. Se dan los parámetros a (intersección o factor de condición), b (pendiente de la curva o factor de isometría), y el coeficiente de correlación (r). En la relación peso total-longitud la mayor magnitud del factor a se registró en junio (9.3019) y la menor en septiembre de 1993 (0.00034). En relación con la pendiente b , se registró la máxima en

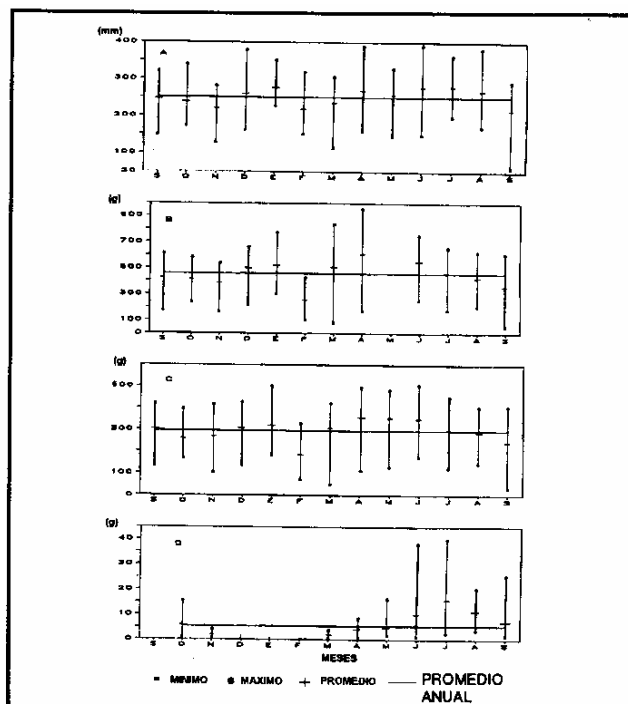


Fig. 6. Mínimos, máximos y promedios, por mes y año, de longitud (A), peso total (B) y peso de tegumento (C) y peso de gónada (D) del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México

septiembre (2.5), y la mínima en junio (0.7). En la ecuación que relaciona peso del tegumento y longitud, el máximo del factor a se registró en junio (26.16467) y el mínimo en septiembre del mismo año (0.000304). De la pendiente b se obtuvo el máximo en septiembre (2.5) y el mínimo en junio (0.5).

Tabla 2. Relación entre la longitud (L) y peso; TP: peso total; PTG: peso del tegumento; r : coeficiente de correlación, por mes y anual de *I. fuscus* en Santa Rosalía, BCS, México.

MES	RELACIÓN			RELACIÓN		
	L-PT	r		L-PTG	r	
SEPT 1992	$W = 2.07653 L^1$	0.58		$W = 4.6464 L^{.7}$	0.52	
OCT "	$W = 1.737155 L^1$	0.67		$W = 1.901199 L^{.9}$	0.63	
NOV "	$W = 0.330354 L^{1.3}$	0.84		$W = 0.194289 L^{1.3}$	0.72	
DIC "	$W = 0.537345 L^{1.2}$	0.71		$W = 0.994979 L^1$	0.63	
ENE 1993	$W = 0.350894 L^{1.3}$	0.64		$W = 1.028323 L^1$	0.48	
FEB "	$W = 0.024322 L^{1.7}$	0.83		$W = 0.019303 L^{1.7}$	0.82	
MAR "	$W = 0.009793 L^{2.0}$	0.84		$W = 0.020875 L^{1.7}$	0.82	
ABR "	$W = 0.265423 L^{1.4}$	0.74		$W = 0.664471 L^{1.1}$	0.74	
MAY "	$W = 0.132039 L^{1.5}$	0.85		$W = 0.87543 L^{1.1}$	0.77	
JUN "	$W = 9.301912 L^{0.7}$	0.51		$W = 26.16467 L^{.5}$	0.33	
JUL "	$W = 0.177741 L^{1.4}$	0.69		$W = 0.425247 L^{1.2}$	0.62	
AGO "	$W = 0.52073 L^{1.2}$	0.82		$W = 1.03742 L^1$	0.77	
SEP "	$W = 0.00034 L^{2.5}$	0.96		$W = 0.000304 L^{2.5}$	0.97	
GLOBAL	$W = 0.598 L^{1.6}$	0.77		$W = 0.129616 L^{1.4}$	0.74	

En la *Figura 7* se aprecia la curva de la relación anual entre el peso total y la longitud. Los parámetros estimados fueron $a = 0.059855$, $b = 1.6$ y el coeficiente de correlación $r = 0.77$ y $r^2 = 60\%$.

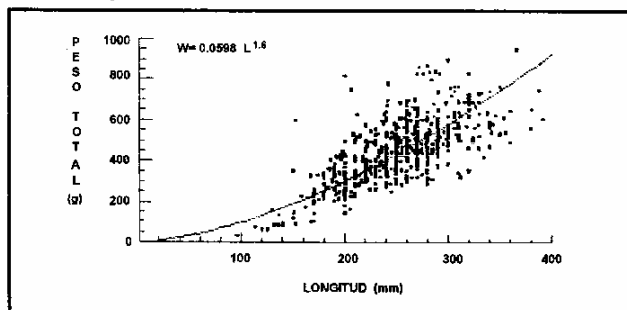


Fig. 7. Relación anual entre el peso total y longitud del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México

En la *Figura 8* se observa la curva de la relación anual entre el peso del tegumento y la longitud. Los parámetros estimados fueron $a = 0.129616$, $b = 1.4$ y el coeficiente de correlación $r = 0.74$ y $r^2 = 55\%$.

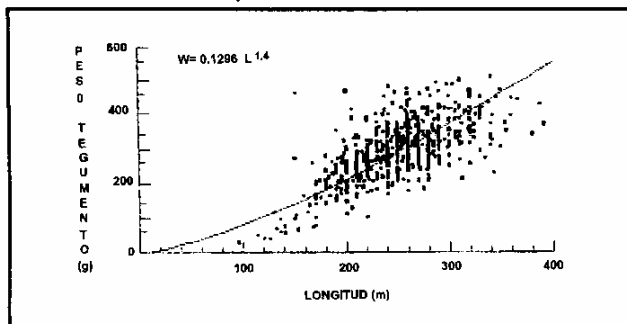


Fig. 8. Relación anual entre el peso del tegumento y la longitud del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México.

Ciclo gonádico

Se procesaron y analizaron 126 gónadas femeninas. La gónada se localizó en la parte anterior del celoma. Morfológicamente, tiene apariencia tubular racimosa, carece de un saco externo que la cubra, su textura y color varían, de acuerdo con el grado de madurez sexual, de transparente gelatinosa (inmadura) a cremosa granulosa (máxima madurez). Los sexos son separados, no se encontró hermafroditismo ni dimorfismo sexual externo. Por eso la determinación de los sexos se hizo por observación microscópica de los órganos genitales. Histológicamente, la gónada está formada por túbulos de diferentes tamaños y tres capas: la más externa, llamada peritoneo, está compuesta de células epiteliales, nervios y células musculares; le sigue otra de tejido conectivo, asociada a células mesenquimales y el llamado seno genital hemal; y la tercera, que constituye

el epitelio interno, asociado a los oocitos y células epiteliales somáticas. El grosor de estas capas varía con los cinco estadios de madurez sexual determinados.

Estadio I. Indiferenciado

Caracterizado porque los túbulos primarios carecen de pliegues o prolongaciones longitudinales de tejido epitelial interno y tejido conectivo. No hay ovocitos y por ello el sexo no se puede determinar. Los túbulos tienen longitud y diámetro promedios de 0.22 micras y 0.12 micras, respectivamente. Este estadio se presentó de enero a febrero en un 100% (Fig. 9). Se considera que en este período la gónada puede estar terminando la etapa de posdesove y entrando en la de reposo, o bien puede estar preparándose para iniciar la gametogénesis.

Estadio II. Gametogénesis

En este estadio se observan túbulos secundarios, que se caracterizan por presentar pliegues o prolongaciones, con longitud de 0.12 micras y diámetro de 0.30 micras en promedio. Hay gran proliferación celular, debida a la producción de gametos, así como presencia de oocitos y ovocitos. Este estadio se presentó de marzo a septiembre, con frecuencia máxima, del 80%, en marzo y abril (Fig. 9).

Estadio III. Madurez

Se caracteriza porque los túbulos se encuentran llenos de ovocitos maduros, los cuales ejercen presión en su capa externa. En promedio, la longitud de los túbulos es de 0.26 micras y su diámetro de 0.31 micras. Este estadio se presentó de marzo a septiembre, con frecuencia máxima, del 80%, en mayo (Fig. 9).

Estadio IV. Desove

En este estadio las paredes de los túbulos comienzan a engrosarse y en ellos se observan espacios vacíos entre los ovocitos. Este estadio se presentó de junio a septiembre, con una frecuencia máxima, del 50%, en agosto (Fig. 9).

Estadio V. Posdesove

Túbulos degradados, no hay prolongaciones y en la luz de algunos se observan restos de ovocitos con la membrana celular rota y de forma irregular. Estos tienen en promedio longitud de 0.71 micras y diámetro de 0.39 micras. Este estadio se presentó de septiembre a diciembre, con frecuencia máxima, del 80%, en noviembre y diciembre (Fig. 9).

Índice gonadosomático (IG)

En la *Figura 10* (A y B) se aprecia la evolución mensual del IG y su relación con la temperatura. El mínimo IG (peso total y tegumento) fue menor que el 1.0% y se registró de

diciembre a febrero; el máximo fue del 6% y se presentó en julio.

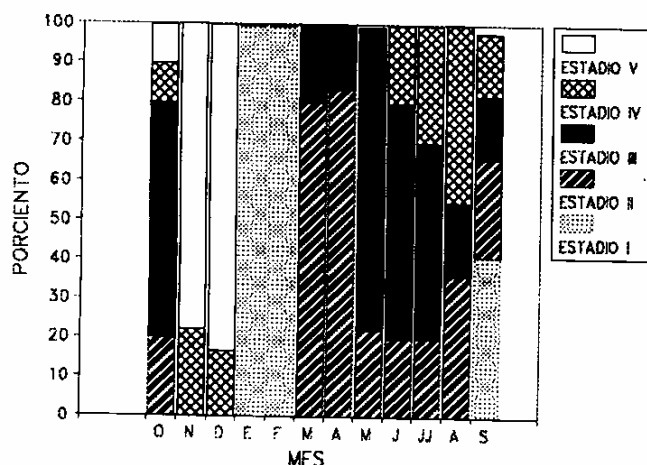


Fig. 9. Ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México.

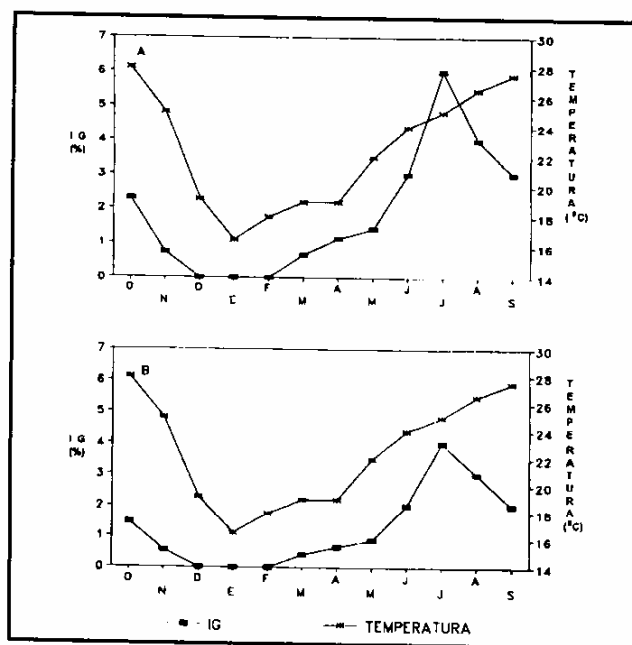


Fig. 10. Evolución del índice gonadosomático (IG) del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, BCS México, y su relación con la temperatura. (A) IG calculado con el peso total; (B) IG calculado con el peso del tegumento.

Temperatura

En la Figura 10 (A y B) se observa la variación mensual de la temperatura superficial del agua y su relación con el ciclo reproductor. La temperatura mínima se registró en enero (16.5°C) y la máxima en octubre (28°C). La media anual fue de 22°C.

Discusión

Estructura de la población por tallas

Según Conand (1990), los organismos del orden Aspidochirota de importancia comercial en el mercado mundial (*Holoturia nobilis*, *H. fuscogilva*, etc.) tienen tallas promedio mayores que 280 mm. De *Isostichopus fuscus* se han registrado tallas promedio entre 190 y 280 mm (Salgado-Castro, 1994, *op. cit.*; Herrero-Pérezrul, 1994; Fajardo-León *et al.*⁹). En este estudio la talla promedio anual fue de 250 mm, por lo cual se considera que *I. fuscus* es una especie pequeña en comparación con *Holoturia nobilis* y *H. fuscogilva*, que tienen 370 y 400 mm de talla promedio, respectivamente. Sin embargo, *I. fuscus* es un recurso de alto valor comercial en Baja California Sur.

En este estudio, los organismos pequeños (60 a 160 mm) se localizaron en sitios poco accesibles, como son: oquedades, grietas entre las piedras y debajo de las mismas, por lo que se recolectaron pocos organismos (3%) de estas tallas. La talla mínima registrada fue de 60 mm, que hasta ahora es la más pequeña registrada de esta especie.

Analizando la composición de tallas se observó que no hay una clara progresión de los picos modales de un mes a otro y por eso no fue posible determinar el ritmo de crecimiento mensual. Igual ocurre en otras especies de holoturoideos, por ejemplo, en *Stichopus japonicus* y *S. chloronotus* (Conand, *op. cit.*). Por su parte, Fish (1967), citado por Conand, observó la ausencia de un cambio substancial en las clases modales de *Cucumaria elongata*. En relación con esto, se coincide con Conand en la dificultad de hacer un seguimiento del desarrollo de los Holoturoideos en el tiempo, debido a la variabilidad en las unidades de medida.

La longitud media por mes varió en forma significativa. Se registró un incremento de 4.0 cm de noviembre a enero, un decremento de 5.5 cm de enero a febrero y 5.0 cm de agosto a septiembre. En los demás meses las fluctuaciones fueron en promedio de 2.0 cm. Se desconocen las causas de esta variación; sin embargo, pueden deberse a la facilidad con que los holoturoideos se contraen o distienden (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, 1985; Conand, *op. cit.*). Poseen cinco bandas musculares longitudinales que, aunadas a un microesqueleto formado por oscículos calcáreos, les otorga esta característica (Herrero-Pérezrul, *op. cit.*). Con base en esto, se coincide con Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, Herrero-Pérezrul y Sierra-Rodríguez, ya citados, en que la longitud es una medida poco confiable en estudios de crecimiento y, por tanto, no es la mejor opción como medida de regulación.

Estructura de la población en peso total y del tegumento

Las vísceras, gónada y el agua representaron aproximadamente el 35% del peso total; resultado similar al registrado

por Fajardo-León *et al.*⁹. Estos autores y, por otro lado, Sierra-Rodríguez y Salgado-Castro, ya citados, utilizaron el peso total en sus análisis estadísticos y registraron promedios entre 351 y 562 g, mínimos entre 79 y 200 g y máximos entre 650 y 1,150 g. En este estudio el peso total promedio (458 g) y el máximo (960 g) se encuentran dentro de los intervalos citados; sin embargo, el peso total mínimo (39 g) es el más bajo registrado en esta especie.

Como en el caso de la longitud, al analizar la estructura de la población en peso total de los individuos no se observó una progresión clara de las clases modales por mes, debido probablemente a que durante el período de estudio la población se mantuvo regularmente entre los 300 y 650 g. La variación del peso total promedio también mostró un comportamiento similar a la variación en longitud. Aumentó 133 g de noviembre a diciembre, disminuyó 27 g de enero a febrero y aumentó 256 g de febrero a marzo. No fue posible determinar las causas de la variación de noviembre a febrero; sin embargo, el incremento del peso total de marzo a junio se debe a que en estos meses la gónada inició su desarrollo e incrementó su peso y esto se reflejó en el peso total. A partir de julio se observó un decremento del peso total que coincide con el período de desove, en el que la gónada pierde peso y, por tanto, disminuye el peso total.

El peso total puede variar por la pérdida de agua o de las vísceras y por ello es poco recomendable para estudiar el crecimiento y como medida de regulación.

El peso del tegumento (cuerpo) se obtuvo después de extraer las partes blandas (vísceras y gónada), para evitar la variación debida al agua y sedimentos retenidos en los árboles respiratorios y el tubo digestivo (Pérez-Ruzafa y Marcos-Diego, Fajardo-León *et al.*⁹. Salgado-Castro y Herrero-Pérezrul, ya citados, han registrado pesos promedio del tegumento entre 351 y 363 g, mínimos entre 48 y 150 g y máximos entre 624 y 700 g. En este estudio el peso promedio del tegumento (295 g), el máximo (509 g) y el mínimo (30 g) son más bajos que los antes citados.

El peso tegumentario es una medida confiable, pues independientemente de la forma que tome el organismo y de la cantidad de agua o vísceras que expulse, su variación es mínima (Salgado-Castro, 1994, y Herrero-Pérezrul, 1994, citados). Analizando el peso del tegumento en la población por mes, no fue posible definir un desplazamiento mensual de las clases modales, quizás porque durante el período de estudio se mantuvo regularmente entre 200 y 500 g. La variación del peso promedio del tegumento mostró un comportamiento similar a la del peso total. Es decir, sus variaciones coinciden con las del peso de la gónada.

Relación peso-longitud

En la relación peso-longitud los parámetros *a* y *b* tienen significado biológico. Se asume que *a* es el factor de

condición (Safran, 1992) y que su variación puede explicar las fluctuaciones en peso, debidas no tanto a cambios en la longitud como a la cantidad de contenido estomacal, estadios de madurez y otros estados fisiológicos de los individuos en determinadas épocas de su ciclo de vida; y *b* es un factor de isometría de los individuos cuyo valor teórico es tres (Safran, *op. cit.*).

Al analizar las relaciones entre peso total y longitud y entre peso tegumentario y longitud, se encontró que las magnitudes de los parámetros *a* y *b* son inversamente proporcionales. El valor más alto de *a* en ambas relaciones se presentó en junio, cuando se inicia el desove. En este estudio, en ambas relaciones, durante el período de estudio el factor de isometría *b* fue menor que valor teórico (3). Estos resultados coinciden con los de Herrero-Pérezrul (*op. cit.*) en que las relaciones fueron significativas ($P\mu=0.05$) aunque poco precisas. En las gráficas de regresión se observa que la dispersión de los datos es grande. Las diferencias en las relaciones peso-longitud pueden estar asociadas con: el ciclo reproductor, la estación del año, la localización, etc. (Cone, 1989, *op. cit.*).

No se encontró suficiente evidencia estadística del crecimiento isométrico de los organismos, por lo que se asume que el crecimiento de *I. fuscus* es alométrico.

Ciclo reproductor, índice gonadosomático (IG) y su relación con la temperatura

Los cinco estadios de madurez gonádica de *I. fuscus* determinados en este estudio son también citados por Herrero-Pérezrul (*op. cit.*).

Se determinó que el ciclo reproductor de *I. fuscus* es anual, con desove en verano (junio a septiembre), lo que coincide con lo registrado por Zúñiga y Michel-Guerrero (1992) y Herrero-Pérezrul. Según Giese y Pearse (1974, *op. cit.*), el ciclo anual y el desove en verano son característicos de muchos invertebrados y ambos se encuentran sincronizados con la temperatura. También en este estudio se observó que el desarrollo gonádico y el IG se relacionan con variaciones de la temperatura. La máxima actividad reproductora y las cifras más altas del IG coinciden con los meses más cálidos. Herrero-Pérezrul (*op. cit.*) y Salgado-Castro (*op. cit.*) obtuvieron resultados similares con la misma especie en la bahía de La Paz y en Ensenada, B.C., respectivamente.

En enero y febrero el IG es menor que el 1.0% y la temperatura es baja (16 a 18°C). Se piensa que entonces los reproductores se encuentran en estado de reposo (indiferenciado). En marzo y abril (gametogénesis) el IG y la temperatura aumentan conforme la gónada se va desarrollando. Los IG más altos se registraron en junio y julio, cuando los organismos estaban maduros y la temperatura del agua era entre 24 y 26°C. En agosto se presentó

la máxima frecuencia de desove y los IG disminuyeron (4% del peso total y 3% del peso tegumentario), aun cuando la temperatura alcanzó casi 28°C. En octubre, noviembre y diciembre (posdesove) el IG descendió de 2 a <1%, y la temperatura de 28 a 22°C. Los IG por mes, obtenidos con base en el peso total y tegumentario, tuvieron un comportamiento similar. Un desarrollo similar del IG en *I. fuscus* fue observado por Herrero-Pérezrul (*op. cit.*) y en *Parastichopus californicus* por Cameron y Fankboner (1986, *op. cit.*).

Barnes (1977), citado por Cameron y Fankboner (*op. cit.*), dice que para regular el desove los invertebrados requieren un mecanismo que lo induzca y que la temperatura es, sin duda, un factor importante para el ciclo reproductor, pero no necesariamente para el desove. En este estudio se observó que el desarrollo de la gónada aumentaba paralelamente a la temperatura; sin embargo, el desove (junio-agosto) se presentó cuando la temperatura superficial del agua alcanzó entre 24 y 27°C, antes de que hubiera un cambio brusco en la misma. Esta relación entre el desarrollo de la gónada y la temperatura también fue observado por Herrero-Pérezrul y por Cameron y Fankboner (*op. cit.*) en *Parastichopus californicus*. Estos últimos mencionan que un cambio estacional gradual de la temperatura fue únicamente el disparador parcial del desove en *P. californicus* y señalan que probablemente no existe una relación directa entre la temperatura y el desove. Indican que un desove estacional *in situ* fue precedido por un período significativo en la duración e intensidad de la luz del día, así como de un florecimiento de fitoplácton, y por esta razón consideran que estos factores podrían ser los disparadores del desove en *P. californicus*. Al respecto, Binyon (1972), citado por Cameron y Fankboner, dice que muchos holoturoideos desovan probablemente en respuesta a un incremento en la iluminación natural. Si la duración e intensidad de la luz inducen el desove de *P. californicus*, también podrían ser los factores disparadores del desove de *I. fuscus*, ya que en verano la duración e intensidad de la luz son las más altas en el año. No se evaluó el efecto de estos factores sobre el desove de *I. fuscus* y, por tanto, no fue posible determinar su influencia en la reproducción de esta especie. Sin embargo, según los resultados, la temperatura actúa como un sincronizador del ciclo reproductor de *I. fuscus* y no como disparador del desove.

Con base en lo anterior, en los resultados obtenidos, y coincidiendo con Salgado-Castro (*op. cit.*), se considera conveniente una veda para reproducción de mayo a septiembre.

Conclusiones

1. Debido a la gran variabilidad de la longitud y peso de *I. fuscus*, estas medidas son poco confiables para el análisis estadístico.

2. El 35% del peso total está constituido por: partes blandas y agua
3. No hay progresión obvia de las clases modales de longitud y peso.
4. No hay relación entre la longitud y el peso, por lo que se asume que *I. fuscus* tiene crecimiento alométrico.
5. *I. fuscus* presenta un ciclo reproductor anual. La madurez máxima se presentó en mayo y el desove máximo en agosto.
6. La gónada tiene cinco estadios de desarrollo: indiferenciado, gametogénesis, madurez, desove y posdesove.
7. El índice gonadosomático (IG) se relaciona con los estadios gonádicos y con las variaciones de temperatura.
8. La temperatura actúa como sincronizador de la reproducción, pero no como factor disparador del desove.

Recomendaciones

1. No utilizar la talla y el peso como medidas de regulación.
2. Establecer una veda para reproducción de mayo a septiembre.
3. Llevar a cabo un registro continuo de la temperatura, para detectar algún cambio en la misma que pudiera modificar el período de reproducción.
4. Estudiar los efectos de factores ambientales sobre la distribución, abundancia y ciclo reproductor de esta especie.

Agradecimientos

Se agradece a las autoridades del Instituto Nacional de la Pesca en general, y en particular del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de La Paz por el apoyo recibido y las facilidades brindadas para la elaboración de este trabajo. Asimismo, a los compañeros Nicolás Ceseña Espinoza y Prisciliano Méndez por su apoyo en los trabajos de campo. Al Téc. Carlos Castro Aguirre (Jefe del Centro de Cómputo del CRIP-La Paz) por su asesoría y apoyo en el manejo de programas de computación, y a todos quienes colaboraron de alguna manera con este estudio.

Referencias bibliográficas

- SECRETARÍA DE PESCA. 1989-1994. Anuarios Estadísticos. Dirección General de Informática y Estadística.
- BARNES, R.D. 1977. Zoología de los Invertebrados. Ed. Iberoamericana: 740-744.
- CAMERON, J.L. and P. V. Fankboner. 1986. Reproductive Biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimp-

- son) (Echinodermata: Holothuroidea). I Reproductive periodicity and spawning behavior. *Can. J. Zool.* 64: 168-175
- CASO, M.E., 1961. Los equinodermos de México. *Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.* 388 p.
- CONAND, C., 1990. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. *FAO Fish. Tech. Paper. Part 2. Holothurians. FAO, Roma.* 143 p.
- CONE, R.S., 1989. The Need to Reconsider the use of Condition Indices in Fishery Science. *Transactions of the American Fisheries Society* 118:510-514.
- DANIEL, W.W., 1984. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. *Ed. Limusa, México.* 485 p.
- GIESE, C.A., and J.S. Pearse. 1974. Reproduction of Marine Invertebrates. *Academic Press. New York.* (I): 344 p.
- HERRERO-PÉREZRUL, M. D., 1990. Pepino de mar (Echinodermata: Holothuroidea) de "El Faro de Bucerías", Michoacán, México. *Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.* 70 p.
- HERRERO-PÉREZRUL, M. D., 1994. Estudio comparativo de la reproducción de *Isostichopus fuscus* Ludwig, 1875, y *Neothyone gibbosa* Deichman, 1941 (Echinodermata: Holothuroidea), en la bahía de La Paz. *Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN.*, 88 p.
- KERSTITCH, A., 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast México to Ecuador. *Sea Challengers.* Monterey, CA.108-109.
- LUDWIG, H., 1875. Beitrage zur kenntniss der Holoturien und Nachtrag., *Zool. Zoot. Inst. Wurzburg.* 2: 77-118.
- MORRIS, H.R., 1980. Intertidal Invertebrates of California, *Stanford University Press.* Stanford Calif. USA. 137-147.
- PÉREZ-RUSAFÁ, A. y C. Marco-Diego. 1985. Técnicas de recolección y estudio en la clase: Holoturoidea. I. Generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. *Anales de Biología, 3 Biología Animal D.*, 13-15.
- RIVAS, M.P., 1981. Técnicas histológicas en la práctica de la biología. *Tesis profesional. UABCS.* 112 p.
- SAFRAN, P., 1992. Theoretical Analysis of the Weight-Length Relationship in Fish Juveniles. *Marine Biology* 112, 545:551.
- SALGADO-CASTRO, L. R., 1994. Propuesta de las opciones de manejo de las pesquerías de pepino de mar en las costas oriental y occidental de Baja California, México. *CRIP-Ensenada. Inst. Nat. de la Pesca.* 27 p.
- SIERRA-RODRÍGUEZ, P., 1994. Prospección de pepino de mar *Stichopus fuscus* en la costa de Oaxaca, México. En: Primer taller de evaluación sobre la investigación de pesquerías ribereñas del Pacífico mexicano. *CRIP. Manzanillo. Inst. Nat. de La Pesca.* 15 p
- ZÚÑIGA, P. C. y E. Michel. 1992. Reporte del ciclo gonádico de pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Santa Rosalía, B.C.S. *Mems. IX Simposium Internacional de Biología Marina.* Resúmenes. La Paz, B.C.S., México. 9 p.