

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

---

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**ECOLOGÍA POBLACIONAL, CICLO REPRODUCTIVO E HISTORIA  
DE LA PESQUERÍA DEL PEPINO DE MAR *Isostichopus fuscus*  
(LUDWIG, 1875) (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) EN  
BAHÍA CHAMELA, JALISCO, MÉXICO.**

**TESIS DE POSGRADO**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
EN EL ÁREA DE ECOLOGÍA  
PRESENTA  
**BIOL. ARTURO NUÑO HERMOSILLO**

**LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JAL., DICIEMBRE DE 2003**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ORIENTACIÓN: ECOLOGÍA

ECOLOGÍA POBLACIONAL, CICLO REPRODUCTIVO E HISTORIA DE LA  
PESQUERÍA DEL PEPINO DE MAR *Isostichopus fuscus* (LUDWIG, 1875)  
(ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA) EN BAHÍA CHAMELA, JALISCO,  
MÉXICO

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS EN EL ÁREA DE ECOLOGÍA

PRESENTA

BIOL. ARTURO NUÑO HERMOSILLO

Director: Dr. Eduardo Ríos Jara

Asesor: M. en C. María Dinorah Herrero Pérezrui

Asesor: Dra. Elaine Espino Barr

Asesor: Dr. José Luis Gómez Márquez

Asesor: Dra. Berta Peña Mendoza

LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JAL., DICIEMBRE DE 2003

Ecología Poblacional, Ciclo Reproductivo e Historia de la Pesquería del Pepino de Mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en Bahía Chamela, Jalisco, México.

Por

Arturo Nuño Hermosillo

Tesis presentada como requisito para obtener el grado de

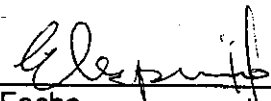
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(Área Ecología)

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS


2003

Aprobada por:

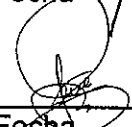
Dra. Elaine Espino Barr  
Vocal del Comité Particular del estudiante

  
Fecha 5/NOV/03

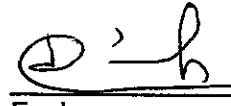
Dr. José Luis Gómez Márquez  
Vocal del Comité Particular del estudiante

  
Fecha 14/NOV/03

Dra. Bertha Peña Mendoza  
Vocal del Comité Particular del estudiante

  
Fecha 15/NOV/03

M. en C. María Dinorah Herrero Pérezrul  
Presidente del Comité Particular del estudiante

  
Fecha 24/NOV/03

Dr. Eduardo Ríos Jara  
Secretario del Comité Particular del estudiante

  
Fecha 12-NOV-2003

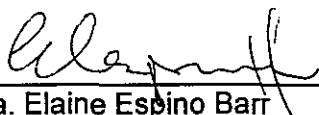
La presente tesis titulada: "Ecología Poblacional, Ciclo Reproductivo e Historia de la Pesquería del Pepino de Mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en Bahía Chamela, Jalisco, México", fue realizada por el alumno Arturo Nuño Hermosillo bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en  
Ciencias Biológicas (Ecología)**

Consejo Particular

Director:   
Dr. Eduardo Ríos Jara

Asesor:   
M. en C. María Dinorah Herrero Pérezrui

Asesor:   
Dra. Elaine Espino Barr

Asesor:   
Dr. José Luis Gómez Márquez

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Universidad de Guadalajara  
Zapopan, Jalisco, México  
14 de noviembre del 2003

*Dedico éste trabajo a mis padres,  
Carmen Hermosillo V.  
Anselmo Nuño V.  
y a mis Hermanos,  
Javier, Gustavo, Ernesto, Mari, Silvia y Angélica*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Eduardo Ríos Jara por su apoyo y entusiasmo al instarme a cursar el posgrado y por la dirección del trabajo de tesis.

Agradezco de manera especial a Salvador Escareño Sánchez "Chava" por proporcionar su embarcación y por su apoyo en campo durante todos los muestreos.

A Don Juan "Camorras" y a Ramsés, de Pérula, por su ayuda en los primeros muestreos y su asesoría en mi primer buceo nocturno.

A Dinorah Herrero Pérezrul, experta en el tema, por su valiosa asesoría, por tanto material bibliográfico facilitado, por la validación de los cortes histológicos, por sus interminables consejos y comentarios que facilitaron mejorar el trabajo, así como por su hospitalidad en la ciudad de La Paz, B. C. S. Gracias Dino.

A Elaine Espino Barr, por su paciencia, por siempre tener tiempo, por su ejemplo práctico, por su asesoría en los capítulos de Biología Poblacional y la consecución de material clasificado y útil para el capítulo de Pesquería. También por su amable hospitalidad y apoyo total en mis visitas al CRIP Manzanillo, Colima. Gracias Nita.

A José Luis Gómez Márquez, por ser crítico y tan formal en el trabajo, de quien aprendí, o recordé, que el trabajo es el trabajo, y la amistad es la amistad. También por las muchas horas de asesoría en sus visitas a Guadalajara durante los cursos que impartió. Gracias José Luis.

A la Dra. Berta Peña Mendoza, por su contribución a la mejora final del manuscrito, por sus valiosos comentarios y por aceptar ser mi asesora. Gracias Dra. Bertha.

A la Dra. Olivia Margarita Tapia Vázquez de la U. A. B. C., por su asesoría en la histología gonadal en la ciudad de Ensenada, B. C.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios, por haber siempre mostrado interés en este trabajo y por haber ofrecido y brindado apoyo incondicional y oportuno en diversos tópicos, lo cual agilizó y facilitó la conclusión de este trabajo.

A Martín Pérez Peña por su apoyo logístico en campo.

A Ernesto López Uriarte por sus comentarios y por su apoyo en campo.

A Eduardo Juárez Carrillo, quien en ocasiones me apoyó en el trabajo de campo.

A Ildefonso Enciso Padilla.

Al buen buzo y biólogo Rodrigo Beas Luna por su ayuda en los muestreos y por su hospitalidad en la ciudad de Ensenada, B. C.

A la Dra. Lidia Medina Falcón de la Universidad de las Palmas en Gran Canaria, por fungir como mi Ayudante Oficial y Colega Honorífica en el muestreo de octubre de 2000.

A Beatriz Sandoval J., por todo su apoyo incondicional.

A mis queridas amigas Ady y Laurita Rubio por su apoyo profesional y desinteresado en las telecomunicaciones.

A Claudia Hurtado, quien me motivó a seguir adelante en momentos clave.

A Karina Esqueda por su ayuda en campo y apoyo constante.

A la maestra Ma. del Refugio Mora, por su interés en la conclusión del trabajo.

A Alberto Hernández González por inculcarme buenas lecturas.

A mis colegas y amigos de la División de Biología Arturo Orozco Barocio, Martha Georgina Orozco Medina e Irma Hernández Pérez por todo el apoyo operacional e incondicional, el cafecito, las galletas, las porras, etc., etc., etc. Gracias!

A Laura Elizabeth Peña, por su ayuda desinteresada.

A Karlita Ríos por su ayuda en campo.

A Betty Becerra R. por todo su apoyo.

A don Félix Valdés Castañeda, por la aportación de valiosa información referente a la actividad pesquera del pepino de mar en la costa de Jalisco.

A Carlos Félix Barrera Sánchez, Héctor Gerardo Frías Ureña y a Daniel Ibarra Castillo por su asesoría en el procesamiento de toda la información relacionada con el muestreo con GPS, para densidad y hábitat.

A Miguel Arce por su ayuda en la edición de la fotografía de *I. fuscus*.

A mi profesor de la carrera de Biología Luis Burgos, por su interés y por sus buenos consejos.

A Ceciel Monserrat Navarro Caravantes por su ayuda en la edición del documento y del mapa del área de estudio, así como en el acomodo de literatura, la revisión del manuscrito, por los desayunos, peleas y todo, gracias prietita.

A Cinthya Velarde Nuño, por su ayuda en la captura de bibliografía.

A Frank Stroebele por la revisión del manuscrito, saludos a Alemania amigo.

Al Dr. Mario Abel García Vázquez, coordinador de Posgrado del CUCBA, por su paciencia e interés en la conclusión de este trabajo.

A la Sra. Esther Abarca de Posgrado, por su amable y eficiente ayuda en los trámites.

A Juan Pedro Corona Salazar por su profesional ayuda en la impresión final.

Al Dr. Francisco Ramos Solano y colaboradores del Laboratorio de Histopatología del Centro Médico de Occidente del I. M. S. S., por la realización y validación de la interpretación de los cortes histológicos.

A Alejandro Martínez Zatarain por la asesoría en aspectos oceanográficos.

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	7
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	10
Sinonimias.....	10
Diagnosis.....	10
Talla.....	11
Dieta.....	11
Proporción sexual.....	11
Distribución geográfica.....	11
AREA DE ESTUDIO.....	13
OBJETIVOS.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
BIOLOGÍA POBLACIONAL.....	17
Estructura poblacional.....	17
Densidad y hábitat.....	17
Estructura de tallas y pesos.....	18
Dinámica poblacional.....	20
Edad y crecimiento.....	20
Mortalidad y sobrevivencia.....	22
BIOLOGÍA REPRODUCTIVA.....	25
Índice gonadosomático (IGS).....	25
Histología gonadal.....	26
PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN.....	27
Actividad pesquera.....	27
Capturas comerciales.....	27
Captura por unidad de esfuerzo.....	27
RESULTADOS.....	28
Densidad y hábitat.....	28



Estructura de tallas y pesos.....	32
Edad y crecimiento.....	40
Mortalidad y sobrevivencia.....	44
BIOLOGÍA REPRODUCTIVA.....	46
Índice gonadosomático (IGS).....	46
Histología gonadal.....	48
PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN.....	54
Actividad pesquera.....	54
Capturas comerciales.....	55
Captura por unidad de esfuerzo.....	56
DISCUSIÓN.....	58
BIOLOGÍA POBLACIONAL.....	58
Estructura poblacional.....	58
Densidad.....	58
Hábitat.....	65
Estructura de tallas y pesos.....	67
Edad y crecimiento.....	72
BIOLOGÍA REPRODUCTIVA.....	77
Índice gonadosomático (IGS).....	77
Histología gonadal.....	79
PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN.....	86
Actividad pesquera.....	86
Capturas comerciales.....	87
Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	89
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES.....	97
LITERATURA CITADA.....	98
ANEXO: ESTADIOS DE DESARROLLO.....	110

## RESUMEN

Se evalúa al pepino de mar *Isostichopus fuscus* de forma biológica, ecológica y pesquera en Bahía de Chamela, Jalisco. Se caracterizan su estructura y dinámica poblacional, en cuanto a densidad, hábitat, estructuras de tallas y de pesos, crecimiento, ciclo reproductivo y su pesquería de forma histórica. En la temporada cálida lluviosa (TCL), *I. fuscus* se encontró sobre sustratos rocosos tipo pretil (41%), morro (39%) y cascajera (20%); en la TTS se encontró sobre pretil (38%), morro (28%), cascajera (19%) y piedras encampanadas (15%). La densidad promedio en la TCL fue de 62.1 ind./ha, mientras que en la TTS la densidad promedio fue de 103.94 ind./ha. La diferencia de densidad entre temporadas fue significativa ( $F_{1, 18} = 8.6$ ;  $P < 0.05$ ). Durante la TCL, *I. fuscus* presentó una longitud promedio de 20.95 cm y en la TTS de 24.6 cm, con diferencia significativa entre ambas temporadas ( $F_{1, 78} = 27.95$ ;  $P < 0.05$ ). El peso promedio fue de 321 g, con un máximo promedio de 379.2 g en abril de 2000 y un menor promedio de 263.4g en octubre de 1999. La regresión peso-longitud indicó crecimiento alométrico ( $b = 1.216$ ) ( $t = 13.69$ ;  $P < 0.05$ . G. L. = 1116). La especie crece aproximadamente un centímetro por mes durante el primer año de vida. La temporada reproductiva se extiende la mayor parte del año, con máxima actividad en verano (junio-septiembre). Se observó un individuo hermafrodita de 165 (0.6%). Esta especie tiene un importante potencial pesquero por su alta demanda en el mercado oriental. Su captura comercial hace algunos años trajo consigo la aparente reducción en la abundancia en la región de Chamela. Debido a diferencias de índole ecológico entre la costa central de Jalisco y otros lugares en que habita la especie, se proponen alternativas para su manejo propios para esta región.

## INTRODUCCIÓN

Los pepinos de mar conforman la clase Holothuroidea del phylum Echinodermata. Existen 1200 especies (Maluf, 1988), cuya sistemática se basa en estructuras anatómicas tales como podios, tentáculos y árbol respiratorio (Brumbaugh, 1980). La boca se ubica en posición anterior ventral y la rodea una corona de ocho a 30 tentáculos (Brusca y Brusca, 1990), cuya forma y patrón de ramificación tiene importancia taxonómica (Rupert y Barnes, 1996) a nivel de orden; estas estructuras sirven a los holoturoideos para atrapar alimento. Existen tentáculos de pequeños y simples a ramificados y elaborados (Brumbaugh, 1980). El cuerpo de los holoturoideos es suave a diferencia de otros equinodermos; su esqueleto vestigial se compone de placas calcáreas microscópicas separadas entre sí, llamadas oscículos o escleritos (Raven y Johnson, 1986), y también tienen importancia taxonómica (Rupert y Barnes, 1996).

Los holoturoideos poseen áreas ambulacrales e interambulacrales dispuestas como meridianos alrededor de un eje polar alargado, lo que típicamente da al cuerpo la forma de pepino; esta forma obliga al animal a vivir apoyado contra el sustrato sobre tres de sus cinco radios, lo que constituye la región del cuerpo denominada trivio; a la parte dorsal se le denomina bivio y consta de los dos radios restantes. Los pies ambulacrales pueden o no acabar en ventosas, que cuando existen, se adhieren al sustrato (Rupert y Barnes, 1996). Los ambulacros locomotores confieren parte de la movilidad, en conjunción con extensiones y contracciones musculares. Los ambulacros presentan tres patrones: a) hileras a lo largo de cada radio, b) distribución uniforme sobre el cuerpo entero y c) concentración en el lado ventral (Brumbaugh, 1980). A los pies alargados sin ventosas se les denomina papilas. Las especies más pequeñas miden menos de tres centímetros de longitud, mientras la mayor conocida (*Stichopus*, en Filipinas) mide más de un metro. La forma del cuerpo varía desde casi esférica hasta alargada y vermiforme. Unos

pocos géneros poseen placas calcáreas en su pared corporal (Rupert y Barnes, 1996).

La mayoría son dioicos, aunque existen también especies hermafroditas y asexuales que se reproducen por fisión. La gónada se compone de uno o dos racimos de túbulos suspendidos dorsalmente de un gonoducto que se abre al exterior entre los tentáculos bucales. La fecundación es externa, pues en el agua de mar mediante la liberación de los gametos. Durante el desarrollo inicial, se forma una larva de nado libre (Raven y Johnson, 1986, Brusca y Brusca, 1990).

Una característica distintiva de la clase Holothuroidea es que en todas las especies que la componen ocurre la evisceración, acción consistente en la expulsión por acción muscular de una parte o de todo el intestino y en ocasiones también del árbol respiratorio y de las gónadas. El significado de la evisceración se desconoce, aunque se asocia a estrés y defensa y en la mayoría se regenera el tejido. La mayoría de equinodermos son capaces de regenerar diversas partes del cuerpo (Brusca y Brusca, 1990). Ningún holoturoideo ha evolucionado como depredador o parásito, aunque hay algunas especies comensales, además tienen pocos depredadores conocidos, aparte del hombre y algunas estrellas de mar. Los holoturoideos tienen en su cuerpo sustancias químicas, tóxicas en mayor o menor grado llamadas holoturinas; otras especies expulsan delgados filamentos o túbulos de Cuvier (Brumbaugh, 1980), estructuras altamente adherentes, con los cuales inmovilizan a sus atacantes.

Los holoturoideos son suspensívoros o sedimentívoros (Brusca y Brusca, 1990), como las lombrices de tierra, extraen la materia orgánica de los sedimentos o de partículas suspendidas que ingieren (Raven y Johnson, 1986); en particular *Isostichopus fuscus* Ludwig (1875) es una especie sedimentívora. Algunos estudios indican que algunas especies (*Stichopus* sp y *Holothuria* sp) son selectivas en el sentido de que ingirieren sedimentos con abundante materia orgánica (Brusca y Brusca, 1990). El sistema digestivo de los holoturoideos es un conducto tubular; en los aspidoquirótidos la boca se

encuentra en posición ventral, mientras el ano se encuentra en posición terminal (Feral y Massin, 1982).

La mayoría de los pepinos de mar habitan sobre fondos oceánicos desde el intermareal hasta grandes profundidades (Conand y Byrne, 1993), excepto algunas especies nadadoras de mar profundo (Raven y Johnson, 1986) y otras que habitan troneras hidrotermales submarinas (Smirnov *et al.*, 2000). El orden Aspidochirotida comprende las familias Stichopodidae y Holothuridae, de aguas someras. Stichopodidae incluye dos géneros, *Thelenota* y *Stichopus*; este último, de aproximadamente 10 especies y presenta dificultades taxonómicas (Conand, 1993). Esta familia contiene la mayoría de especies de importancia comercial a nivel mundial.

Algunos holoturoideos capturados tradicionalmente para consumo humano en países tropicales y templados del océano Pacífico occidental se consideran sobreexplotados en muchas naciones (Conand, 1996). Los principales centros de acopio y consumo se encuentran en Asia como Hong Kong y Singapur. El cultivo de estos y otros equinodermos es una actividad difundida a escala mundial (Skarlato *et al.*, 1989). De acuerdo con Jenkins y Mulliken (1999), alrededor de doce especies sustentan las pesquerías de holoturoideos a nivel mundial.

*I. fuscus*, con 15 años de explotación comercial sustenta en buena medida la exportación de pepinos de mar de México, recientemente se incorporó a las pesquerías mundiales del "Beche-de-Mer". El declive de las tradicionales pesquerías de Trepang en el mundo atrajo la actividad a la costa occidental de América; la tradicional falta de control no se hizo esperar, lo que condujo al gobierno de México a establecer algunas medidas de control.

En 1995, un año después de ser incluida la especie en México en la NOM-ECOL-059 como Especie en Peligro de Extinción (Anónimo, 1994), la problemática alcanzó a Ecuador, de donde se extraen considerables volúmenes de esta especie desde la década de 1980, lo que ha generado polémica internacional y disturbios sociales por una consecuente prohibición a la captura de *I. fuscus* en ese país. Esta veda tuvo matices conservacionistas, pues las

Galápagos son consideradas “uno de los grandes tesoros biológicos del mundo” (Camhi, 1995). La opinión pública, ecologista y científica internacional instó al gobierno ecuatoriano decretar la veda que acarrearía los disturbios sociales y el secuestro por parte de pescadores de la estación científica Charles Darwin en las islas Galápagos con la finalidad de reestablecer la pesquería.

En Jalisco, el aprovechamiento de *I. fuscus* carece de tradición, pues la especie se explotó únicamente entre 1989 y 1998 para exportación, aunque según la versión del Sr. Félix Valdés Castañeda, primer presidente de la Federación de Cooperativas de Jalisco y uno de los principales usuarios del pepino de mar como recurso en Jalisco, existe un antecedente de su consumo en el hotel Maeva de Manzanillo, Colima, en donde, de acuerdo con su versión, se sirvió como platillo una noche por semana durante algún tiempo, lo cual representa el único indicio de consumo de esta especie en México.

## JUSTIFICACIÓN

Al disminuir la captura de holoturoideos en el Indo-Pacífico, la pesquería se extendió al Pacífico oriental. Al principio se otorgaron permisos de extracción sin suficiente control y poco tiempo después, el decremento poblacional de *I. fuscus* en México propició que la especie fuera incluida en la Norma Oficial Mexicana dentro de la categoría "P", Especie en Peligro de Extinción, (Anónimo, 1994), aunque de acuerdo con Reyes-Bonilla (1997), sin un debido sustento teórico biológico. En el año 2000, la situación de *I. fuscus* en la NOM cambió a la categoría "Pr", Especie Sujeta a Protección Especial (Anónimo, 2000); actualmente se otorgan permisos especiales, en una modalidad denominada Pesca de Fomento, que permite su aprovechamiento limitado, bajo condición de recabar información poblacional (Com. Pers., CRIP-Ensenada, 2002). Desde 1999, los buzos del centro-sur de Jalisco expresaron que la especie disminuyó en abundancia y precio, por lo cual suspendieron su captura. Si se recupera la población, posiblemente se reanude la pesquería. Para ello habría que instaurar un esquema de manejo propio para la región.

Aunque en la península de Baja California existe variedad de estudios biológicos y pesqueros de *I. fuscus*, el estado de Jalisco se encuentra en provincia biogeográfica distinta, por lo que se postula la existencia de parámetros poblacionales diferentes en ambas regiones, en cuyo caso, los criterios de manejo deben diferir. La temperatura superficial del mar es un ejemplo de diferencia regional, pues este parámetro difiere de tres a cuatro grados centígrados anualmente en promedio entre la parte sur del Golfo de California y la costa de Jalisco.

En cuanto al valor y demanda comercial de esta especie, un mensaje de la empresa UNEI INVERSIONES S. A., de Lima, Perú, en abril del 2001, cotizó en \$68.00 USD el kilogramo seco de *I. fuscus* (30 a 45 unidades) a un posible comprador. De esta manera, puede valorarse en términos monetarios el potencial económico y el impacto positivo en la población humana costera que acarrearía su correcto manejo y posible cultivo. Es importante implementar

programas de repoblamiento para cooperar con la especie en su reestablecimiento, por ser ésta un importante elemento del ecosistema submareal rocoso somero como reconstituyente de nutrientes, además de contar con buena aceptación y demanda en los mercados asiáticos.

También es prioritario implementar, mejorar y vigilar los programas de control existentes, respetando las tallas de captura y su época de reproducción. Una alternativa es el cultivo en medios artificiales, como se propone y practica ya en diversos países con otras especies. Otro aspecto importante es la vigilancia de su comercio, que beneficia más a los comerciantes o intermediarios, que a quienes obtienen el recurso.

Este estudio se propuso como un elemento útil en el conocimiento y manejo de la especie en la región, en caso de reabrirse su pesquería. Además es el primero para la especie en Jalisco, por lo que contribuirá a definir, aplicar y delimitar regionalmente criterios de manejo.



## ANTECEDENTES

Existen diversas temáticas de estudio acerca de los pepinos de mar. Algunos trabajos reportan y describen diversas especies de holoturoideos. Deichmann (1937, 1938, 1958) analizó el material de varias campañas oceanográficas llevadas a cabo en Baja California, América Central, Isla Clarión e Islas Galápagos; reporta a *Isostichopus fuscus* en dichas localidades y expone una diagnosis de la especie. Herrero-Pérezrul (1990) reportó once especies de holoturoideos en el Faro de Bucerías, Michoacán, entre ellas a *I. fuscus*. Buitrón-Sánchez y Solís-Marín (1993) reportaron 68 especies de pepinos de mar para el Pacífico mexicano. Nepote-González (1998) identificó 11 especies de holoturoideos en las islas Marietas, al norte de la Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, aproximadamente 100 km al norte de Bahía de Chamela, incluyendo en el listado a *I. fuscus*. Hickman (1998) describe a *I. fuscus* en un catálogo de estrellas de mar de las islas Galápagos, exponiendo rasgos de su hábitat y distribución.

Pocos trabajos tratan la anatomía de *I. fuscus*, entre estos existen el de Caso (1966), quien estudió la anatomía del sistema digestivo asociado al sistema hemal; Herrero-Pérezrul (1994) compara rasgos morfológicos y reproductivos de *I. fuscus* y *Neothyone gibosa* en Isla Espíritu Santo, Baja California Sur.

Un aspecto frecuentemente abordado de los holoturoideos es su uso como alimento humano. La notable demanda de pepino de mar en Asia ha propiciado el deterioro poblacional de algunas especies en muchas regiones, principalmente tropicales. La región de mayor importancia en la producción de pepino de mar es el Indo-Pacífico, de donde Van-Eys (1986) y Conand (1989) exponen aspectos de su aprovechamiento; Conand y Byrne (1993) abordan la condición de los holoturoideos de interés comercial a escala mundial. Aguilar *et al.* (1993) analizaron el recurso pesquero pepino de mar y la pesquería en un estudio elaborado para el Instituto Nacional de la Pesca de Ecuador, para la isla Fernandina, provincia de Galápagos, en donde hacen énfasis en la especie *I.*

*fuscus*. Camhi (1995) y Powell y Gibbs (1995), exponen la problemática de la pesquería de *I. fuscus* en Ecuador, los conflictos sociales generados por su sobreexplotación y la consecuente regulación mediante la prohibición de la pesquería por parte de su gobierno. A propósito de esta problemática, Gutiérrez-García (1995) propuso el cultivo de *I. fuscus* destinado a la producción de *Bêche-de-mer*, como alternativa a la sobreexplotación, exhortando a inversionistas y comerciantes a practicar la actividad. Martínez *et al.* (1996) estudiaron la biología poblacional y reproductiva de *I. fuscus* en la Islas Galápagos, concluyendo que la pesquería no es sustentable. Existe un minucioso estudio realizado por Jenkins y Mulliken (1999) acerca de la problemática pesquera, ecológica, legal y social de *I. fuscus*, generados tras su explotación en Ecuador y su comercio en Asia, desde la perspectiva biológica, conservacionista, social y económica.

En México también se han suscitado polémicas por la pesca de *I. fuscus* y se han realizado numerosos estudios que tratan su pesquería, capturas y aspectos de su biología encaminados al buen uso de la especie. Gil-López y Medrano-González (1992) trataron la pesquería, densidad, captura por unidad de esfuerzo y estructura poblacional de *I. fuscus* en cuatro localidades de Guerrero. Salgado-Castro (1994) revisó la pesquería de *I. fuscus* en Baja California y reportó una talla máxima de 43.5 cm. Sierra-Rodríguez (1994) analizó detalladamente la primera captura comercial de *I. fuscus* en Salina Cruz, Oaxaca, antecedente de estudio de suma importancia en México. Salgado-Castro (1996) presentó una semblanza del desarrollo de la pesquería de *I. fuscus* en Baja California, en donde señala la sobreexplotación. Singh-Cabanillas y Vélez-Barajas (1996) caracterizaron la pesquería de *I. fuscus* de Baja California Sur, incluida una evaluación de las poblaciones de la región, sugiriendo medidas de regulación. Salgado-Castro (1997) estudió aspectos de la pesquería y de densidad poblacional de tres especies de holoturoideos, incluido *I. fuscus*; compara además la importancia del pepino de mar como recurso pesquero con otras especies de alto valor comercial como los son el camarón, el erizo, el abulón y la langosta.

Se han efectuado estudios similares al presente, en su mayoría en el Golfo de California. Fajardo-León *et al.* (1995) trataron la estructura poblacional y el ciclo reproductor de *I. fuscus* en Santa Rosalía, Baja California Sur, para los años 1992-1993. En Guerrero, Mora-Álvarez (1996) estudió la distribución y la abundancia de *I. fuscus*, reportando su preferencia por sustratos rocosos. Reyes-Bonilla (1997) abordó la biología poblacional de la especie en el sur del Golfo de California durante 1996-1997. Herrero-Pérezrul *et al.* (1998) reportaron hermafroditismo para *I. fuscus* de Bahía San Gabriel, en Isla Espíritu Santo, al sur del Golfo de California. Herrero-Pérezrul *et al.* (1999) trataron la reproducción y el crecimiento de *I. fuscus* en la Isla Espíritu Santo, Bahía La Paz, Baja California Sur.

Existe una publicación especializada no periódica sobre este grupo animal, el *Beche-de-mer Information Bulletin*; desde su aparición se han publicado 18 números hasta mayo de 2003. Esta publicación trata diversas temáticas especializadas en la clase Holothuroidea. Destaca en este boletín un estudio reciente de Hamel *et al.* (2003), quienes publicaron resultados preliminares del desarrollo temprano de *I. fuscus* en medios de cultivo controlados.

## DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Sistemática de *Isostichopus fuscus* (Fig. 1), según diversos autores (Deichmann, 1958 y Brusca y Brusca, 1990):

PHYLLUM	ECHINODERMATA De Brugière, 1791
SUBPHYLLUM	HELEUTHEROZOA
CLASE	HOLOTHUROIDEA de Blainville, 1834
SUBCLASE	ASPIDOCHIROTACEA Grube, 1840
ORDEN	ASPIDOCHIROTIDA Grube, 1840
Familia	STICHOPODIDAE (Haeckel, 1896)
Género	<i>Isostichopus</i> Deichmann (1958)
Especie	<i>Isostichopus fuscus</i> Ludwig (1875)

### Sinonímias (según Deichmann, 1958):

*Stichopus fuscus* Ludwig, 1875, p. 97; 1898, p. 5, pl. 1, figs. 1-5. H. L. Clark, 1910, p. 350 (no examinado); 1922, p. 45 (rechazado por inidentificable). Deichmann, 1937, p. 163; 1938, p. 363. Steinbeck y Ricketts, 1941, p. 410.

*Stichopus badionotus* Selenka, 1867, p. 316 (*Partim*). H. L. Clark, 1922, p. 55 (*Partim*).

### Diagnosis

*Isostichopus fuscus* presenta forma larga y aplanada con flancos gruesos; boca ventral y ano terminal. Dorso con número variable de pápulas despuntadas. Numerosos pies ambulacrales ventrales en bandas. Numerosas espículas en forma de pequeñas tablas con discos redondeados, con gran número de hoyos marginales y una espira regular con la punta aplanada con numerosos dientes pequeños. En cantidad variable, los corpúsculos en forma de "C" comúnmente están presentes. Los pies terminan en una ventosa con bases de soporte perforados terminalmente (Deichmann, 1937). Dorso café oscuro con ocasionales manchas color beige. Vientre beige, variando en algunos individuos a rosado, naranja o café claro.

### **Talla**

Sin especificar si es talla promedio, máxima u observada, 21 cm (Diechmann, 1937); promedio 23 cm (Reyes-Bonilla, 1997, Herrero-Pérezrul *et al.*, 1999); sin especificar si es promedio, máxima u observada, 25 cm (Hickman, 1998).

### **Dieta**

Se alimenta de sedimentos. En su tracto digestivo se observó arena, lodo, restos de algas, pequeños trozos de conchas y espinas de erizos. El color claro de algunos sedimentos gruesos denotó un aparente bajo contenido de materia orgánica, mientras que los sedimentos finos presentaban tonalidades verde olivo, con mayor contenido de materia orgánica. Fue notoria la diferencia en la calidad del sedimento ingerido por distintos individuos colectados. Se observó que en general los individuos de menor tamaño ingieren arenas más gruesas, mientras que los de mayor talla, tienden a ingerir sedimentos más finos y ricos en nutrientes; resta determinar si se trata de selectividad adquirida o de disponibilidad.

### **Proporción sexual**

Reyes-Bonilla (1997) y Herrero-Pérezrul *et al.* (1999) reportan para *I. fuscus*, en el Golfo de California, proporción sexual 1:1. Debido a que no existe dimorfismo sexual, el sexo se distingue sólo mediante histología. Especie dioica con 1.2 % de incidencia de hermafroditismo en el sur del Golfo de California (Herrero-Pérezrul *et al.*, 1998).

### **Distribución geográfica.**

Es común desde la parte alta del Golfo de California hasta Ecuador, así como en las islas Galápagos, isla Socorro y e isla Cocos (Deichmann, 1958, Maluf, 1988). Se encuentra a profundidades que van desde 1 hasta 40 metros (Maluf, 1988).

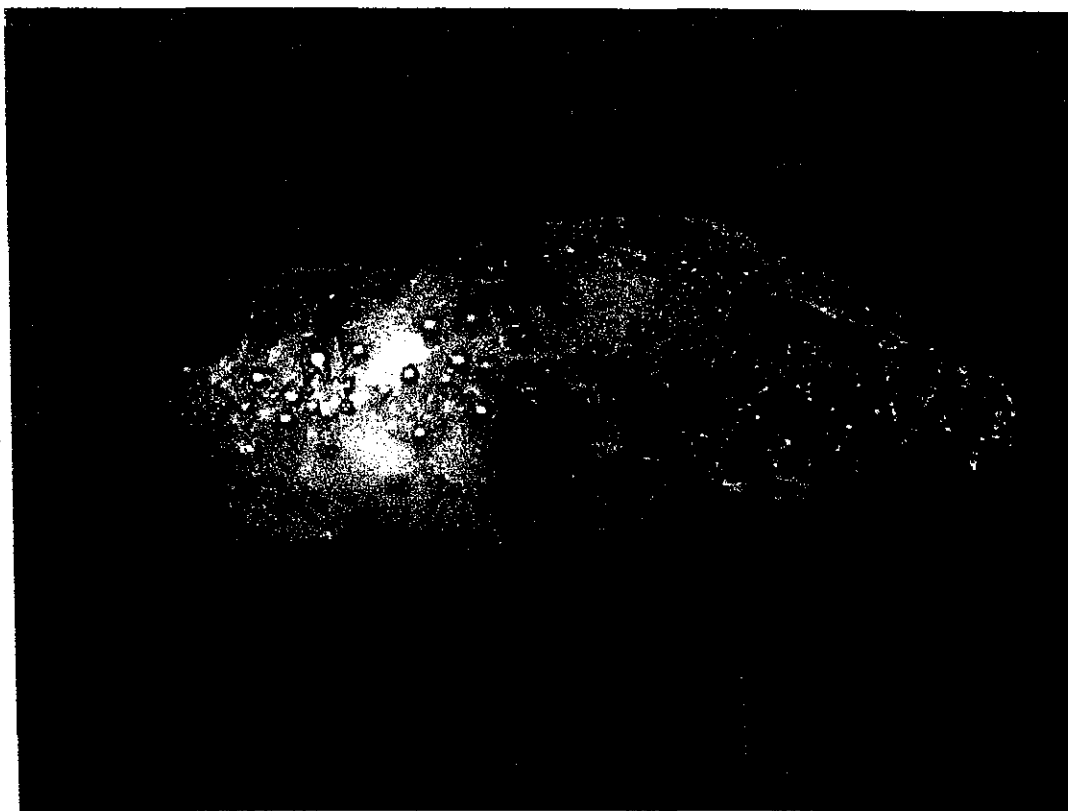


Figura 1. *Isostichopus fuscus*, individuo de 23 cm de longitud. El cuerpo elástico puede conferir variabilidad de forma y talla. La región oral se ubica a la izquierda de la fotografía y en la parte derecha se observa la típica forma cónica del extremo anal.

## ÁREA DE ESTUDIO

La costa de Jalisco presenta una plataforma continental escarpada y estrecha de fondo rocoso, con flancos que descienden abruptamente y sedimentos terrígenos cercanos a la costa. Su extensión es de unos 342 km (Anónimo, 1981a).

El área de estudio comprende el sublitoral somero de Bahía Chamela, municipio de La Huerta, Jalisco, desde Punta Soledad (19° 37' 04" latitud N, 105° 11' 04" longitud O) hasta el islote Espíritu Santo (19° 28' 37" latitud N, 105° 04' 04" longitud O), equivalente en línea recta a 24 km (Fig. 2). El área de estudio representa el siete por ciento de la extensión del litoral del estado, incluye las islas Pajarera y Cocinas y se encuentra en la porción costera central del estado de Jalisco. Bahía de Chamela se compone en parte por una extensa playa arenosa que inicia en el norte en Punta Pérula, corriendo hacia el sur e interrumpida en su segundo tercio por una formación rocosa denominada Las Rosadas. La extensión arenosa, que representa el 35% de la extensión del área de estudio, no forma parte del muestreo por no ser hábitat propio de la especie. Las zonas rocosas consideradas en el estudio se encuentran al norte, fuera de la bahía y en la parte sur de la bahía, así como en las islas Pajarera y Cocinas, dentro de la bahía y otros islotes y morros ubicados en ambos sentidos, norte y sur.

La región presenta, además de las porciones costeras rocosas, cuerpos de agua costeros, manglares, palmares y pequeños núcleos poblacionales. Existen también acantilados rocosos en los que se forman pequeñas bahías y ensenadas con playas arenosas. Esta heterogeneidad fisiográfica representa una gran variedad de hábitat que implica un gran valor intrínseco en cuanto a riqueza natural y diversidad biológica (Anónimo, 1981b).

El clima del área, según el sistema de Köppen, modificado por García (1981), corresponde al clima de sabana, que es un "clima cálido subhúmedo con lluvias de verano". La estación de monitoreo climático más cercana al área de estudio está ubicada a 20 km de distancia hacia norte del límite norte del

área de estudio, a 35 m. s. n. m., en Tomatlán (19° 56' latitud N, 105° 15' longitud O). De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen la clave climática de dicha zona es  $Aw_0(w)$ . De acuerdo con Rodríguez de la Cruz (1988), la temperatura promedio anual del aire en la región es de 25° C, con una oscilación de 10° C. La máxima temperatura, 29-30° C, se presenta en mayo, junio, julio y agosto; la mínima en enero y febrero. La precipitación media anual oscila entre los 800 y 1500 mm, con máxima ocurrencia de junio a septiembre y mínima entre febrero y abril (Anónimo, 1981b).

En el área de Chamela se reportan dos tipos de vegetación, el bosque tropical caducifolio y el bosque tropical subcaducifolio (Zamudio *et al.*, 1987). Cercana a la línea de costa de la bahía y en las zonas adyacentes, existe vegetación halófila, propia de dunas costeras; también son comunes algunas cactáceas, plantas suculentas y palmares.



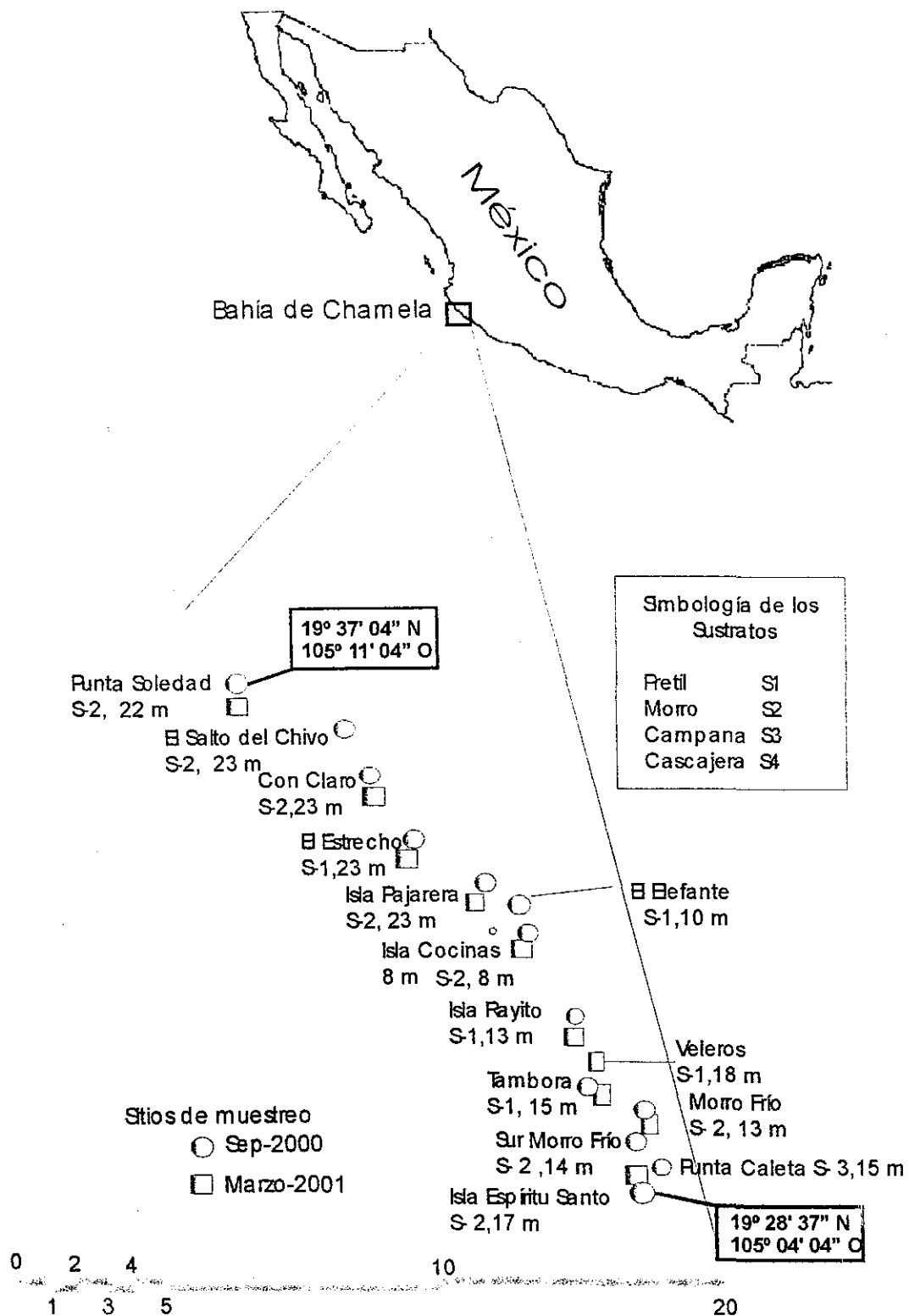


Figura 2.- Bahía de Chamela, Jalisco. Los símbolos corresponden a los sitios de muestreo del estudio de densidad y hábitat. Estos mismos sitios, entre otros, corresponden a los sitios muestreados para el capítulo de dinámica poblacional (junio de 1999 a abril de 2001) y de reproducción (marzo 2000 a febrero 2001).

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Caracterizar algunos aspectos poblacionales, reproductivos y pesqueros del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) en la costa central de Jalisco, México.

### Objetivos particulares

1 Describir la estructura poblacional de *I. fuscus* en bahía Chamela, Jalisco.

1.1 Estimar la densidad de *I. fuscus* durante dos temporadas del año: cálida-lluviosa y templada-seca.

1.2 Exponer aspectos del hábitat: profundidad y tipo de sustrato.

1.3 Describir la estructura de talla y peso de la población.

2 Describir algunos parámetros poblacionales de *I. fuscus* en la región.

2.1 Estimar los parámetros y curva de crecimiento, así como la relación talla-edad y peso-edad.

2.2 Calcular las tasas instantáneas de mortalidad y sobrevivencia.

3 Reconocer la época de reproducción de la especie en estudio, por medio del:

3.1 Índice gonadosomático.

3.2 Estadios de desarrollo gonádico durante un ciclo anual.

4 Analizar históricamente la pesquería de *I. fuscus*.

4.1 Describir y analizar aspectos de la captura comercial de *I. fuscus*.

4.2 Estimar potencial e históricamente la Captura por Unidad de Esfuerzo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para realizar la colecta de organismos y de datos en campo se utilizó una panga de 23 pies con motor Yamaha® fuera de borda de 65 hp. La embarcación estaba provista de un equipo de buceo semiautónomo con compresor Kellogs® de dos pistones verticales, 100 m de manguera de media presión y un regulador de demanda o de segunda fase. Este equipo lo utilizan los buzos en Jalisco, para capturar especies bentónicas, tales como langosta, pulpo, caracoles, almejas y peces.

## **BIOLOGÍA POBLACIONAL**

La parte del estudio correspondiente a la biología poblacional de *I. fuscus* se realizó en dos etapas: a) Estructura Poblacional, que incluyó densidad, hábitat y estructuras de talla y de peso; y b) Dinámica Poblacional, que incluyó reclutamiento, crecimiento y mortalidad.

### **Estructura Poblacional**

#### **Densidad y hábitat**

Se muestreó durante dos temporadas, a) cálido-lluviosa (TCL) en septiembre de 2000, y b) templado-seca (TTS) en marzo de 2001. Durante ambas campañas se muestrearon 26 transectos en 16 localidades, 14 en la TCL y 12 en la TTS. Se tomó nota del tipo de sustrato y profundidad máxima de cada sitio. Cada recorrido se cronometró para estimar la velocidad de buceo, lo cual permitió obtener una estimación de la densidad (observaciones por tiempo de buceo) y de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Un método análogo ha sido utilizado por Conand (1982), para evaluar la CPUE.

Mediante la georreferenciación en campo con un equipo portátil del GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin® modelo 12 XL, se obtuvieron las coordenadas de cada transecto, mediante el registro de cada cambio de 0.1

segundos de posición geográfica durante el recorrido del buzo. Para conocer y representar la ubicación, ruta y longitud de cada transecto, se transformaron los registros de las coordenadas, del sistema hexadecimal al decimal, en una hoja de cálculo en Excel 2000 de Microsoft®, para posibilitar su vaciado a la base de datos del programa Arc-Info®. Dicha información se integró al mapa digitalizado de la región, transportando el archivo compuesto al programa Arc-View®, para estimar la longitud de los transectos y editar el mapa integrado de presentación. La superficie de los transectos se estimó mediante su longitud y cuya amplitud, según la visibilidad, se estimó en tres metros en la TCL y en seis metros en la TTS.

Maluf (1988) y Mora-Álvarez (1993) reportan al coral, lodo, arena y rocas como hábitat de *I. fuscus*. En prospecciones previas al muestreo, se observó que la especie en la región habita sólo sobre rocas, por lo que el hábitat se caracterizó acorde a la forma y tamaño de dichas rocas de la siguiente manera, 1) Morro: montes o monolitos redondeados de dimensiones considerables (de varios metros) que pueden o no emerger sobre la superficie del mar; 2) Piedras encampanadas: rocas grandes como morros, con cuevas, grietas y orificios; 3) Pretil: rocas sueltas, enterradas o emergidas del fondo, de un metro o más de diámetro; 4) Cascajera: rocas sueltas menores de un metro de diámetro, posadas sobre el fondo.

### **Estructura de tallas y pesos**

Se muestrearon 1118 individuos en 19 muestreos mensuales de junio de 1999 a abril de 2001. El tamaño de muestra mensual varió de 21 individuos en diciembre de 2000 a 89 en marzo de 2000, con promedio de 59 por mes. Los organismos colectados se colocaron en recipientes con agua de mar que se cambiaba cada hora, protegidos de la luz solar para disminuir el estrés físico y químico. Después, se trasladaron los organismos para su procesamiento a la estación de campo en Punta Pérula, Bahía de Chamela.

Cuando cada organismo dentro del recipiente con agua adoptó la postura y el tamaño que se consideraron normales, se midió su longitud curva total con

precisión de 1 cm, con una cinta métrica flexible. Después se dejaban expuestos al aire unos minutos y se ejercía una moderada presión manual sobre su dorso, con lo que expulsaban la mayoría del agua de la cavidad corporal y en ocasiones las vísceras. De esta manera era posible obtener el peso drenado mediante una balanza electrónica portátil marca Ohaus® modelo Scout® con capacidad de 2000g  $\pm$ 1 g de precisión.

Con los datos de campo se elaboraron histogramas y tablas que representan la información condensada. La relación longitud-peso se estimó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = aL^b$$

donde:

P = peso del organismo (g)

L = longitud del organismo (cm)

a = ordenada al origen de la curva o factor de condición (Safran, 1992)

b = pendiente de la curva o coeficiente de alometría

Para obtener los valores de las constantes del modelo anterior (a y b) se realizó una transformación logarítmica de la ecuación para linearizarla y posteriormente se aplicó el método de mínimos cuadrados, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Log}P = \log a + \log L$$

También se despejó el parámetro "a", indicador del factor de condición, de manera individual, y se promedió mensualmente, para conocer su comportamiento independiente del factor de alometría. Se aplicó una prueba t al valor de la pendiente, b, para determinar si este valor es o no igual a 3, lo cual sería indicador de crecimiento isométrico, mediante la siguiente ecuación (Pauly, 1984):

$$t = \frac{\text{s.d.}_{(x)} * |b - 3|}{\text{s.d.}_{(y)} * \sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

## Dinámica Poblacional

Este capítulo se desarrolló a partir de los 1118 organismos referidos arriba, en el capítulo Estructura de Tallas y Pesos.

### Edad y crecimiento

Se aplicó el método de Bhattacharya (1967) a 19 histogramas mensuales de frecuencia de talla derivados de 1118 individuos para definir grupos de edad, basados en el seguimiento modal. Posteriormente se utilizó el programa ELEFAN (Electronic Frequency Analysis) del paquete computacional FISAT (Fisheries Assessment Tools), descrito en Sparre y Venema (1995), para calcular los parámetros de crecimiento, necesarios para obtener la curva de crecimiento y la relación edad-talla mediante la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Ricker, 1975). El programa ELEFAN identifica la curva de crecimiento que mejor se ajusta a una serie de datos de frecuencias de longitud, usando el valor "Rn" como criterio de optimización (Gayanilo *et al.*, 1994). También se obtuvieron parámetros de crecimiento mediante el método de Powell-Wetheral (Gayanilo *et al.*, 1994).

La curva de crecimiento se calculó con la ecuación general de von Bertalanffy, que considera la talla del cuerpo como una función de la edad (Sparre y Venema, 1995):

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

donde:

$L_t$  = talla o longitud media por edad o al tiempo  $t$

$t$  = edad

$L_{\infty}$  = longitud teórica máxima que puede alcanzar un individuo

$k$  = parámetro de curvatura de la recta o constante de catabolismo

$t_0$  = parámetro de condición inicial

El parámetro  $t_0$  se obtiene substituyendo  $k$  y  $L_\infty$  en la fórmula despejada (según el método de Gulland, 1983):

$$t_0 = t + \frac{1}{k} * \ln \frac{(L_\infty - L_t)}{L_\infty}$$

Los valores de los grupos de edad obtenidos mediante el método de Bhattacharya se emplearon para obtener las constantes de la ecuación de von Bertalanffy por medio de los métodos de Ford (1933), Walford (1946), Gulland (1964), Powell-Wheterall y Prayer (1987). La suma de las diferencias al cuadrado ( $\sum e_i^2$ ) fue utilizada para analizar las diferencias entre los valores observados y los calculados. El método Ford (1933)-Walford (1946) establece que

$$L_{(t+1)} = a + b(L_t)$$

Donde:

$L_{(t+1)}$  = longitud estándar al tiempo  $t + 1$

$L_t$  = longitud estándar al tiempo  $t$

$a$  = ordenada al origen

$b$  = pendiente de la relación

donde:

$$a = L_\infty * (1 - b) \quad \text{y} \quad b = e^{-k}$$

que despejando:

$$k = -\ln b \quad \text{y} \quad L_\infty = a / (1 - b)$$

Para la obtención de la ecuación del crecimiento teórico en peso se aplicó la ecuación de von Bertalanffy:

$$P_t = P_\infty \left(1 - e^{-k(t-t_0)}\right)^b$$

donde:

$P_t$  = peso al tiempo  $t$

$P_{\infty}$  = peso asintótico

$k$  = índice catabólico

$t$  = tiempo

$t_0$  = peso teórico en la edad cero

El peso teórico infinito  $P_{\infty}$  se obtiene a partir del de  $L_{\infty}$ , aplicando la relación longitud-peso. Se sustituyeron los valores para comparar el crecimiento en talla con el de peso y se calcularon las tasas instantáneas de crecimiento para ambas curvas.

Taylor (1960) considera la edad límite como el tiempo requerido para alcanzar el 95% de la longitud asintótica  $L_{\infty}$ ; se tiene entonces que el índice de longevidad es:

$$A_{0.95} = t_0 + (2.996/k)$$

### Mortalidad y sobrevivencia

La tasa instantánea de mortalidad total ( $Z$ ) se compone de dos fuentes de disminución de la población: la tasa instantánea de mortalidad natural ( $M$ ) y la tasa instantánea de mortalidad por pesca ( $F$ ):

$$Z = M + F$$

donde:

$M$  = tasa instantánea de mortalidad natural (debido a enfermedad, vejez o depredación)

$F$  = tasa instantánea de mortalidad por pesca

El valor de la mortalidad total ( $Z$ ) se obtuvo por dos métodos:

El primero mediante la aplicación del método de la curva de captura (Ricker, 1948), graficando los valores de los logaritmos neperianos de las abundancias de cada edad contra los grupos de edades.

$$N_t = N_0 * e^{-Zt}$$

donde:



$N_0$  = número inicial de organismos en el tiempo 0

$N_t$  = número de organismos al finalizar el tiempo t

Z = tasa instantánea de mortalidad total

Para aplicar el segundo método se utilizó la ecuación de mortalidad total propuesta por Beverton y Holt (1956):

$$Z = k \left[ \frac{L_{\infty} - L_{prom}}{L_{prom} - L_{min}} \right]$$

donde:

Z = tasa de mortalidad total

k = tasa de crecimiento anual de los individuos

$L_{\infty}$  = longitud teórica máxima que puede alcanzar un individuo

$L_{prom}$  = Longitud (cm) promedio de la población

$L_{min}$  = Longitud (cm) mínima encontrada durante el muestreo

El parámetro de mortalidad natural M es muy sensible y difícil de calcular de manera directa. Para su cálculo se utilizó el método de Taylor (1958, 1959, 1960 y 1962), el cual considera que la longevidad de una especie es indirectamente proporcional a su mortalidad natural, así como al número de individuos presentes en el tiempo t y está en función de la tasa de crecimiento k (Longhurst y Pauly, 1987). La mortalidad natural según el modelo de Taylor (1960) equivale a:

$$M = (2.996 / A_{0.95}) - t_0$$

Otro método que se utilizó para calcular la mortalidad natural es el de Rikherthy y Efanov (1976, tomado de Sparre y Venema, 1995), que sugiere una relación estrecha entre dicha mortalidad natural (M) y la edad en que el 50% de la población está madura (edad de maduración masiva:  $T_m$  50%):

$$M = 1.521 / (Tm50\% ^{0.720}) - 0.155$$

El tercer método para calcular la mortalidad natural es la ecuación empírica de Pauly (1980):

$$\ln M = -0.0152 - 0.279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln k + 0.463 * \ln T$$

donde:

T = temperatura promedio anual del área de estudio.

Para interpretar las tasas instantáneas de mortalidad se calculó la sobrevivencia (S), que está referida en proporción de 0 a 1 anualmente.

$$S = e^{-z}$$

Posteriormente se calculan el porcentaje de los organismos que sobreviven y el porcentaje de los que mueren.

## BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

De los 1118 organismos recolectados para el estudio poblacional de *I. fuscus* durante junio de 1999 a abril de 2001 en Bahía de Chamela, se procesaron 363 individuos (~33 ind./mes) entre marzo de 2000 y febrero de 2001, de los cuales se obtuvieron en total 165 gónadas de ambos sexos para el estudio de la biología reproductiva durante un ciclo anual. Cada organismo se midió, se diseccionó con un cuchillo de cocina y posteriormente se pesó completo. De esta manera se extrajeron las gónadas y se colocaron en frascos de plástico etiquetados, en donde se fijaron y preservaron en una solución de formaldehído al 10% neutralizada con borato de sodio a grado de saturación. Se utilizaron dos métodos para determinar las características del ciclo reproductivo: el índice gonadosomático (IGS) y la histología. Se confrontaron los valores del IGS con los de temperatura superficial del mar durante el período de estudio.

### Índice gonadosomático (IGS)

Después de deshumedecer con papel absorbente y antes de ser fijada en la solución de formaldehído, cada gónada se pesó en una balanza digital electrónica portátil Ohaus®, modelo Scout® con capacidad de 200 g  $\pm 0.01$  g. Se tuvo especial cuidado en evitar la contaminación entre muestras durante la manipulación. Tras procesar cada gónada, el material se lavó con alcohol etílico al 75% y se secó con papel absorbente desechable. Con los datos individuales de peso drenado total y peso de la gónada deshumedecida, se obtuvo el IGS mediante la ecuación

$$IGS = \frac{PG}{PT} * 100$$

donde

PG = Peso de la gónada

PT = Peso total (drenado) del organismo

Este método identifica la evolución del desarrollo gonádico durante un ciclo reproductivo. Las variaciones mensuales en porcentaje normalizadas (arco seno) del IGS (Sokal y Rohlf, 1995) se compararon entre sexos mediante ANDEVA de una vía ( $p = 0.05$ ). Se utilizó la prueba *a posteriori* Tukey (Day y Quinn, 1989) para localizar el origen de las diferencias estadísticas. También se realizó una prueba de Chi-cuadrada (Sokal y Rohlf, 1995) para determinar si la diferencia en la proporción sexual machos-hembras era significativa.

El peso de primera madurez sexual se calculó graficando el porcentaje acumulado de individuos en gametogénesis, madurez o desove contra el peso correspondiente. El punto en donde el 50% de los individuos se encontraban en dichos estadios se consideró como la talla de primera madurez sexual (Conand, 1982).

### **Histología gonadal**

Se realizaron 165 cortes histológicos de 3 a 5  $\mu\text{m}$  de espesor, uno por cada gónada extraída. Los cortes se montaron individualmente en portaobjetos y se tiñeron con hematoxilina-eosina, tinción útil para contrastar estructuras microscópicas de este tipo. Cada corte se examinó a través de un microscopio óptico marca Zeiss® mediante los objetivos 10X y 40X, para identificar los estadios de desarrollo e identificar el sexo. Tras la lectura de los cortes histológicos, participaron en la corroboración los especialistas Dr. Francisco Ramos Solano, Jefe del Laboratorio de Histopatología del Centro Médico de Occidente (IMSS), la M. C. Ma. Dinorah Herrero Pérezrul, de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y la Dra. Olivia Tapia Vázquez de la Universidad Autónoma de Baja California. La asignación de los estadios de desarrollo se basó en los utilizados y descritos para la especie por Herrero-Pérezrul *et al.* (1999) (Anexo A).

## **PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN**

### **Actividad pesquera**

Se describe la actividad pesquera, la extracción y el procesamiento de *Isostichopus fuscus* desde una perspectiva histórica, basados en descripciones de pescadores y compradores de pepino de mar.

### **Capturas comerciales**

Se revisaron datos de la captura comercial reportados por las oficinas de Puerto Vallarta y Barra de Navidad de la Subdelegación de Pesca en Guadalajara. Estos reportes, cuando existieron, resultaron imprecisos en términos de esfuerzo, por lo que se exponen fieles, como captura anual o mensual, según se dispuso de información.

### **Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)**

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se estimó en unidades de tiempo en un contexto histórico y durante las colectas de este estudio, debido a que la actividad cesó un año antes de iniciar este estudio; de esta manera, no fue posible estimar este parámetro de forma estricta por no existir entonces una pesquería vigente en Jalisco. De esta manera se estimó la densidad de los organismos observados o colectados, en unidades de área y de tiempo; esto permitió estimar la captura potencial. El esfuerzo de colecta y de observación se asemeja a la CPUE real en unidades de tiempo. La CPUE ha sido utilizado por Conand (1982) en un contexto análogo, es decir, organismos observados por hora de buceo. Las entrevistas a pescadores indicaron la CPUE en unidades de tiempo (organismos capturados por hora de buceo), que ellos estiman existió durante la explotación.

## RESULTADOS

### Densidad y hábitat

En la temporada cálido lluviosa (TCL) se observaron en promedio  $62.1 \pm 17.5$  individuos por hectárea (ind./ha), equivalentes en promedio a  $14.5 \pm 3.3$  individuos observados por hora (ind./h) durante el buceo. La mayor densidad se observó en Isla Pajarera (211.6 ind./ha), El Elefante (173.9 ind./ha) y Punta Soledad (131.3 ind./ha). La menor densidad se observó en Morro Frío (10.2 ind./ha), Isla Rayito (22 ind./ha) e Isla Cocinas sur (25 ind./ha). En Isla Espíritu Santo y lado oeste de Isla Cocinas no se observó a *I. fuscus* (Fig. 3a). La superficie total de muestreo en la TCL fue de 1.31 ha y la superficie promedio por transecto fue de  $0.094 \pm 0.0078$  ha. La superficie de los transectos varió entre 0.025 ha en el islote El Elefante, en el costado norte de Isla Cocinas y 0.137 ha en la isla Rayito, mientras que la profundidad máxima por sitio osciló entre 8 m en Isla Cocinas y 23 m en tres localidades. Todas las localidades promediaron 16 m de profundidad. La velocidad del buceo en esta temporada promedió 1116 m/h.

Durante la TTS se registraron  $103.94 \pm 12.51$  ind./ha en promedio, equivalentes a 1.06 ind./min, o  $73 \pm 13.78$  ind./h, con valores máximos de densidad en Veleros (193 ind./ha), Frente a Veleros (Tambora) (143 ind./ha) e Isla Rayito (136 ind./ha), y mínimos en Morro Frío (49.9 ind./ha), Isla Espíritu Santo (52.3 ind./ha) y Punta Caleta (66.5 ind./ha). En esta temporada se registró la presencia de *I. fuscus* en todos los sitios muestreados (Fig. 3b). En la TTS se muestreó una superficie total de 1.622 ha, con un promedio por localidad de 0.135 ha, variando desde 0.095 ha en el sur de la Isla Cocinas hasta 0.196 ha en Punta Caleta. La profundidad máxima promedio fue de  $17 \pm 1.4$  m, con una mínima de 8 metros en la isla Rayito y una máxima de 23 metros en Punta Soledad y Con Claro. La velocidad del buceo en la TTS fue de  $20 \pm 2.76$  m/min. La figura 3 resume los resultados de densidad durante ambas temporadas.

Ambas temporadas promediaron  $81.6 \pm 11.6$  ind./ha, equivalentes a  $42 \pm 8.7$  ind./h en una superficie total muestreada de 2.9322 ha. La velocidad del buceo promedió  $18.1 \pm 1.6$  m/min, equivalentes a  $1.09 \pm 0.71$  km/h, o  $0.4465$  ha/h (Tabla 1). La extracción de pepino de mar expresada en tiempo se ilustra en la tabla 2. La diferencia de densidad entre temporadas fue significativa ( $F_{1,18} = 8.6$ ;  $P < 0.05$ ), según el análisis de varianza de una vía.

Tabla 1. Densidad por sitio expresado en individuos por hectárea (D), superficie de muestreo  $m^2$  (S), profundidad (P) e individuos observados (O).

TCL						
Localidad	Latitud N	Longitud O	O	S	D	P
1.- Isla Espiritu Santo	19°28'39"	105°04'04"	0	990	0	17
2.- Punta Caleta	19°28'47"	105°03'42"	3	864	35	15
3.- Punta Morro Frio (sur)	19°29'16"	105°03'58"	2	765	26	14
4.- Morro Frio	19°29'45"	105°04'04"	1	984	10	13
5.- Frente a Veleros (Tambora)	19°30'24"	105°04'47"	4	684	59	15
6.- Isla Rayito	19°31'24"	105°05'24"	3	1365	22	13
7.- Isla Cocinas (Sur)	19°32'50"	105°06'20"	3	1200	25	8
8.- Isla Cocinas (Oeste)	19°32'52"	105°06'44"	0	501	0	8
9.- Isla Cocinas (Elefante)	19°32'48"	105°06'48"	6	345	174	10
10.-Isla Pajarera	19°33'23"	105°07'32"	20	945	212	23
11.-Punta Soledad	19°37'03"	105°11'50"	13	990	131	22
12.-El Salto del Chivo	19°36'20"	105°09'50"	6	1008	59	18
13.-Con Claro	19°35'22"	105°09'19"	8	1119	71	23
14.-El Estrecho	19°34'19"	105°08'05"	6	1344	45	23
<b>Total:</b>			<b>75</b>	<b>13104</b>		
Promedio			5.4	936	62.1	15.9
Desviación estándar			5.5	291.4	65.3	5.4
TTS						
Localidad	Latitud N	Longitud O	O	S	D	P
1.- Isla Espiritu Santo (Centro)	19°29'34"	105°03'55"	8	1530	52	15
2.- Isla Espiritu Santo	19°28'38"	105°04'04"	14	1392	101	17
3.- Punta Caleta	19°29'14"	105°03'57"	13	1956	66	15
4.- Morro Frio	19°29'45"	105°04'03"	7	1404	50	13
5.- Frente A Veleros (Tambora)	19°29'00"	105°04'29"	17	1188	143	15
6.- Veleros	19°30'25"	105°04'50"	19	984	193	18
7.- Isla Rayito	19°31'22"	105°05'24"	24	1764	136	13
8.- Isla Cocinas (Sur)	19°32'52"	105°06'21"	13	954	136	8
9.- Isla Pajarera	19°33'22"	105° 07'04"	18	1458	123	23
10.-Punta Soledad	19°37'03"	105°11'52"	10	1068	93	22
11.-Con Claro	19°35'11"	105°09'19"	9	1092	82	23
12.-El Estrecho	19°34'24"	105°07'48"	10	1428	70	23
<b>Total</b>			<b>162</b>	<b>16218</b>		
Promedio			13.5	1351.5	104	17.1
Desviación estándar			5.1	309.9	43.3	4.9

En la TCL registramos una longitud promedio para la especie de  $20.9 \pm 3.1$  cm (Fig. 4a), en la TTS la longitud promedio fue de  $24.6 \pm 2.6$  cm (Fig. 4b).

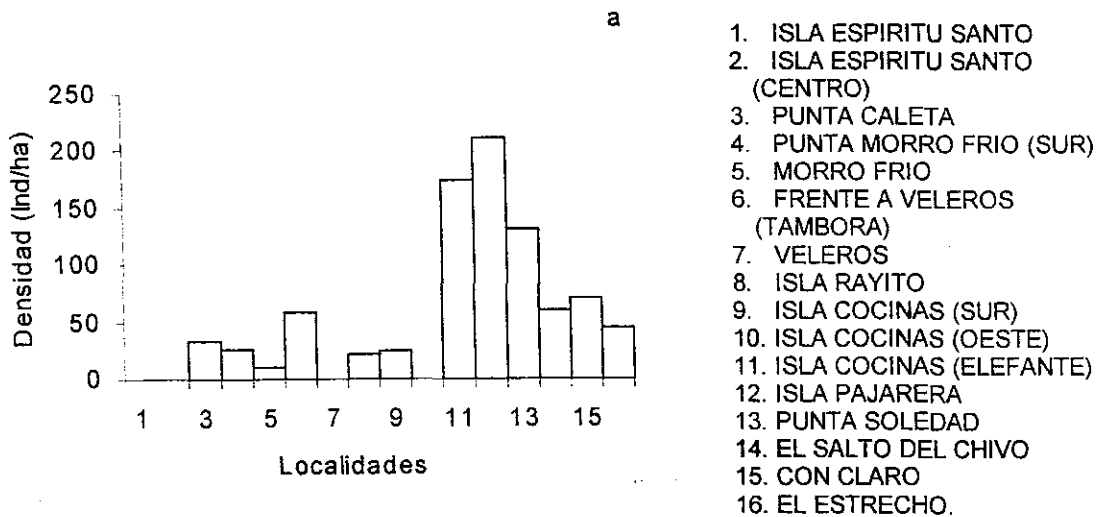
En los histogramas de longitud de ambas temporadas aparece una moda principal entre los 19 y 23 cm en la TCL y entre los 22 y 26 cm en la TTS (Fig. 4); de acuerdo al análisis de varianza de una vía, esto indica diferencia significativa de longitud entre ambas temporadas ( $F_{1,78}=27.95$ ;  $P<0.05$ ).

Durante la TCL *I. fuscus* se observó en tres sustratos, pretil (41%), morros (39%) y cascajeras (20%). En la TTS, se encontró en pretil (38%), morros (28%), cascajeras (19%) y piedras encampanadas (15%) (Fig. 5).

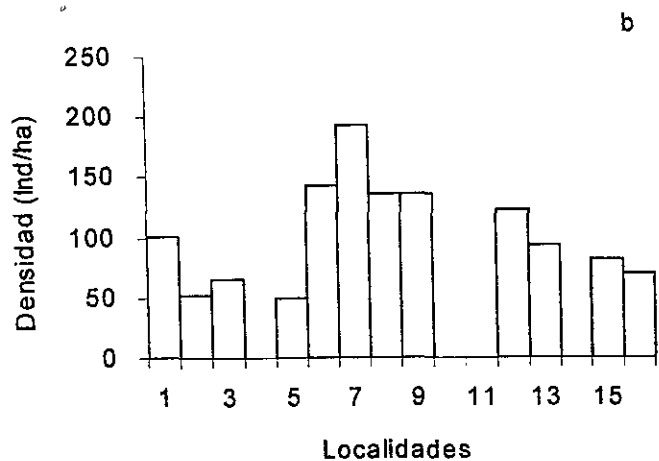
Tabla 2. Tiempo de extracción de pepino de mar durante este estudio y prospecciones previas al mismo (CPUE: organismos observados por hora de buceo).

Localidad	Observados	Tiempo (min)	CPUE
Chalacatepec	30	90	20
Punta Cucharas	28	120	14
	15	120	7.5
Con Claro	28	50	33.6
El Estrecho	25	110	13.6
Punta Pérula	6	120	3
Escollera de Afuera	10	20	30
El Elefante	0	15	0
Isla Pajarera	45	90	30
	9	60	9
	4	60	4
	4	70	3.4
	5	110	2.7
	8	70	6.9
	4	60	4
Promedio			8.6
Isla Cocinas	7	60	7
	6	60	5
	6	80	4.5
	5	100	1.8
	7	60	7
	2	40	5.4
Promedio			5.1
Total	254	1535 m =26 horas	Prom. 10.1





1. ISLA ESPIRITU SANTO
2. ISLA ESPIRITU SANTO (CENTRO)
3. PUNTA CALETA
4. PUNTA MORRO FRIO (SUR)
5. MORRO FRIO
6. FRENTE A VELEROS (TAMBORA)
7. VELEROS
8. ISLA RAYITO
9. ISLA COCINAS (SUR)
10. ISLA COCINAS (OESTE)
11. ISLA COCINAS (ELEFANTE)
12. ISLA PAJARERA
13. PUNTA SOLEDAD
14. EL SALTO DEL CHIVO
15. CON CLARO
16. EL ESTRECHO.



\* Sitios sin muestreo en la temporada CL  
 \*\* Sitios sin muestreo en la temporada TS).

Figura 3. Densidad de *I. fuscus* en la región de la Bahía de Chamela, Jalisco, durante dos temporadas. a =TCL, b =TTS.

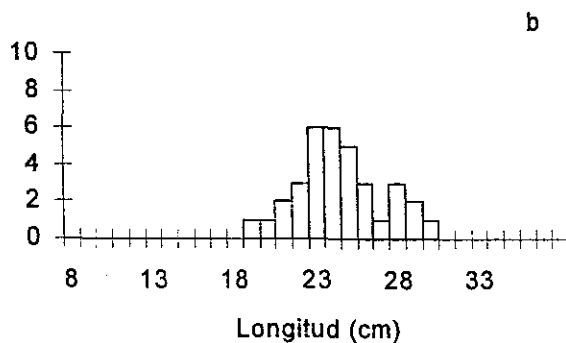
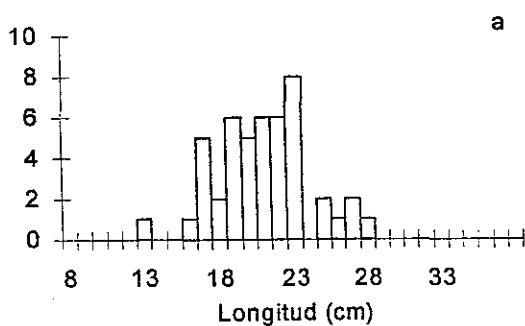


Figura 4. Histogramas de frecuencia de longitud de *I. fuscus* en dos temporadas. a =TCL y b =TTS.

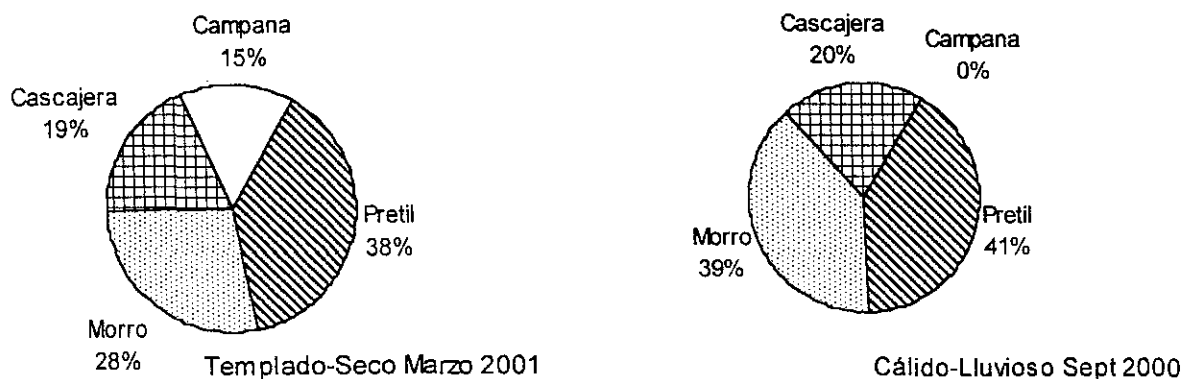


Figura 5. Preferencia de sustrato de *I. fuscus* en el área de estudio.

### Estructura de tallas y pesos

La longitud promedio total durante junio de 1999 a abril de 2001 fue 23.9 cm. En mayo de 2000 se registró el mayor promedio mensual de 26.9 cm y en julio de 1999 el menor, de 20.6 cm (Fig. 6), mientras que el peso promedio general fue de 321 g, con un valor promedio máximo de 379.2 g en abril de 2000 y uno menor de 263.4 g en octubre de 1999. El mayor peso observado fue 578 g en mayo de 2000, mientras el menor fue 17 g en agosto de 2000 (Fig. 7).

La estructura de tallas y de pesos mensual durante junio de 1999 a abril de 2001 se ilustra en los histogramas de frecuencia y en la tabla 3 se expone el resumen estadístico de los 1118 organismos muestreados. Entre julio y septiembre de 1999 se observa el mayor reclutamiento con la incorporación de individuos de 13 cm, aunque en marzo y abril también se observan indicios; en el 2000 se observó en julio, agosto y octubre. Los histogramas mensuales muestran desplazamientos modales en forma de incrementos de tallas de los meses cálidos a los fríos (Fig. 8).

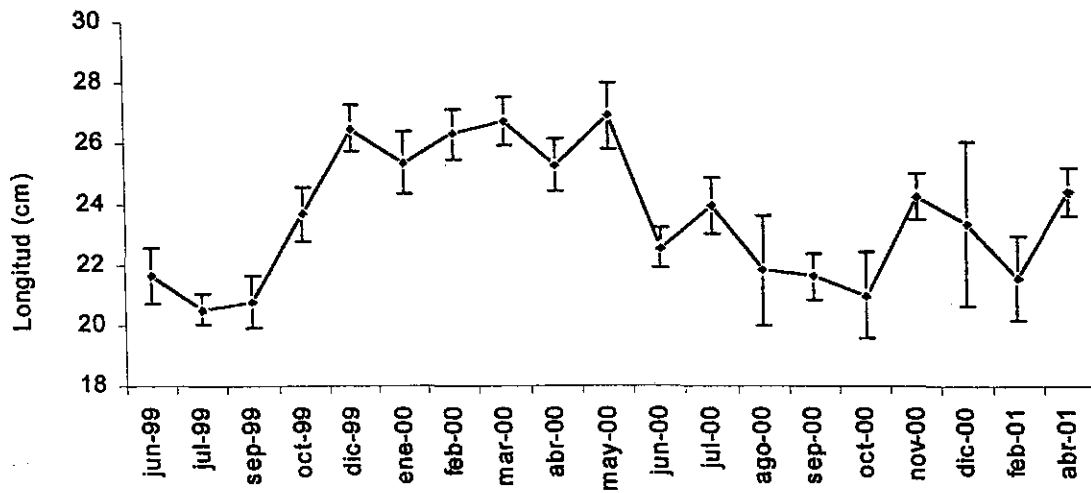


Figura 6. Promedio y desviación estándar mensual de la longitud de *I. fuscus* (junio de 1999 a abril de 2001).

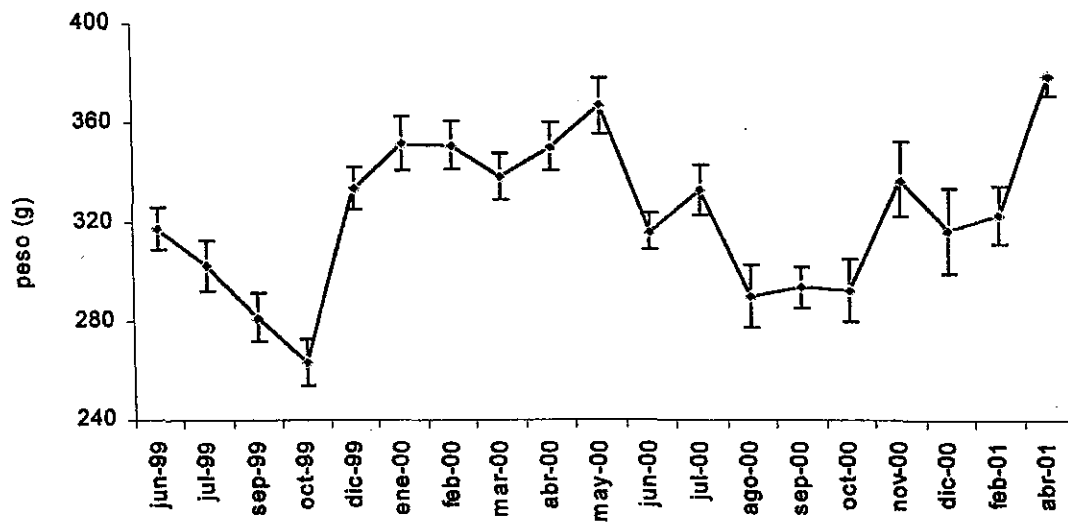
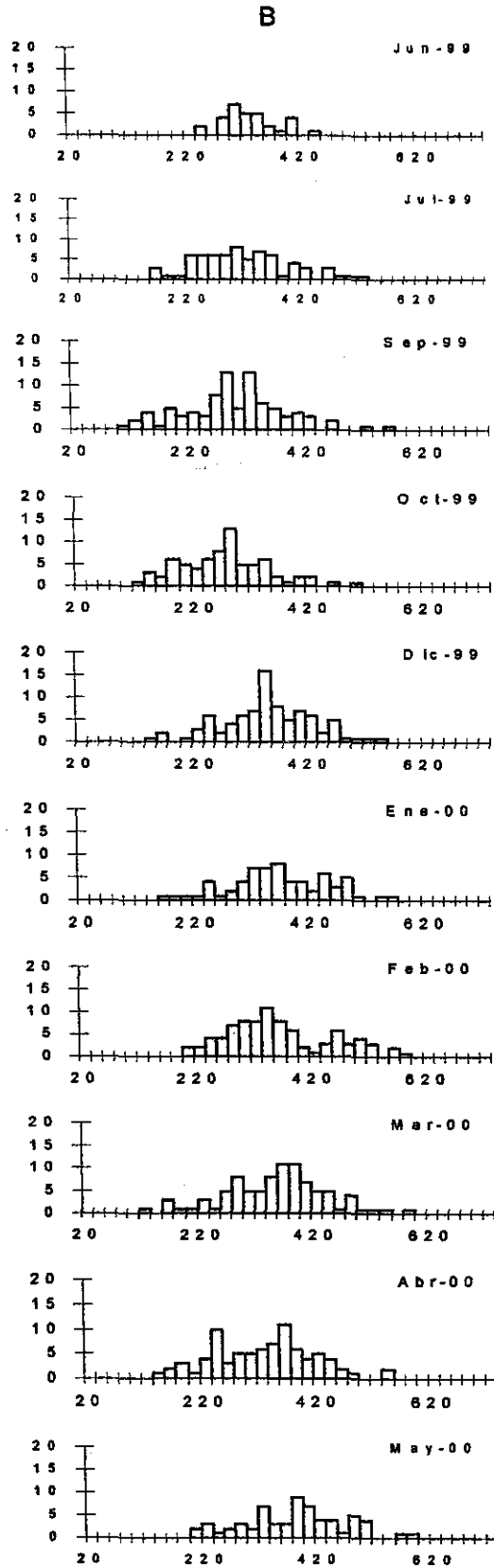
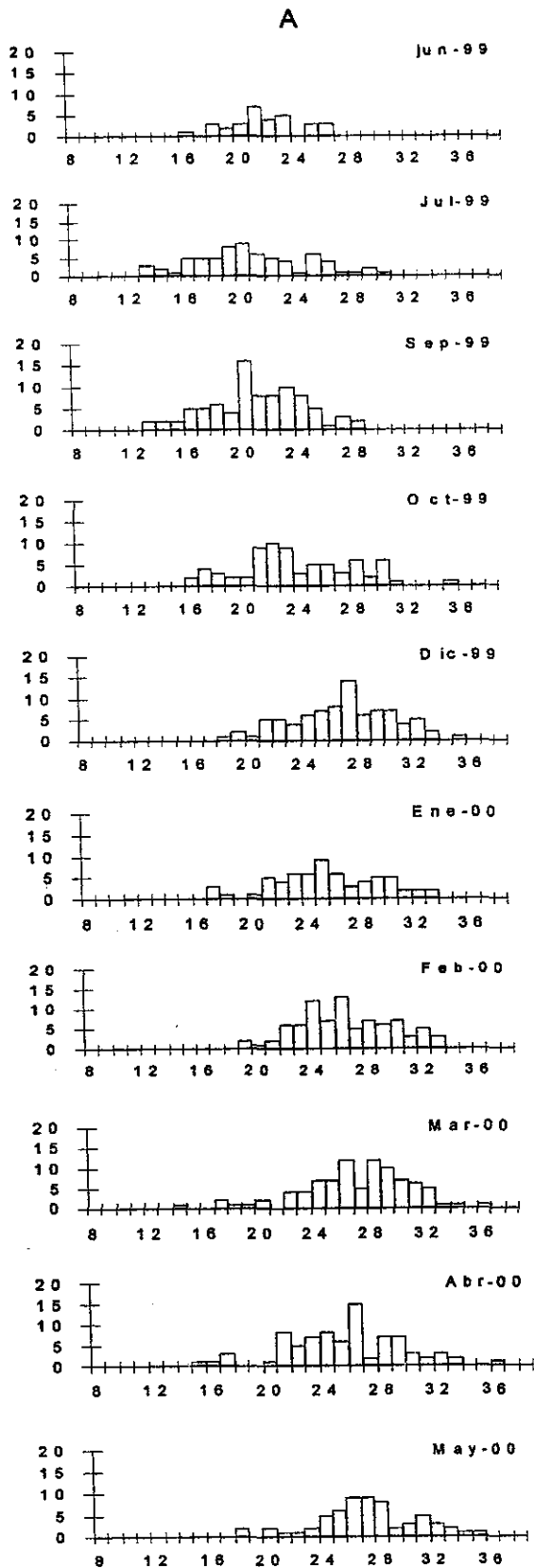


Figura 7. Promedio y desviación estándar mensual del peso de *I. fuscus* (junio de 1999 a abril de 2001).



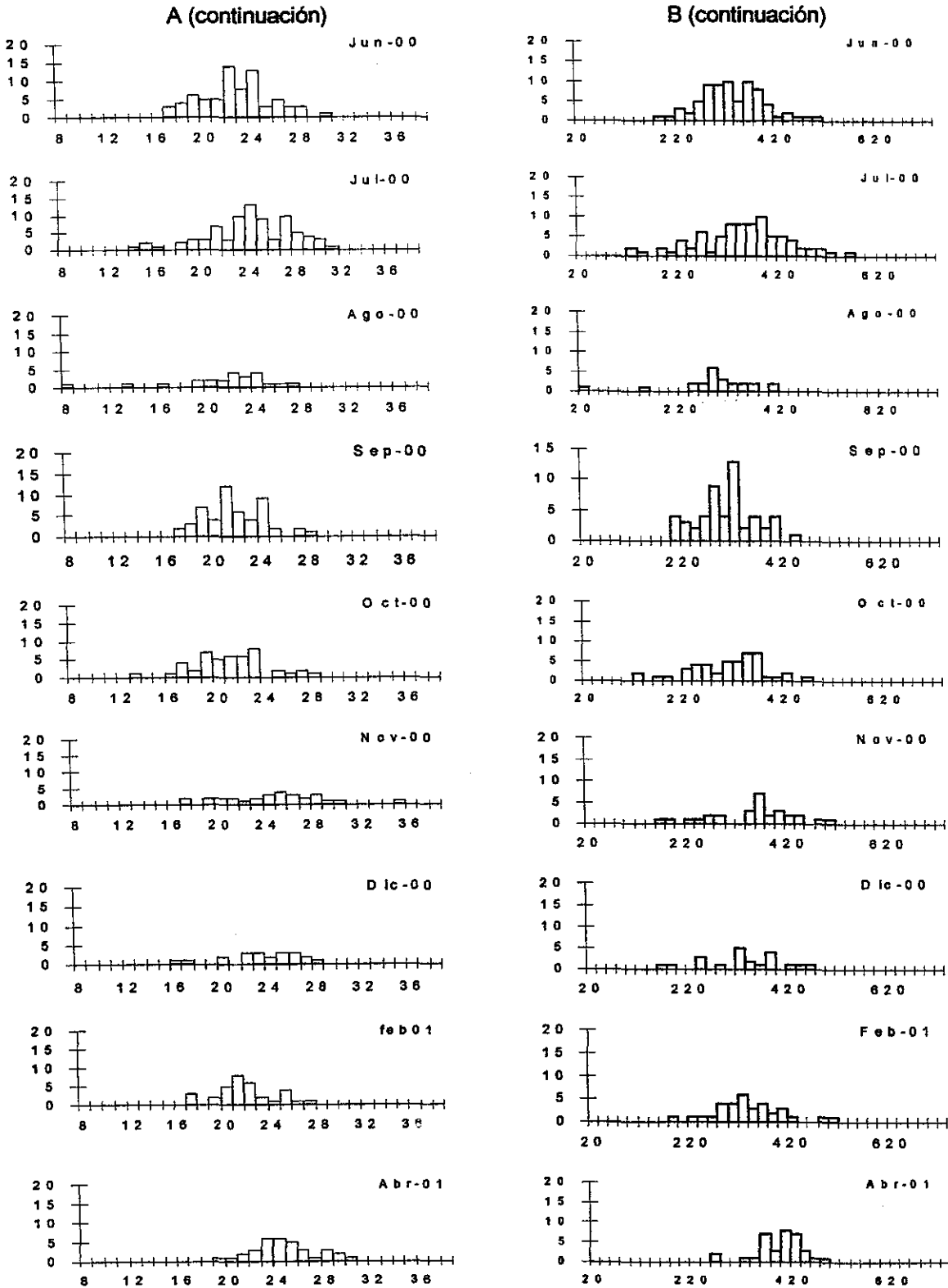


Figura 8. Histogramas de frecuencia de longitud en centímetros (A) y de peso drenado en gramos (B) de *I. fuscus* correspondientes a junio de 1999 a abril de 2001 en Bahía Chamela, Jalisco.

Tabla 3. Resumen estadístico para *Isostichopus fuscus* de la región de Bahía Chamela, Jalisco, durante junio de 1999 a abril de 2001. P = peso en g, L = longitud en cm, N = muestra total (1118), DE = desviación estándar.

	N		Mín.	Máx.	Prom.	DE	Error Est.
Jun-99	31	P	226	437	423.3	48.4	8.70
		L	16	26	21.6	5.4	0.96
Jul-99	69	P	144	518	335.9	83.3	10.03
		L	13	30	20.6	4.1	0.49
Sep-99	87	P	99	545	312.9	88.8	9.52
		L	13	28	20.8	8.0	0.86
Oct-99	73	P	108	490	292.7	77.5	9.07
		L	16	35	23.7	7.5	0.87
Dic-99	85	P	122	526	370.6	81.5	8.84
		L	18	35	26.5	7.0	0.75
Ene-00	64	P	145	551	390.7	85.4	10.67
		L	17	33	25.4	8.4	1.05
Feb-00	85	P	186	562	389.9	90.2	9.78
		L	19	33	26.3	7.7	0.83
Mar-00	89	P	115	570	376.1	88.1	9.34
		L	14	36	26.7	7.6	0.80
Abr-00	82	P	125	537	350.3	86.9	9.59
		L	15	36	25.3	7.9	0.87
May-00	62	P	190	578	367.0	88.9	11.30
		L	18	35	26.9	8.6	1.09
Jun-00	73	P	169	499	316.0	64.6	7.56
		L	17	30	22.5	5.7	0.66
Jul-00	80	P	102	549	333.2	91.0	10.17
		L	14	31	24.0	8.3	0.93
Ago-00	22	P	121	394	289.8	59.7	12.73
		L	13	27	21.8	8.5	1.81
Sep-00	52	P	182	422	293.6	57.8	8.01
		L	17	28	21.6	5.6	0.77
Oct-00	47	P	17	456	292.3	83.3	12.16
		L	8	28	21.0	9.7	1.42
Nov-00	29	P	149	497	337.0	82.7	15.36
		L	17	35	24.3	4.1	0.76
Dic-00	21	P	150	447	316.6	79.9	17.44
		L	16	28	23.4	12.4	2.72
Feb-01	33	P	169	499	322.5	67.0	11.67
		L	17	27	21.6	8.2	1.42
Abr-01	34	P	245	465	379.2	47.9	8.22
		L	19	30	24.4	4.7	0.81

Los histogramas de peso y longitud total muestran distribuciones normales tanto en longitud como en talla, con moda en los 24 cm (Fig. 9a) y los 340 g (Fig. 9b).

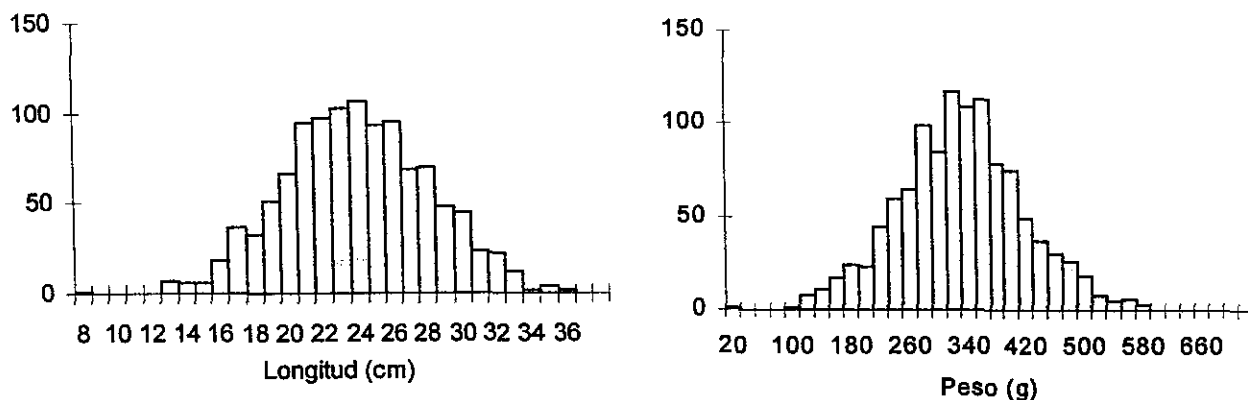


Figura 9. Histogramas de frecuencia (ambos  $N = 1118$ ) de longitud y de peso de *I. fuscus* (junio de 1999 a abril de 2001).

El diagrama de cajas muestra la variación temporal en peso de la población; se aprecia la predominancia de los mayores valores de peso en los meses fríos y su disminución en los meses cálidos, así como la incorporación de tallas menores a la población en agosto de 2000 (Fig. 10). El grado de similitud entre los valores de peso promedio mensual se ilustra en el análisis de agrupamiento (Cluster) en que se observa mayor similitud entre los meses que comprenden la temporada cálida, así como entre los correspondientes a la temporada fría (Fig. 11).

La relación peso-longitud total indica crecimiento alométrico ( $b = 1.216$ ) ( $t = 13.69$ ;  $P < 0.05$ . G. L. = 1116); se observa una notable dispersión (alometría) entre los individuos de 20 a 30 cm. El mayor coeficiente de determinación o mejor ajuste se obtuvo con el modelo de regresión potencial (Fig. 12); en la tabla 4 se exponen las regresiones peso-longitud mensuales para los 1118 organismos.

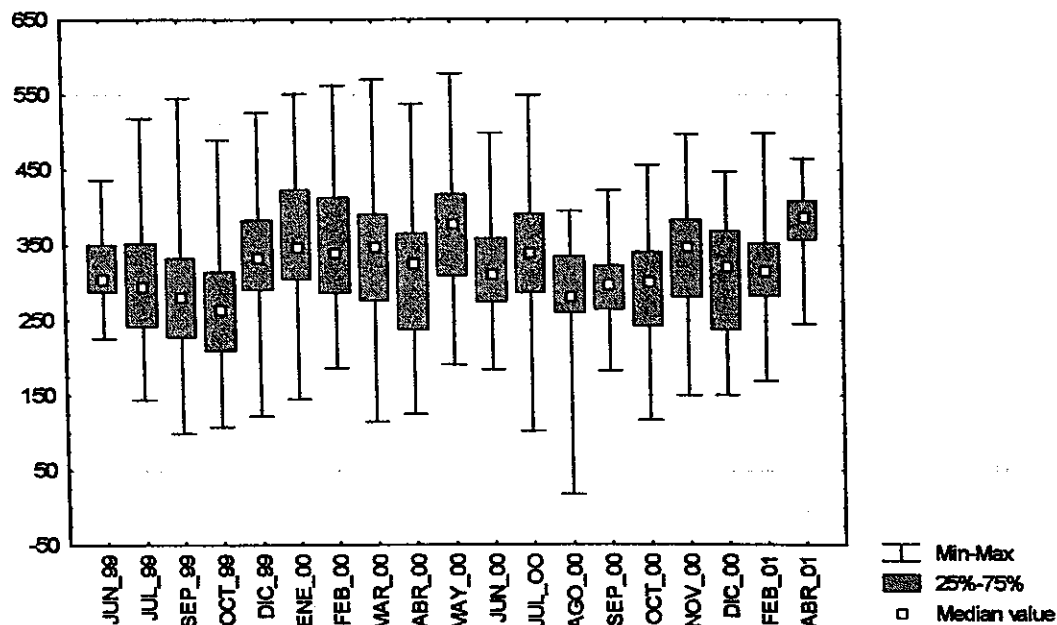


Figura 10. Análisis de diagrama de cajas de los valores mensuales de peso de *I. fuscus*.

Tabla 4. Regresiones mensuales longitud-peso  $P = aL^b$  (peso =  $a * longitud^{total^b}$ ) para la población estudiada de *I. fuscus* en la región de Bahía Chamela, Jalisco, durante junio de 1999 a abril de 2001.

1999-2001	n mensual	a	b	R <sup>2</sup>
Junio-1999	31	7.54	1.120	0.798
Julio	69	7.69	1.007	0.514
Septiembre	87	6.95	1.566	0.594
Octubre	73	5.62	1.135	0.424
Diciembre	85	6.17	1.281	0.443
Enero-2000	64	6.84	1.358	0.658
Febrero	85	6.53	1.431	0.531
Marzo	89	6.17	1.440	0.617
Abril	82	6.15	1.324	0.562
Mayo	62	6.62	1.573	0.727
Junio	73	7.14	1.160	0.516
Julio	80	6.90	1.691	0.734
Agosto	23	6.57	2.242	0.849
Septiembre	52	6.98	1.179	0.448
Octubre	46	7.15	1.467	0.545
Noviembre	29	6.90	1.483	0.803
Diciembre	21	6.74	1.866	0.886
Febrero-2001	33	7.65	1.530	0.689
Abril	34	7.79	0.948	0.546
Todos	1118	6.74	1.216	0.540



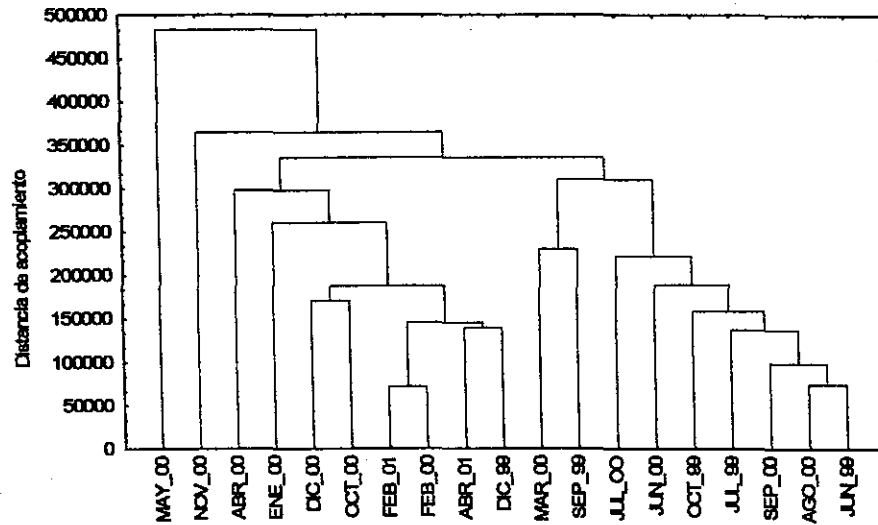


Figura 11. Análisis Cluster para peso de *I. fuscus*.

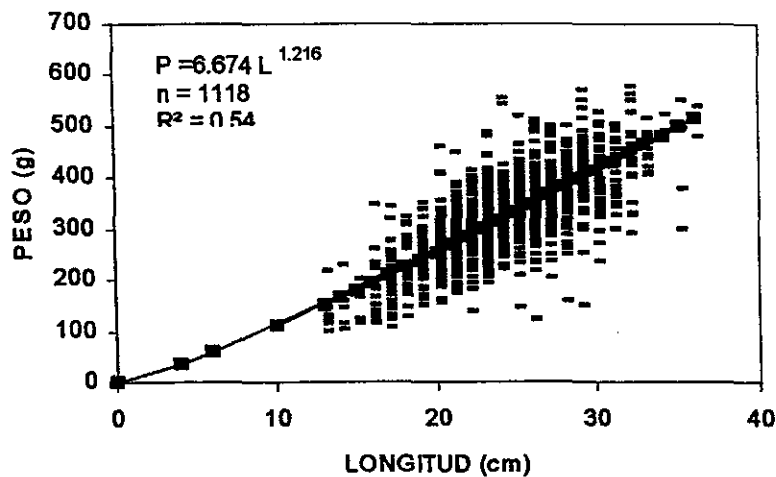


Figura 12. Relación Peso-Longitud de *I. fuscus* de la región de Bahía de Chamela durante junio de 1999 a abril de 2001.

Entre agosto y octubre de 1999 se presenta una caída del factor y posteriormente, a partir de diciembre, de manera general, tiende a incrementarse, lo cual reflejaría el elemento de la reproducción por una baja en el peso corporal de los individuos (Fig. 13).

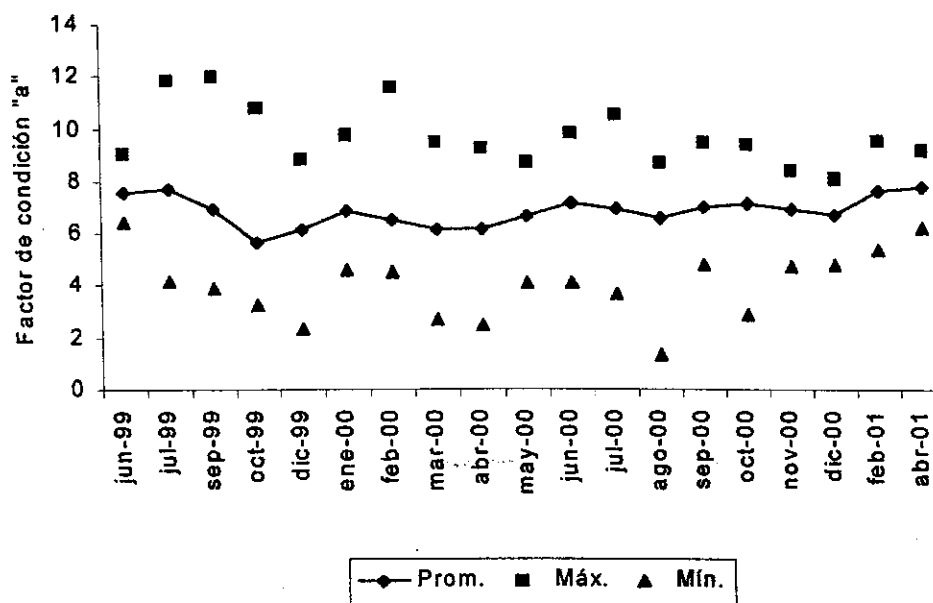


Figura 13.- Distribución mensual del factor de condición "a", a partir de la totalidad de los datos de peso y longitud de junio de 1999 a abril de 2001 (n =1118).

### Edad y Crecimiento

La información utilizada para evaluar la edad y el crecimiento de *Isostichopus fuscus* se obtuvo mediante el análisis de distribución de frecuencia de tallas mensuales y otros métodos indirectos. En la figura 8 se presentan los histogramas mensuales de frecuencia tanto de longitud como de peso; las modas se mueven alrededor de un centímetro por mes. En las tallas más avanzadas, el incremento es menor, mientras que en los organismos jóvenes es mayor. En cuanto a peso, el incremento es de 20 a 40 g mensuales.

Los parámetros de crecimiento para los valores del método Bhattacharya se obtuvieron por los métodos de Ford-Walford y de Powell-Wetherall y se determinó como el mejor ajuste aquel mes cuyo valor de la suma de cuadrados del error fue el mínimo. En la tabla 5 se observan estos resultados; octubre de 1999 se ajustó mejor con Ford-Walford y todos los datos con Powell-Wetherall. En todos los casos, el conjunto de parámetros de crecimiento se ajusta a una curva (Fig. 14). Se obtuvieron cinco resultados distintos a partir de los parámetros de crecimiento al utilizar diferentes rutinas, modelos y periodos

(Tabla 6), pero a través del método de Powell-Wetherall se representa mejor el crecimiento de acuerdo con la talla máxima de 36 cm (Fig. 15).

Tabla 5.- Ejemplos de grupos de edad calculados con tres métodos. Bhattacharya para tres meses, ELEFAN y Powell-Wetherall para todas las muestras (n =1118); la edad se expresa en años.

Edad	Bhattacharya			ELEFAN	Powell-Wetherall
	Oct-99	Mar-00	Jul-00	1999-2001	1999-2001
1	17.5	16.5	14.5	11.1	11.7
2	22.1	21.2	21.4	20.1	20.0
3	25.7	25.4	24.1	26.8	25.8
4	27.5	28.9	27.4	31.7	29.9
5	30.4	31.7	28.7	35.4	32.8

Tabla 6. Parámetros de crecimiento de *I. fuscus* en la región de Bahía Chamela, Jalisco, durante junio de 1999 a abril de 2001.

Método	Ford-Walford	Prayer	Prayer	ELEFAN	Powell-Wetherall
Periodo	Oct-99	Mar-00	Jul-00	Jun-99 a abr-01	Jun-99 a abr-01
$L_{\infty}$ (cm)	37.3	47.8	31.1	45.9	39.7
$W_{\infty}$	538.79	727.47	431.45	693.16	581.39
K	0.26	0.17	0.48	0.30	0.35
$t_0$	-1.44	-1.52	-0.33	0.08	0.00002
Longevidad	10.102	16.31	5.93	7.88	8.56

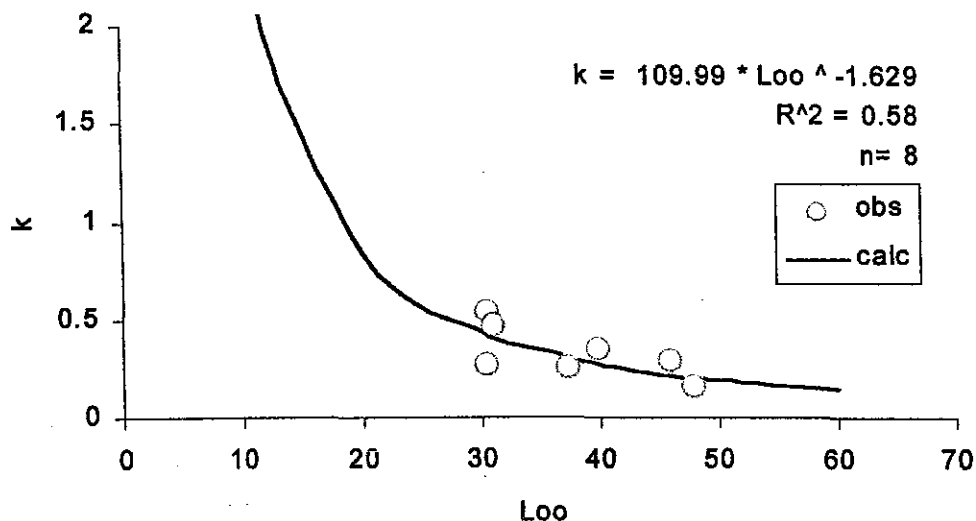


Figura 14. Relación entre los parámetros de crecimiento.

La ecuación de crecimiento calculada en peso fue la siguiente:

$$P_t = 582 \left( 1 - e^{-0.35(t + 0.00002)} \right)^{1.216}$$

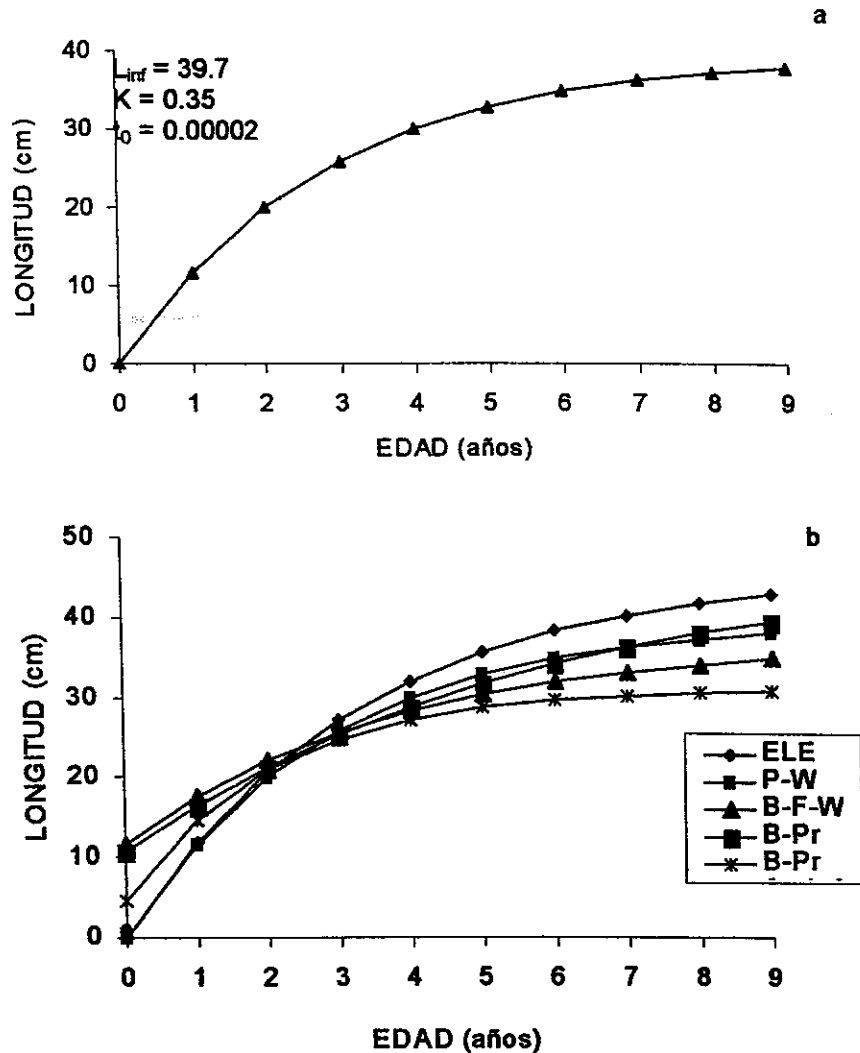


Figura 15. Curva de crecimiento de *I. fuscus* obtenida con la ecuación general de von Bertalanffy a partir de parámetros poblacionales obtenidos con el método de Powell-Wetherall (a) y mediante distintos métodos, ELE = ELEFAN, P-W = Powell-Wetherall, B-F-B = Bhattacharya-Ford-Walford, B-Pr = Bhattacharya-Prayer (b).

En la tabla 7 se observa la correspondencia de la edad con la longitud y con el peso, así como las tasas de crecimiento instantáneas en talla y peso. De esta manera, puede apreciarse que al año de edad *I. fuscus* alcanza una talla de 11.73 cm, mientras que en el segundo año de edad, alcanza una talla de 20 cm, al crecer 8.27 cm.

Tabla 7.- Longitud y peso para cada edad (años) y las tasas instantáneas de crecimiento en longitud (cm) y peso (g).

Edad (años)	cm	g	Tasas instantáneas de crecimiento	
			L (cm)	P (cm)
0	0.00	0	11.73	132
1	11.73	132	8.27	121
2	20.00	252	5.82	92
3	25.82	344	4.10	68
4	29.93	412	2.89	49
5	32.82	461	2.04	35
6	34.86	496	1.44	25
7	36.29	521	1.01	18
8	37.30	539		

Se estimó que las tallas aumentan un centímetro por mes durante el primer año de vida, de acuerdo con algunos métodos, decreciendo esta velocidad gradualmente conforme aumenta la edad. A los ocho años de edad se observó un incremento de aproximadamente 0.08 cm por mes. En cuanto a peso, los incrementos son de 20 a 40 g mensuales. En la figura 16 se presentan las curvas de crecimiento en talla y peso. La información utilizada para la de longitud es la resultante del análisis de Powell-Wetherall. La curva de peso es la calculada con la ecuación de la relación peso-longitud.

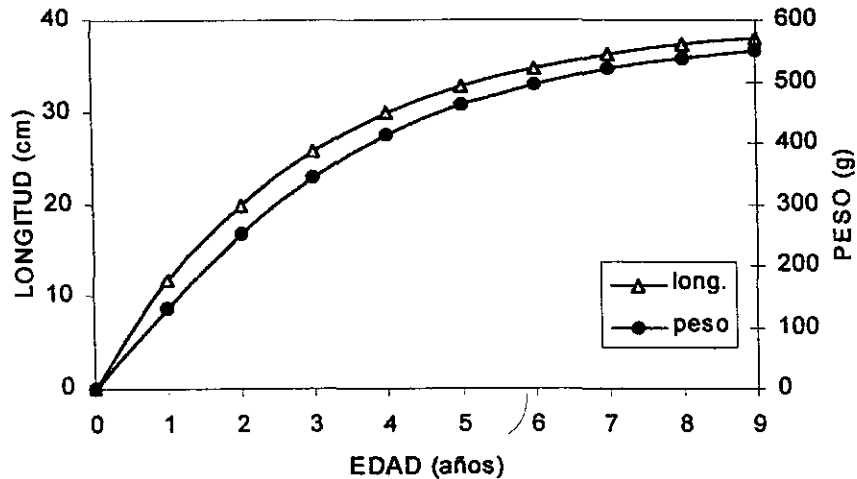


Figura. 16.- Curvas de crecimiento en talla y peso del pepino de mar

Al graficar los cambios de un año al siguiente, la longitud y el peso presentan una tasa de incremento que disminuye constante y gradualmente de forma exponencial inverso (Fig. 17). Esta forma de curva es una de las propuestas de validación de crecimiento (Joseph, 1962).

La longevidad estimada para *I. fuscus* es 8.56 años, de acuerdo con el método de Taylor (1958) y con los parámetros de crecimiento obtenidos mediante el método de Powell-Wheterall (Tabla 6).

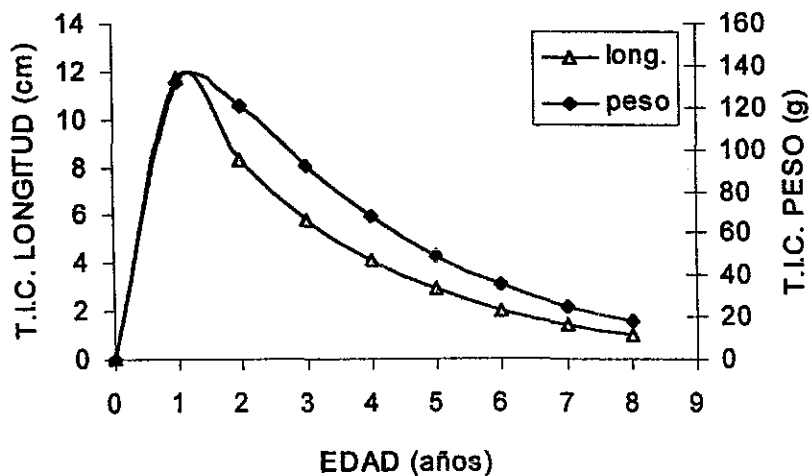


Figura 17.- Tasas instantáneas de crecimiento en longitud y peso en relación a distinta edad.

### Mortalidad y sobrevivencia

La tasa instantánea de mortalidad para *I. fuscus* se calculó por dos métodos. La tabla 8 resume los valores de mortalidad total Z calculados por el método de Beverton y Holt (1956) a partir de los resultados de los parámetros de crecimiento y el de la curva de captura (Ricker, 1948) con los datos originales de dos meses. Los resultados de la tasa instantánea de mortalidad total van de  $Z = 1.06$  a  $0.35$ .

Asimismo, se calculó la tasa instantánea de mortalidad natural (M) por tres métodos y utilizando los parámetros de crecimiento obtenidos por el método de Powell-Wetherall. Los valores fluctúan de  $0.35$  a  $0.82$ . Con los siete valores anteriores se calcularon las tasas de sobrevivencia, la proporción de organismos que muere al año va de  $29$  a  $65\%$  (Tabla 8).

Tabla 8.- Mortalidad total (Z), natural (M) y sobrevivencia (S) calculados mediante distintos métodos.

Autor	Z	M	S	% muerte anual
Beverton y Holt (1956)	0.52		0.595	40.55
Beverton y Holt (1956)	0.35		0.705	29.53
Curva linealizada (Ricker, 1948)	1.06		0.346	65.35
Curva linealizada (Ricker, 1948)	0.83		0.436	56.40
Pauly (1980)		0.82	0.440	55.96
Rikherty y Efanov (1976)		0.53	0.589	41.14
Taylor (1960)		0.35	0.705	29.53

## BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

Se obtuvieron 165 gónadas que representan el 45% de ocurrencia, respecto a los 363 organismos disectados para el estudio reproductivo, de marzo de 2000 a febrero de 2001.

### Índice gonadosomático (IGS)

El mayor valor promedio del IGS para hembras y machos se observó en agosto de 2000 (1.35% y 1.74% respectivamente) con un máximo de 3.3% y un mínimo de 0.06%. Los valores mínimos del IGS se registraron de marzo de 2000 (0.057%) a mayo de 2000 (0.09%), así como de noviembre de 2000 (0.19%) a febrero de 2001 (0.09%) (Fig. 18a y b). La temperatura superficial del mar para el período y área de estudio correspondientes, se compara con el IGS combinado de ambos sexos (Fig. 18c). En esta última gráfica se aprecia el efecto del ambiente sobre el desarrollo gonádico, en forma de relación positiva. Los datos relacionados con la obtención del IGS se exponen en la tabla 9.

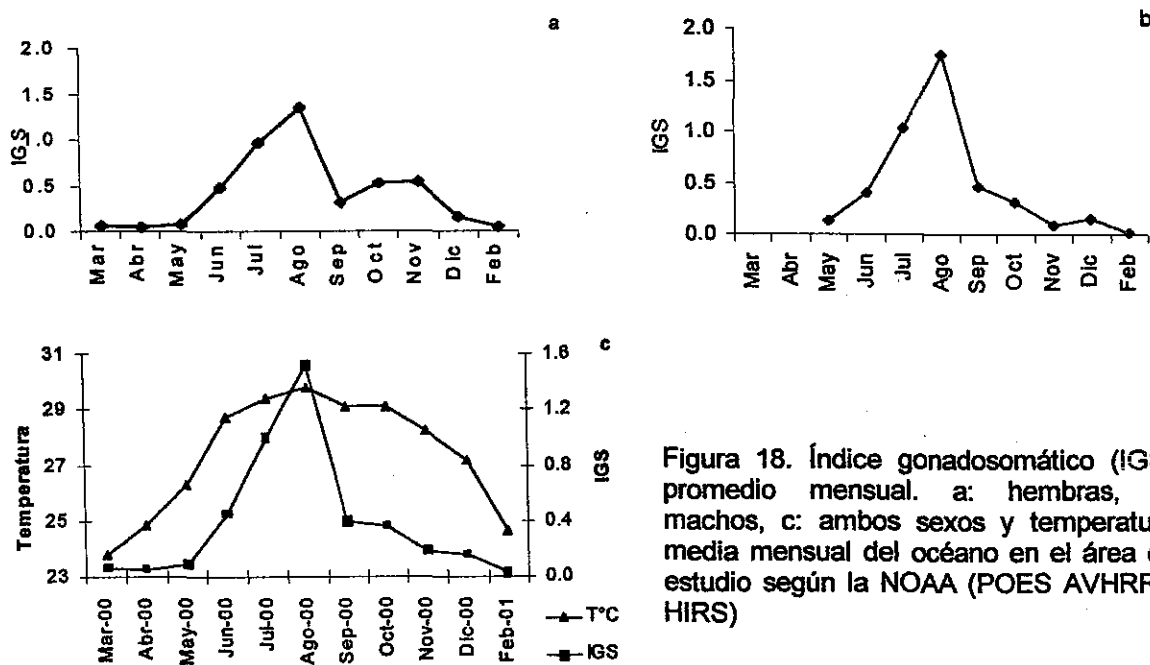


Figura 18. Índice gonadosomático (IGS) promedio mensual. a: hembras, b: machos, c: ambos sexos y temperatura media mensual del océano en el área de estudio según la NOAA (POES AVHRR / HIRS)



Tabla 9. Información referente al IGS de *Isostichopus fuscus* en Bahía Chamela durante 2000-2001. PD = peso drenado, PG = peso de la gónada, G = gónada, DE = desviación estándar.

HEMBRAS (79 organismos)								
2000-01	PD prom	PD desvest	PG	IGS	DE-PG	PG-max	PG-mín	n (G)
Marzo	408.4	40.4	0.223	0.057	0.051	0.530	0.020	7
Abril	393.0	16.0	0.200	0.052	0.033	0.340	0.040	4
Mayo	358.0	49.1	0.277	0.077	0.046	0.560	0.030	7
Junio	313.0	59.8	1.663	0.479	0.581	7.140	0.060	12
Julio	350.9	57.8	3.555	0.973	0.753	10.030	0.150	14
Agosto	303.8	54.5	4.383	1.354	1.028	13.130	0.370	10
Septiembre	307.0	34.6	0.965	0.312	0.313	3.880	0.180	13
Octubre	332.7	44.2	1.843	0.523	0.391	3.810	0.040	7
Noviembre	406.7	62.0	2.117	0.535	0.503	4.430	0.590	3
Diciembre	426.0		0.710	0.167		0.710	0.710	1
Febrero	309.0		0.140	0.045		0.140	0.050	1
MACHOS (85 organismos)								
Mayo	403.5	10.6	0.570	0.141	0.007	0.600	0.540	2
Junio	330.9	83.4	1.679	0.410	0.584	9.510	0.110	10
Julio	357.7	47.6	3.8	1.026	0.543	10.300	0.500	17
Agosto	308.0	31.6	5.450	1.744	1.141	13.130	0.210	8
Septiembre	320.1	48.6	1.471	0.470	0.383	3.960	0.210	15
Octubre	322.2	56.4	1.016	0.312	0.416	4.770	0.030	17
Noviembre	384.2	50.0	0.386	0.083	0.185	3.000	0.010	10
Diciembre	369.0	36.1	0.528	0.154	0.204	1.490	0.010	5
Febrero	353.0		0.050	0.014				1
MACHOS Y HEMBRAS (164 organismos)								
Marzo	408	40	0.223	0.057	0.051	470	360	7
Abril	393	16	0.200	0.052	0.033	411	379	3
Mayo	368	47	0.342	0.091	0.049	411	260	12
Junio	321	70	1.670	0.448	0.569	499	201	22
Julio	355	52	3.689	1.002	0.635	490	259	35
Agosto	306	45	4.857	1.527	1.065	394	250	18
Septiembre	314	42	1.236	0.396	0.355	422	258	29
Octubre	325	51	1.222	0.364	0.407	456	206	22
Noviembre	389	51	0.785	0.187	0.327	497	327	13
Diciembre	379	40	0.558	0.156	0.182	426	315	5
Febrero	331	31	0.095	0.030	0.064	353	309	2
HERMAFRODITAS (Un organismo)								
Oct	319	0.38	0.119					1

El peso promedio mensual de los reproductores, tanto hembras como machos, se ilustra y se compara con la temperatura superficial del mar correspondiente al área y período del estudio, en donde se observa una relación inversa, es decir, a mayor temperatura, menor peso promedio mensual (Fig. 19a y b).

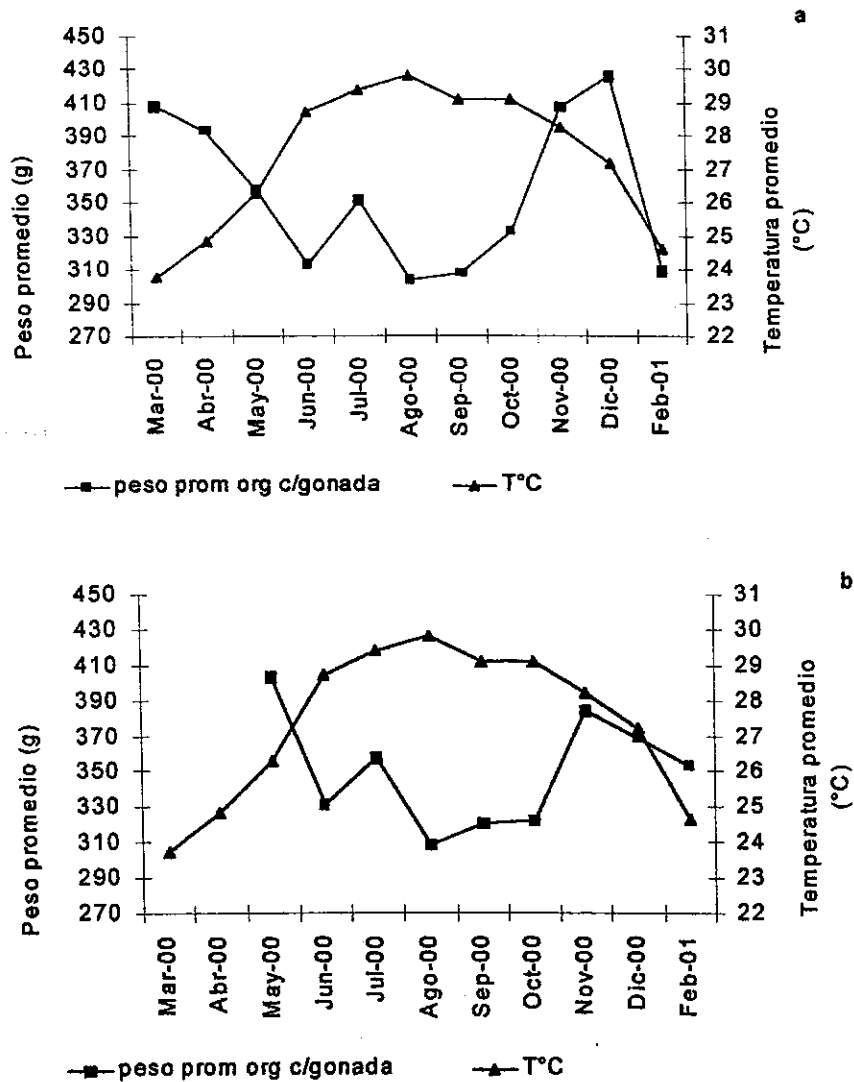


Figura 19. Peso promedio mensual de reproductores y temperatura promedio superficial del mar en la región de Bahía Chamela, Jalisco. a = hembras, b = machos.

### Histología gonadal

La proporción sexual hembras-machos, resultó significativamente diferente de 1:1 ( $\chi^2 = 25.032$ ,  $df=10$ ,  $p<0.05$ ) al analizar todos los datos mes por mes, aunque al comparar el total se observa una evidente proporción de 1:1 (Fig. 21). El 18.3% de las gónadas procesadas correspondieron a hembras en

estadio de ovogénesis, con mayor proporción en junio con 8.54% y julio con 6.1%; también se observó este estadio en septiembre, diciembre y febrero, con igual valor de incidencia de 1.22 % para los tres meses (Fig. 20a). El 23.2% de las hembras se encontraron en madurez (Fig. 22b) durante junio (4.88%), julio (10.98%), agosto (2.44%), septiembre (1.22%) y octubre (2.44%). En marzo también se encontraron hembras en madurez, con una incidencia del 1.22%. El desove (Fig. 22c) representó un 39.02% en hembras, con incidencia en agosto de 9.76%, septiembre 4.88%, octubre 7.32%, noviembre de 2.44%, marzo 4.88%, abril 1.22%, mayo 7.32% y junio 1.22% (Fig. 20a). El postdesove (Fig. 22d) en hembras representó un 14.63%, en marzo 2.44%, abril 1.22%, mayo 1.22%, septiembre 8.54% y noviembre 1.22% (Fig. 20a). El estadio indiferenciado, en que no se distingue el sexo, ocurrió un 7.07% durante diciembre y 2.36% en febrero (Fig. 22e).

31.82% de los machos (Fig. 20b) se encontraron en espermatogénesis (Fig. 23a), con la mayor proporción en los mismos meses, 11.36% en junio y 19.32% en julio, aunque también se observó este estadio en diciembre, con 1.14% de incidencia. La proporción de machos en estadio de madurez (Fig. 23b) fue de 21.59%, con los siguientes valores mensuales, agosto 7.95%, septiembre 3.41%, octubre 9.09% y diciembre 1.14% (Fig. 20b). El desove (Fig. 23c) se encontró en agosto con 1.14%, septiembre 11.36%, octubre 10.23%, noviembre 3.41% y en mayo 2.27% (Fig. 20b). El postdesove (Fig. 23d) se encontró 13.64%, en septiembre 4.55%, octubre 1.14% y noviembre 7.95% (Fig. 20b).

Se observó la atresia tanto en machos como en hembras (Fig. 24), así como un individuo hermafrodita (Fig. 25). El peso de primera madurez sexual calculado a partir de 135 individuos con gónada en estadio de gametogénesis, madurez o desove resultó ser de 334 g. Se observó un individuo macho en gametogénesis en junio de 2000 con 201 g de peso total, mientras el peso máximo observado fue de 499 g en un individuo reproductivo (Fig. 26). *I. fuscus* tiene más de un pulso de desove, aunque el más importante se presenta entre septiembre y octubre.

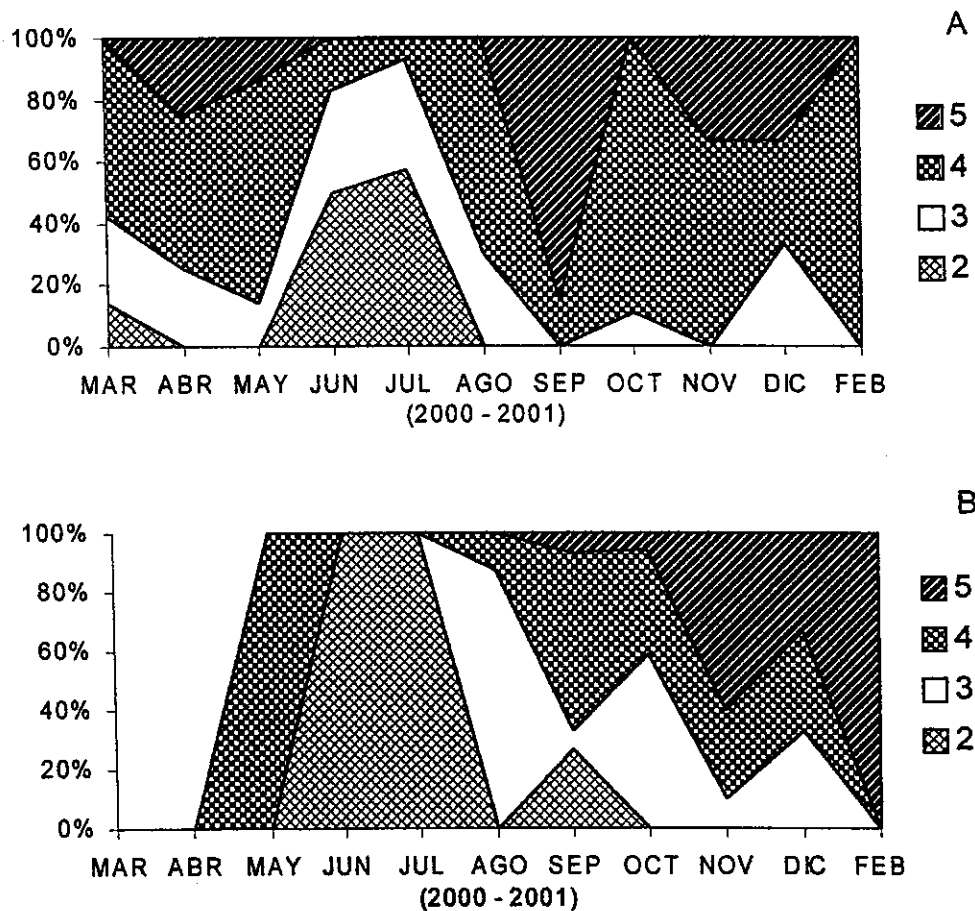


Figura 20. Estadios de madurez de *Isostichopus fuscus*. A = hembras, B = machos. El estadio 1 (indiferenciado) no aparece por desconocerse el sexo. 2 =gametogénesis, 3 =madurez, 4 =desove, 5 =postdesove.

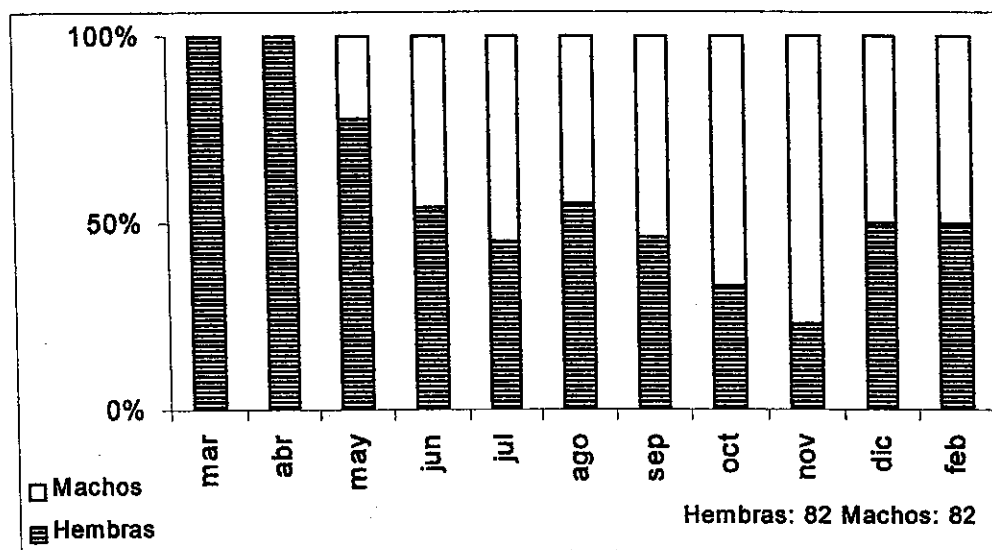


Figura 21. Proporción sexual en *Isostichopus fuscus* mes por mes. La proporción sexual de los 164 individuos en suma es 1:1, aunque se perciben marcadas diferencias entre meses.

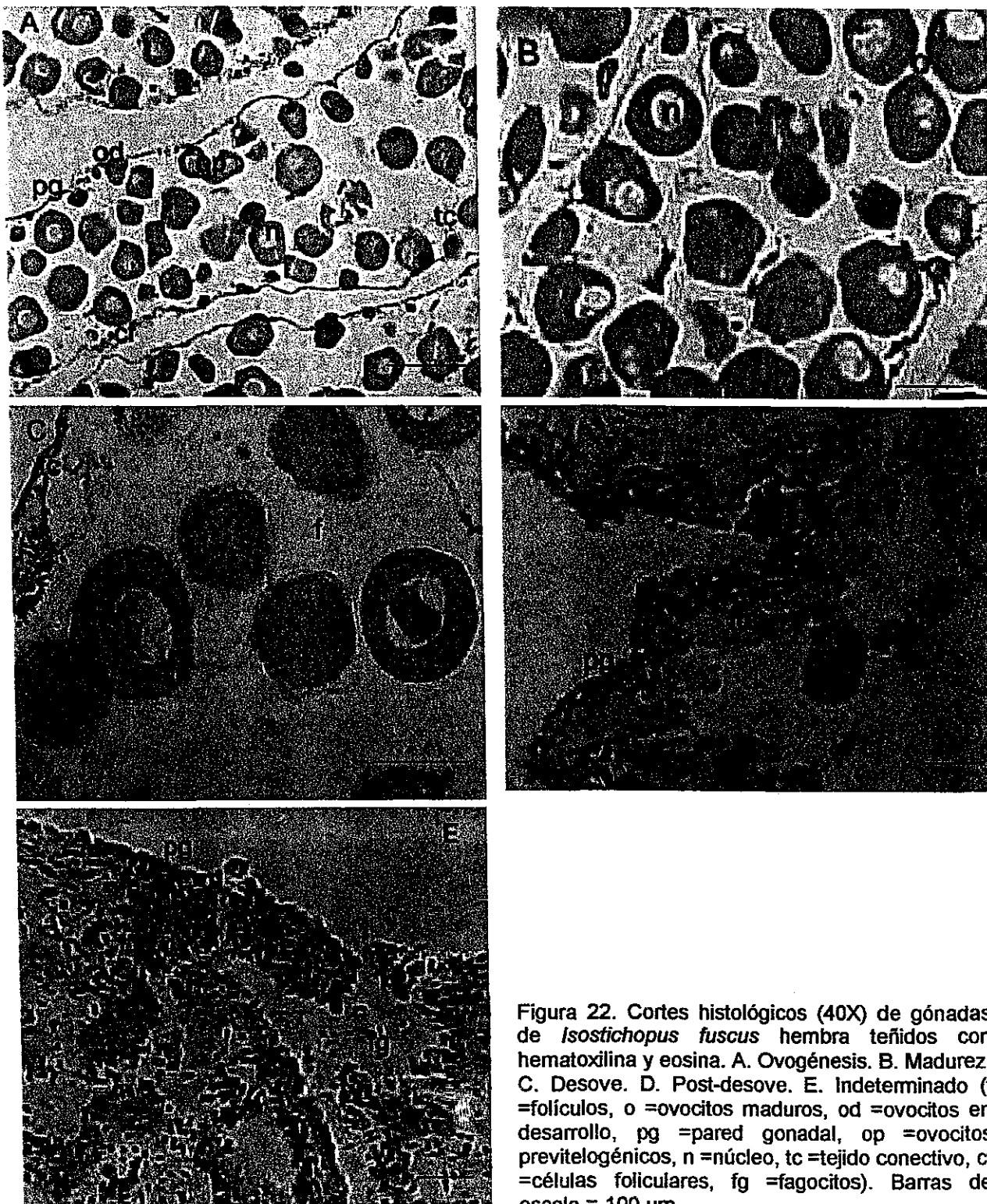


Figura 22. Cortes histológicos (40X) de gónadas de *Isostichopus fuscus* hembra teñidos con hematoxilina y eosina. A. Ovogénesis. B. Madurez. C. Desove. D. Post-desove. E. Indeterminado (f = folículos, o = ovocitos maduros, od = ovocitos en desarrollo, pg = pared gonadal, op = ovocitos previtelogénicos, n = núcleo, tc = tejido conectivo, cf = células foliculares, fg = fagocitos). Barras de escala = 100  $\mu$ m.

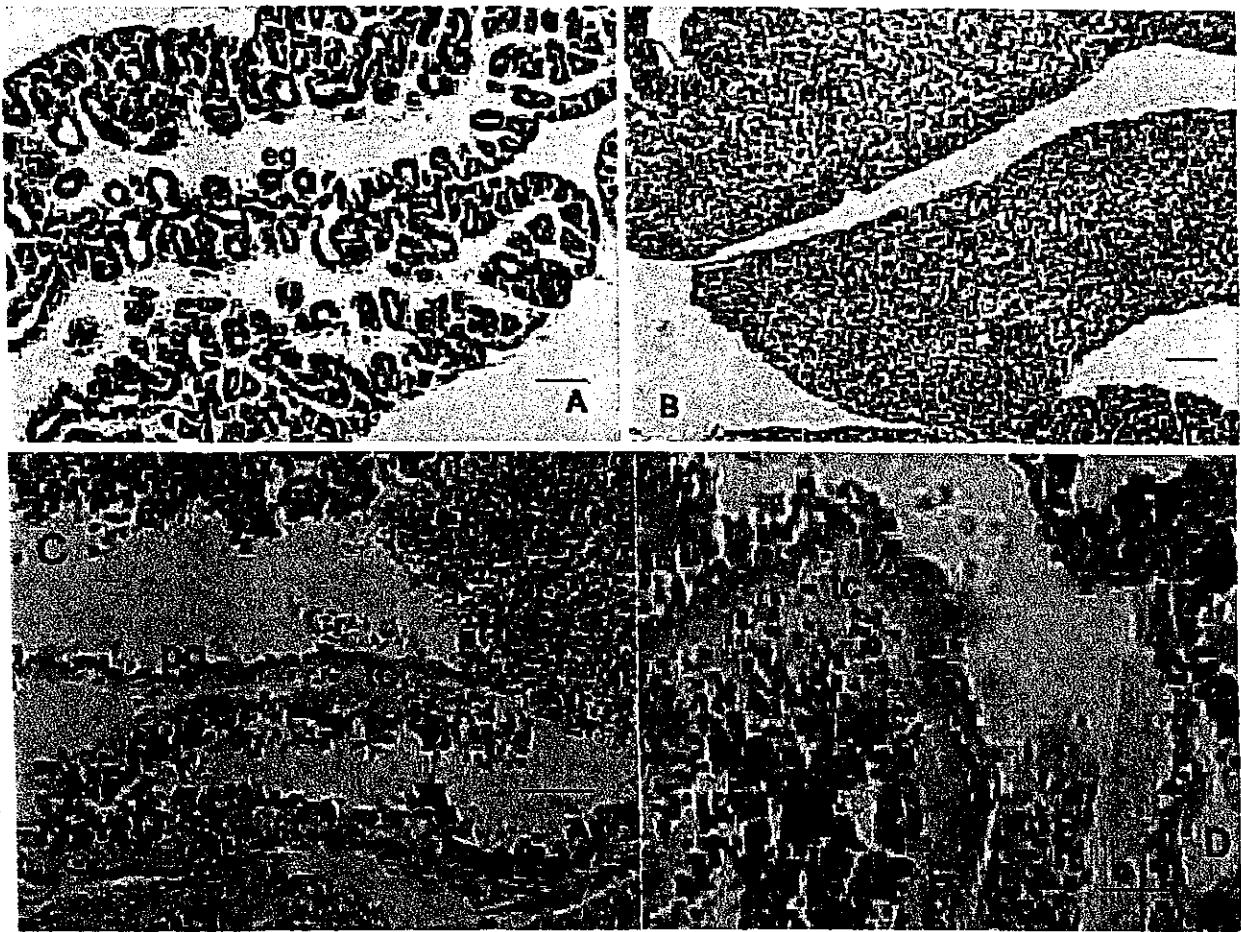


Figura 23. Cortes histológicos (40X) de gónadas de *Isostichopus fuscus* macho teñidos con hematoxilina y eosina. A. Espermatogénesis. B. Madurez. C. Desove. D. Post-desove (eg =espermatogénesis, em =espermatoцитos maduros, tc =tejido conectivo, pg =pared gonadal) Barras de escala = 100 µm.

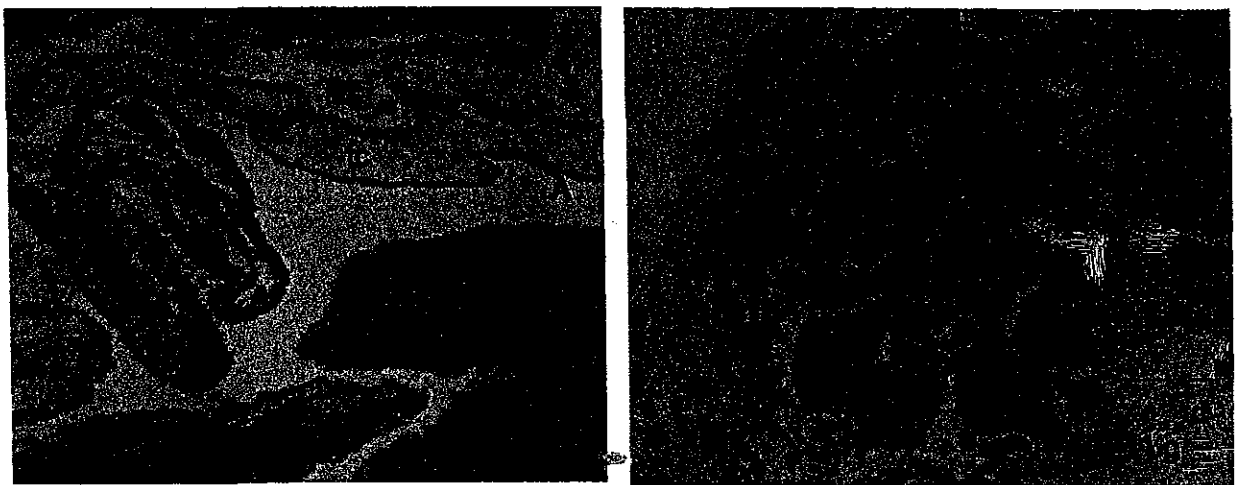


Figura 24. Cortes histológicos de gónadas (A = 10X, B = 40X) con característica atrésica de *Isostichopus fuscus* A. Macho. B. Hembra (fg =fagocitos, tc =tejido conectivo, em =espermatoцитos maduros, ol =ovocito en licuefacción, pg =pared gonadal). Barras de escala = 100 µm.

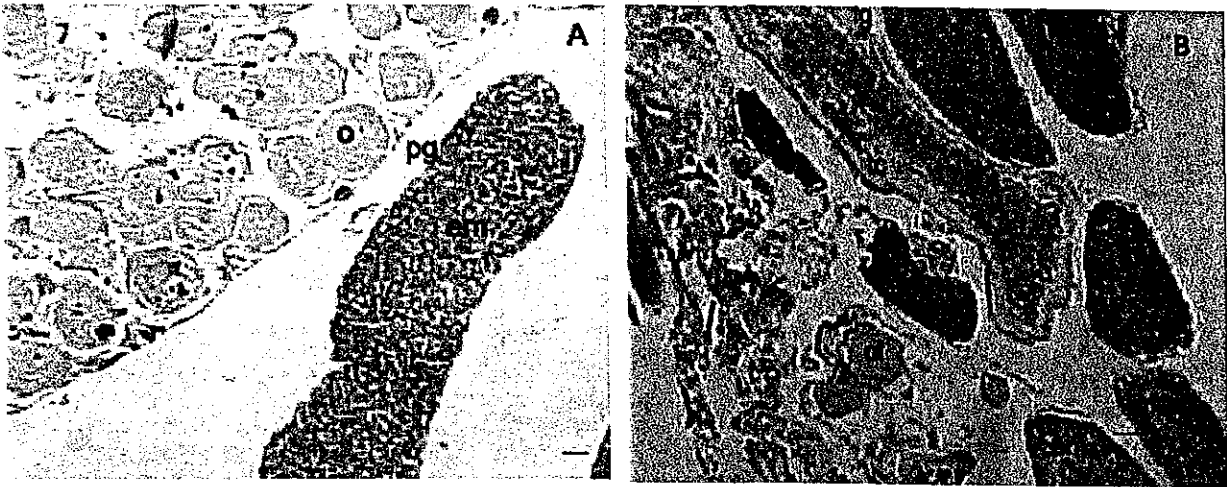


Figura 25. Hermafrodita. Madurez (A) (10X) y atresia (B) (10X) en un individuo hermafrodita de *Isostichopus fuscus* de Bahía Chamela, Jalisco, encontrado en octubre de 2000 (o =ovocito maduro, pg =pared gonadal, em =espermatozoides maduros, tc =tejido conectivo, ol =ovocitos en licuefacción, fg =fagocitos). Barras de escala = 100 µm.

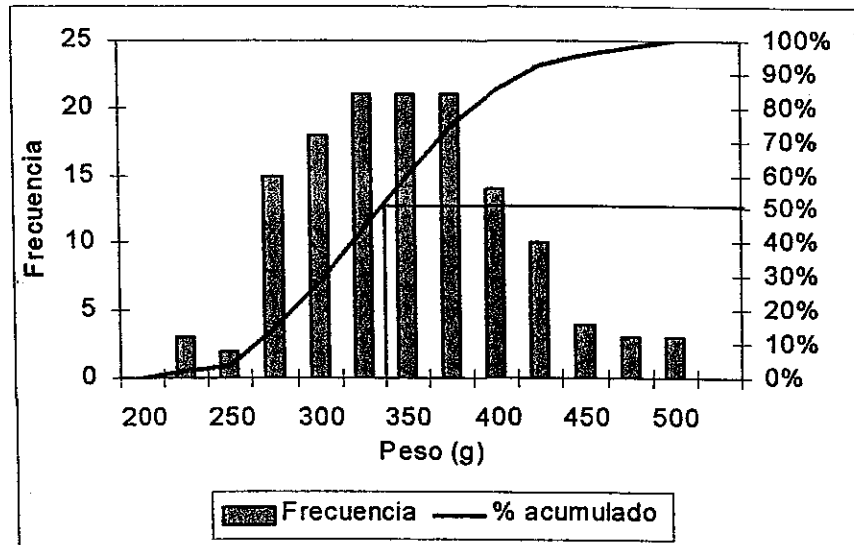


Figura 26. Peso de primera madurez sexual y distribución de frecuencias en peso (g) de individuos sexualmente diferenciados (estadios de gametogénesis, madurez y desove) de *Isostichopus fuscus* en la región de Bahía Chamela, Jalisco, durante marzo de 2000 a febrero de 2001.

## **PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN**

### **Actividad pesquera**

La pesquería de pepino de mar en Jalisco tuvo vigencia durante 1989-98. La pesca generalmente se desempeñaba cuando un comprador solicitaba el producto, aunque ocasionalmente los pescadores lo capturaban, procesaban y almacenaban en espera de comprador. La captura de pepino de mar se efectuaba manualmente mediante buceo semiautónomo y en ocasiones con buceo libre. Su procesamiento requería pocos implementos de bajo costo como recipientes reutilizados de 200 litros, combustible y agua de mar.

La captura de pepino se realizaba en jornadas que iniciaban entre las 7:00 y 8:00 h y terminaban entre las 14:00 y las 16:00 horas. La jornada consistía de la inmersión de uno o dos buzos desde una panga y de un asistente en la embarcación que supervisaba el suministro de aire y recibía el producto de la pesca. Los pepinos se capturaban manualmente mientras el boga seguía con la panga al buzo. Tras coleccionar manualmente algunos especímenes y depositarlos en una bolsa de malla (chango), el buzo los trasladaba a la panga, en donde el boga los depositaba en una pequeña bodega sobre la embarcación, en recipientes o sobre el piso de la panga, preferentemente a la sombra, luego depositaba agua de mar sobre los organismos para evitar el deterioro del producto.

Al terminar la jornada los pepinos se procesaban en campamentos improvisados en la playa, de la siguiente manera. Primero se eliminaban las vísceras de forma abrupta introduciendo una varilla de hierro desde el ano hasta la boca. Después se hervían en agua de mar durante unos 30 minutos antes de una segunda cocción. Después se exponían a la luz solar para deshidratarlos durante dos o tres días, cubriéndolos por las noches para evitar la rehidratación. Por último se empacaban herméticamente para su entrega. El pescador que extraía el producto entregaba el pepino a un primer comprador. Este a su vez, podía venderlo a un segundo intermediario, quien lo exportaba, generalmente a San Francisco o a Los Angeles, California, desde donde eran



enviados a Asia para su distribución a otros intermediarios antes del consumidor final, bajo la denominación comercial de *Trepang* o *Beche-de-Mer*.

### Capturas comerciales

La captura comercial de pepino de mar en Jalisco cesó en 1998, por lo cual únicamente existían trece reportes, correspondientes al período comprendido entre 1994 y 1996 (Figura 27). Con fines comparativos, se expone la captura de pepino de mar para Baja California durante dos años anteriores a los existentes para Jalisco (Tabla 10).

Tabla 10. Capturas comerciales anuales totales reportadas en Baja California y Jalisco en distintos años.

Entidad	Año	Captura (t)
Baja California Sur	1991	624
	1993	95
Jalisco	1994	6.8
	1995	9.8
	1996	14.5

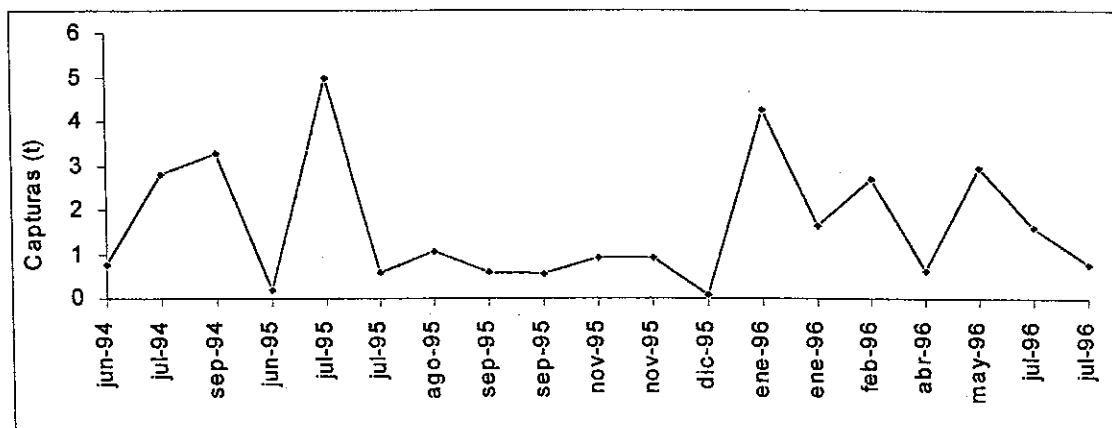


Figura 27. Captura comercial de *I. fuscus* en distintas localidades costeras de Jalisco, reportada por permisionarios. El gráfico se ordenó por fecha de reporte (Fuente: Subdelegación de Pesca Guadalajara, SEMARNAP).

El 57% de los permisos otorgados corresponden en fecha con la época reproductora de *I. fuscus*, particularmente con los estadios de gametogénesis, madurez y desove (Fig. 28).

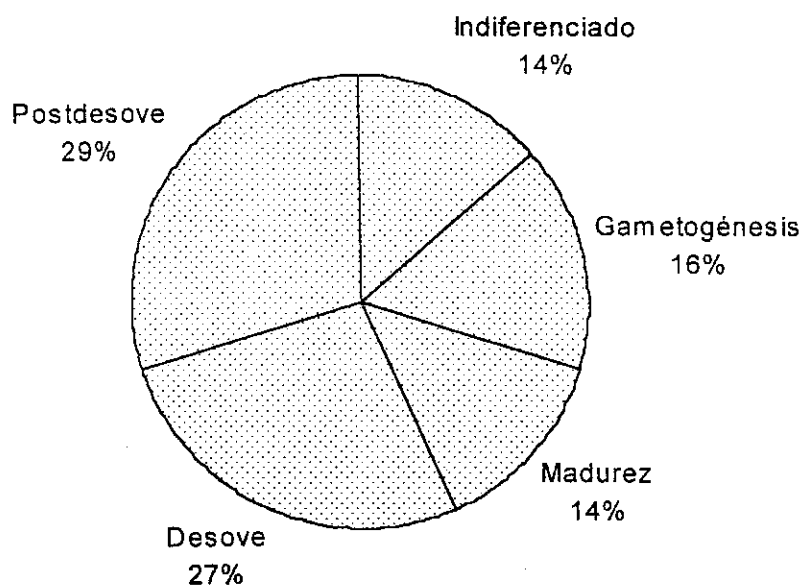


Figura 28. Permisos de captura (%) de *Isostichopus fuscus* otorgados en Jalisco durante diferentes estadios reproductores de la especie durante 1994-1996.

### Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Las entrevistas indicaron que la captura de pepino de mar en Jalisco disminuyó paulatinamente desde 1990 hasta 1998 (Fig. 29), mientras que el esfuerzo aumentó. En cambio, los únicos reportes existentes indican que la captura aumentó de 1994 a 1996 (Fig. 30). Las entrevistas indican que el esfuerzo de captura disminuyó de entre 800 y 1200 pepinos capturados por panga en una jornada laboral, equivalentes a 150 a 200 pepinos capturados por hora de buceo, entre 80 y 120 pepinos por panga por jornada de seis a ocho horas diarias, equivalentes a entre 15 y 20 pepinos capturados por hora de buceo (Tabla 11).

Según los pescadores entrevistados, la captura por unidad de esfuerzo declinó entre 1992 y 1995 mientras el esfuerzo aumentó, según su versión, ya que en 1998 se capturaba por jornada el 11% de lo capturado en 1990-91. En 1999 un pescador intentó capturar pepino pero desistió porque resultó poco redituable (Tabla 11).

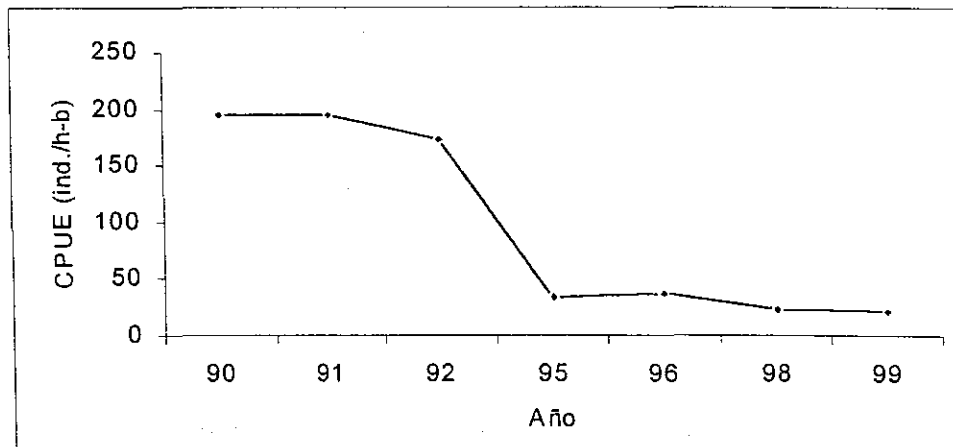


Figura 29. CPUE (captura / hora-buzo) estimado a partir de las entrevistas a pescadores.

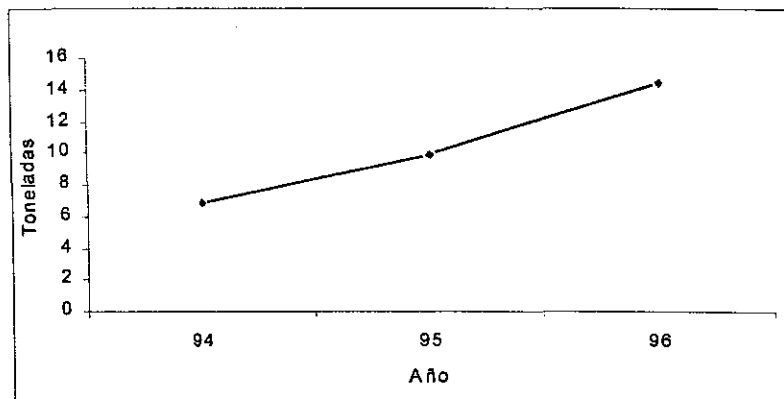


Figura 30. Reportes de captura total anual de *I. fuscus* en Jalisco según la Oficina de Pesca en Guadalajara, a partir de los reportes de las Oficinas de Puerto Vallarta y Barra de Navidad.

Tabla 11. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) expresado como organismos capturados por hora por buzo (captura / h-b), de acuerdo con entrevistas a pescadores.

Entrevistado	Localidad	Año referido	CPUE
Rodolfo Mendoza	Bahía Chamela - Careyes	1991	800-1000 / 4-5 h-b
		1995	140-150 / 4-5 h-b
		1998	30-80 / 4-5 h-b
Daniel Kosonoy	Costa sur de Jalisco	1991-92	1000 / 6-8 h-b
	Barra de Navidad-Tenacatita	1998	80-100 / 6-8 h-b
Crisanto Valdés	Chamela	1990-1991	1000-1200 / 8-10 h-b
		1998-99	60-90 / 3-4 h-b
Gabriel Valdés	Chamela	1990-91	1000 / 4-5 h-b
		1998-99	60-100 / 6-8 h-b
Salvador Escareño	Chamela	1990-92	800-1000 / 6 h-b
		1995-96	200-250 / 6 h-b
Alberto "Maya"	Chamela	1990-92	1000-1200 / 8-10 h-b
		1998	50-60 / 3-4 h-b
Félix Valdés	Costa centro y sur de Jalisco	1990-92	1000-1200 / 8 h-b
		1998	100-150 / 6-8 h-b

## DISCUSIÓN

### BIOLOGÍA POBLACIONAL

#### Densidad

En la temporada cálido lluviosa (TCL), la densidad promedio de *Isostichopus fuscus* fue de 62 ind./ha, mientras que en la temporada templado seca (TTS) se estimó habían 104 ind./ha. Otros reportes de densidad en la región son los realizados en los años 1990 en Jalisco por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP, Reportes Internos). En esos años se registraron valores de densidad 10 veces mayores que los encontrados en el presente estudio; sin embargo, esta cifra sólo resulta si se excluye un registro de densidad obtenido por esa institución en junio de 1994 en Yelapa, al sur de bahía Banderas, en el que se reportaron 15 000 ind./ha, cifra 180 veces mayor respecto los demás registros. Esta evaluación precedió a un permiso de captura de pepino de mar en bahía Banderas, del que se reportaron únicamente 750 kg de captura de pepino de mar, que en peso drenado equivalen a unos 2 200 individuos. Otra prospección en Yelapa, en mayo de 1994, estimó 2 202 ind./ha.

Este contraste entre los registros de captura y las estimaciones de abundancia parece indicar que existen áreas de alta densidad, que el recurso se sobreestimó o que el recurso se agrega en ciertas áreas. Tras otras prospecciones del recurso en Colima y en Barra de Navidad, también se han reportado valores de alta densidad de *I. fuscus* para dichas localidades (Figura 31). Durante las prospecciones de evaluación para extraer pepinos de mar y mientras continuaba la pesquería, el 16 de mayo de 1994, se incluyó a *I. fuscus* con la categoría "P", (Especie en Peligro de Extinción) en la NOM-059-ECOL-1994 (Anónimo, 1994).

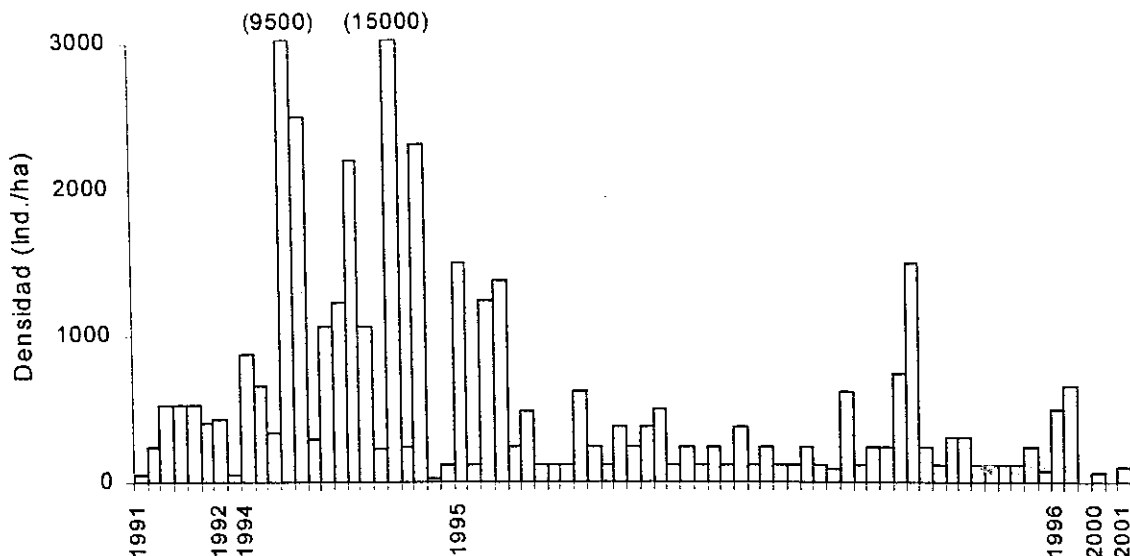


Figura 31. Densidad registrada por el CRIP para *Isostichopus fuscus* en la costa occidental de México (del norte de Michoacán a norte de Jalisco). El máximo valor corresponde a Yelapa (15000) y el segundo mayor (9500) corresponde a Barra de Navidad (abril de 1994). El orden de la información es sólo cronológico y no geográfico (obtenido a partir de reportes internos del CRIP-Manzanillo). Los valores de densidad obtenidos en el presente estudio corresponden en el gráfico a 2000 y 2001 en el eje X y se refieren a valores promedio de 14 y 16 localidades, respectivamente.

Algunas estimaciones de densidad realizadas para 1991 por el CRIP entre Melaque y Punta Pérula indican valores de 50 y 62 ind./ha, menores que los estimados en este estudio. En este caso el motivo de la baja densidad podría no deberse a la pesca. Algunas posibles causas de diferencia entre evaluaciones pueden ser la poca representatividad de la muestra y la no correspondencia de sitios exactos en prospecciones sucesivas, en las cuales se denominan sitios diferentes bajo un mismo nombre. También es posible que la habilidad para localizar pepino sea variable entre buzos, como lo indicó Herrero-Pérezrul (comunicación personal), ya que en ocasiones los pepinos de mar permanecen ocultos bajo rocas o dentro de oquedades y la visibilidad puede ser limitada, lo que dificulta su localización. Los pescadores pueden ocultar sus zonas de alta abundancia y en el caso de los muestreos de densidad, se recibió el apoyo de un pescador, si bien los sitios muestreados fueron los mismos habituales en que ellos pescan.

En las actividades de campo de esta naturaleza, el sistema de posicionamiento global (GPS) permite mayor precisión para ubicar sitios de

muestreo. Los conteos realizados en superficies medidas con GPS posibilitaron extender el área de búsqueda. Los cálculos del tiempo de buceo como unidad de esfuerzo pueden también inducir cierto error, pues el área de búsqueda varía con la velocidad del buceo, que a su vez varía por las corrientes, aun cuando se utilice un flujómetro, como lo describe Conand (1993). El flujómetro puede causar error al estimar superficies de buceo, a menos que haya ausencia de corrientes, ya que estas pueden ir a favor o en contra del sentido del buceo, lo que disminuye o aumenta la rotación de la hélice. El tiempo de buceo puede ser considerado como una unidad de esfuerzo complementario en estimaciones de densidad o de abundancia, dependiendo de la finalidad y alcances del estudio.

La primera captura comercial de *I. fuscus* en Salina Cruz, Oaxaca, evaluada por Sierra-Rodríguez (1994) así como evaluaciones de densidad anteriores al inicio de las capturas comerciales en la misma entidad y en Guerrero, muestran valores de densidad considerablemente mayores en ambos estados respecto a los encontrados en Jalisco. Algunos factores ambientales como la temperatura del mar, el suelo marino, la amplitud de la plataforma continental y los sedimentos, son similares en los tres estados, excepto que Oaxaca se encuentra bajo la influencia de una corriente marina denominada Convergencia Intertropical del Pacífico Oriental durante invierno, misma que en Jalisco incide únicamente durante el verano (Wyrcki, 1965) (Fig. 32). Además, el Golfo de Tehuantepec, donde se ubica Salina Cruz, es una zona rica en nutrientes debido a la intensa mezcla de sus aguas, por el régimen de vientos presente en la región (Robles-Jarero y Lara-Lara, 1993).

El efecto de la pesca sobre el recurso pepino de mar se ejemplifica bien en la especie afín *Parastichopus californicus*. Esta especie presenta cierto contraste en los valores de densidad en localidades de Alaska y Washington. La mayor densidad se observa en sitios no explotados y sus valores son similares a los observados para *I. fuscus* en este estudio (Tabla 14). En general los esticopódidos presentan menor densidad respecto a taxa de menor talla. Lawrence (1978) postula relación inversa entre talla y densidad interespecífica de pepinos de mar. Sin embargo, en Ecuador se observa alta abundancia de *I.*

*fuscus* a pesar de persistir la pesca, cuya captura en 2002 fue de 8 301 449 individuos por parte de 778 pescadores durante 60 días (Anónimo, 2002). Aguilar (1993) reporta 6.24/m<sup>2</sup> para isla Fernandina, Galápagos, cifra 760 veces mayor respecto a Chamela. Esta alta densidad se debe probablemente al agua constantemente fría de una permanente surgencia en algunas secciones del archipiélago de las Galápagos. Esta alta densidad puede entonces estar asociada a abundancia de nutrientes, factor clave junto a la temperatura para el éxito de esta especie desde su estadio larvario de tipo planctotrófico.

Tabla 12. Densidad (D) ((ind./ha) estimada a partir del número de buzos, tiempo de buceo (h) y tamaño de muestra (n) en Salina Cruz, Oaxaca en mayo de 1993 (de Sierra-Rodríguez, 1994).

Buzos	h	n	h-buzo	D
4	4.97	2131	19.88	246
7	4.4	3943	30.8	294
8	8	4180	64	150
10	6.67	6729	66.7	231
11	5.52	6147	60.72	232
10	9.32	5593	93.2	138
11	6.27	6774	68.97	225
9	7.38	6419	66.42	222
9	6.86	5843	61.74	217
10	9.66	6062	96.6	144
10	7.75	5844	77.5	173
10	8.65	6363	86.5	169
11	8.83	6444	97.13	152
13	4.91	5067	63.83	182
18	7.56	5377	136.08	91
Promedio			72.7	191

Tabla 13. Densidad estimada (ind./ha) de *Isostichopus fuscus* en Oaxaca, Guerrero y presente estudio.

Localidad	D	Fuente
Puerto Ángel, Oax.	200	CRIP Salina Cruz
Escolleras de Salina Cruz, Oax.	27000	Sierra y Gil (1992)
Puerto Marqués, Guerrero	9000	
Estero de S. Cruz, Oax.	17000	Sierra (1994)
Sitios varios entre S. Cruz y P. Ángel, Oax.	< 5000	
Islas Blancas, Gro., 17° 39' N	2250	Gil-López y González-Medrano, 1992
Punta Godornia, Ixtapa, Gro. 17° 37' 20" N	4500	
Puerto Gro., 17° 16' 30" N	500	
Chamela, Jal., 19° 30'	81.6	Presente estudio

\* = aunque seguramente incluye *I. fuscus*, no específica, se refiere a especies "A", "B", "C" y "D".

Una especie de baja densidad poblacional es el aspidoquirótido *Thelenota rubralineata*, con 1 ind./220 m<sup>2</sup> (Tabla 14). Este aspidoquirótido pesa hasta 2850 g. La posible causa a que se atribuye su baja densidad es la explotación en décadas anteriores (Lane, 1999). Esto parece ilustrar la baja capacidad de recuperación de algunos holoturoideos tras un régimen de explotación.

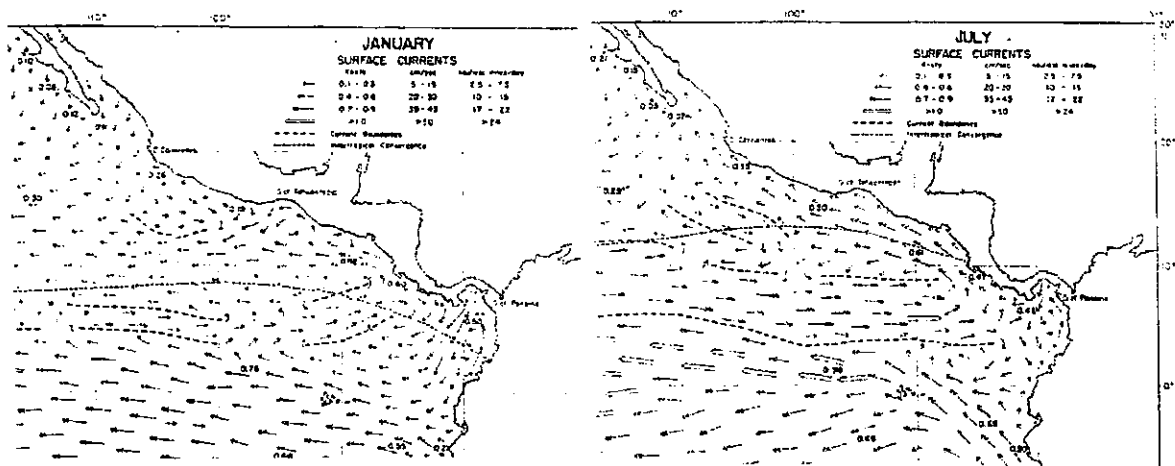


Figura 32. Corrientes dominantes en el área de distribución de *I. fuscus* en verano e invierno (de Wyrki, 1965).

Los pescadores que extraían pepino de mar en la región de Chamela, consideran que existe entre 10 y 20% de la abundancia que existía antes de la explotación, debido a la pesca en localidades como Barra de Navidad, Melaque, Careyes, Chamela y Punta Pérula. Desde 1998 los pescadores perdieron interés en extraer pepino de mar por las bajas utilidades por la escasez del recurso tras una década de explotación y sin control.

Es importante mencionar algunas deficiencias en los registros de la pesquería del pepino de mar. En las Oficinas de Pesca de Barra de Navidad y de Puerto Vallarta se reportaron kilogramos capturados sin especificar si se trata de peso total, drenado, cocido o seco; tampoco se indica el número de individuos de la captura. Asimismo, no se menciona el tiempo de extracción u otro indicador de densidad o esfuerzo y tampoco fecha de extracción, aunque no existía veda. Todos estos datos son útiles para estimar la abundancia del



recurso y la CPUE. Al reportar o registrar las capturas, debe considerarse la variabilidad del peso debido al alto contenido de agua en la cavidad corporal y los tejidos, así como a la facilidad con que se pierde esta agua después de extraerlos del mar. La cavidad corporal de *I. fuscus* contiene alrededor del 10% de agua respecto al peso total. Tras la cocción pierde otro 60 o 70% de sus tejidos; por último, tras el secado el agua total suma poco más del 90%.

Tabla 14. Densidad poblacional (D = Ind./ha) de distintos holoturoideos. \* = Densidad máxima observada, \*\* = observaciones por hora de buceo), \*\*\* = sin explotar, \*\*\*\* = explotado.

Especie	Localidad	D	Fuente
<i>Actinopyga echinites</i>	Nueva Caledonia	800	Conand, 1982
		1000 (200**)	Conand, 1989
<i>A. mauritania</i>	I. Gaua, Nuevas Hébridas	200	Baker, 1929
<i>A. mauritania</i>	Nueva Caledonia	10000	Conand, 1989
<i>A. mauritania</i>	Enewetak, Islas Marshall	120000*	Lawrence, 1979
<i>Afrocucumis africana</i>		5.46 x10 <sup>6</sup> **	
<i>Chiridota rigida</i>		2.88x10 <sup>6</sup> **	
<i>Holothuria fuscogilva</i>	Nueva Caledonia	<50	Conand, 1989
<i>H. atra</i>	Enewetak, Islas Marshall	50000-350000	Bakus, 1973
	I. Gaua, Nuevas Hébridas	2800	Baker, 1929
		520000*	Lawrence, 1979
	Aniyaanii, Eniwetok	1428	Bakus, 1968
	Norte de isla Eniwetok	1000	
	San Cristoval, I. Salomon	160	Guppy, 1982
	Inhaca, Isla Mozambique	50000	Maenae y Ikalk, 1952
	Lab. Mar. Palau, I. Palau	4400	Yamanouti, 1939
<i>H. forskali</i>	Brittany, Francia	35**	Tuwo y Conand, 1992
<i>H. hilla</i>	Enewetak, Islas Marshall	520000*	Lawrence, 1979
<i>H. leucospilota</i>		240000*	
<i>H. vagabunda</i>	I. Gaua, Nuevas Hébridas	160	Baker, 1929
<i>H. vitiens</i>	Lab. Mar. Palau, I. Palau	720	Yamanouti, 1939
<i>Isostichopus fuscus</i>	B. Chamela, México	82	Presente estudio
	I. Fernandina, Galápagos	62400	Aguilar <i>et al.</i> , 1993.
<i>Parastichopus californicus</i>	Barlow Cove, Alaska	21 a 230	Zhou y Shirley, 1996
	Washington	12000***	
		3000****	
	B. Vallenar, Alaska	6900 ***	Imamura y Kruse, 1990
		3500****	
<i>Stichopus cloronotus</i>	Enewetak, Islas Marshall	150000*	Lawrence, 1979
	I. Gaua, Nuevas Hébridas	2800	Baker, 1929
<i>Thekenota ananas</i>	Nueva Caledonia	<50	Conand, 1989
<i>T. rubralienata</i>	Sulawesi, Indonesia	4.5	Lane, 1999
<i>Stichopus japonicus</i>	B. Vostok, Japón 1971-75	5000	Progrebov y Kashenko, 1976
		5000	Selin y Chernyaev, 1994
		30000	

Se ha sugerido que el sustrato afecta a la densidad poblacional del pepino de mar. Según Zhou y Shirley (1996) el tipo de sustrato influye más que la profundidad en la abundancia de *Parastichopus californicus*, que habita hasta 249 m (McEuen, 1987). Dicha especie prefiere paredes casi verticales, las

cuales albergan las mayores densidades de la especie al sureste de Alaska (Tabla 13). Según Zhou y Shirley, las posibles causas para la preferencia de este tipo de fondo por parte de la especie, son la mayor estabilidad de las paredes, su marcada pendiente o el factor desove.

En la bahía de Chamela *I. fuscus* habita preferentemente sobre rocas sueltas mayores que un metro de diámetro, probablemente por la fisonomía irregular de este tipo de rocas, ya que la especie parece preferir fondos irregulares que le proporcionan refugios estables y mayor protección ante la luz solar. En las latitudes altas, el fondo liso representa menor problema en este sentido, por existir menor irradiancia. La retención de alimento en rocas irregulares puede ser mayor que en rocas lisas, por presentar una mayor superficie por unidad de área. Si la retención del alimento influye en la preferencia de sustrato, entonces las paredes casi verticales podrían ser menos susceptibles de retener materia en suspensión debido a las turbulencias. Desde la parte expuesta de la península de California hasta Alaska existe mayor productividad, que contrasta con la menor productividad en la región de Chamela, en donde la plataforma continental es estrecha y de surgencias limitadas a cortos períodos de tiempo. De acuerdo con imágenes satelitales de productividad primaria integradas anualmente del "sea WiFS program" de la NASA (Levinton, 2001), el régimen de productividad del Golfo de California es similar al de latitudes altas y es mayor en relación a bahía Chamela, por lo que los depósitos de sedimentos pueden ser más ricos aun en sustratos lisos de menor superficie.

Las corrientes, la dinámica litoral y el bajo grado de agregación, determinado por la densidad, pueden disminuir el éxito de la fecundación, que en *I. fuscus* es externa y ocurre entre julio y agosto en Chamela. Por otro lado, Kerr (1993) indica que el grado de exposición de las playas afecta la riqueza de especies, al igual que la densidad de algunos pepinos de mar epibénticos; en este sentido la densidad podría verse afectada al haber menos incidencia de fecundación y por consecuencia menor reclutamiento y densidad poblacional. La baja densidad puede afectar el éxito reproductivo de la especie y salvo

algunos casos, coincide con la de otros esticopódidos, taxón que agrupa a la mayoría de especies comerciales. Zhou y Shirley (1996) reportan para *P. californicus* en el sureste de Alaska, densidades similares a las encontradas para *I. fuscus* en este estudio, pero por otro lado, existen especies comerciales de talla similar en algunas áreas, que presentan densidades mayores (Tabla 14).

### Hábitat

Los pepinos de mar de la familia Stichopodidae son sedimentívoros de tallas grandes que obtienen su alimento de la ingestión de sedimentos marinos a través de sus tentáculos bucales. El sedimento que consume *I. fuscus* es detrito orgánico y partículas minerales de diferentes tamaños, desde limos y arcillas hasta arenas finas de menos de 1 mm de diámetro. Los limos y arcillas en el área de estudio son depositados de manera incipiente sobre las rocas y constituyen una proporción ínfima respecto a las arenas. El fondo más abundante en el área de estudio son las arenas, que alternan con formaciones rocosas.

En Bahía Chamela, *I. fuscus* se encontró únicamente sobre sustratos rocosos, en su mayoría pretilos; este tipo de rocas de diferentes orígenes y tamaños, cercanas al metro de diámetro o mayores, presenta espacios y oquedades que facilitan su colonización. Este tipo de sustrato acumula sedimentos sobre su superficie irregular y alberga abundante biota sobre su superficie y sirve como refugio a las especies que lo habitan, debido a su forma irregular y accidentada. Los pretilos representan extensas superficies que alternan con fondos arenosos y otras rocas de mayor o menor tamaño, lo que resulta en un fondo heterogéneo de fisonomía variable. Mora-Álvarez (1996) reporta que en las costas de Zihuatanejo, Guerrero, *I. fuscus* también prefiere sustratos rocosos de dimensiones del orden de un metro (Tabla 15), aunque también menciona que habita sobre cantos rodados y es posible que se refiera a la denominada cascajera en este estudio. Los cantos rodados se asocian al

intermareal. Esta zona es muy dinámica por el oleaje, por lo que las rocas se encuentran en constante movimiento. Los morros, rocas de mayor tamaño, son también preferidos por *I. fuscus* en el área de estudio.

De acuerdo con reportes anteriores, la especie se distribuye en fondos de corales, cantos rodados, arena y fango (Maluf, 1988, Mora-Álvarez, 1996). En el presente estudio, *I. fuscus* se reporta ausente sobre cantos rodados, fango, arena y coral; su ausencia puede deberse a que estos fondos son menos estables que las rocas de mayor tamaño, por lo menos en áreas costeras en las que incide el efecto del oleaje y la turbulencia en aguas someras. Además, los cantos rodados son rocas en movimiento presentes en playas expuestas al oleaje, lo que representa peligro para los organismos. Debido a que los sedimentos finos pueden ser más ricos en nutrientes, la especie probablemente se desplaza hasta estos para alimentarse. Por último, existe la posibilidad de que el habitar fondos inestables se deba a que es el único fondo disponible, aunque sus medio de locomoción y la manera en que se fijan al sustrato, requieren más bien de superficies sólidas. En Chamela no se observan fangos, pero en cambio existe abundante arena, algunas playas con cantos rodados y aún menos corales pétreos.

Tabla 15. Hábitat de *I. fuscus* en Zihuatanejo, Guerrero, según Mora Álvarez (1996)

Sitio	Abundancia		Sustrato %			
	n	%	Arena	Cantos	Rocas >1 m	Coral
Punta Calavera	120	17.9	1	23.3	71.66	Ausente
Eslabón	250	37.5	5.2	10.8	84.4	Ausente
Pango Volteado	229	34.2	6.98	8.73	84.27	Ausente
Playa Pedregosa	29	4.4	24.13	27.58	20.68	27.58
Playa Manzanillo	42	6.3	23.8	9.52	Ausente	66.66

Se observaron pepinos de mar en menor proporción sobre cascajera, rocas de menor tamaño. Este sustrato puede carecer de estabilidad y de espacios para refugio, por lo que puede representar una superficie de alimentación. Se observaron partículas finas y con alto contenido de materia orgánica en el tracto digestivo de individuos de mayor talla, mientras que los sedimentos gruesos, arenas con menos materia orgánica, son frecuentes en los individuos de menor talla; esto sugiere cierta selectividad adquirida con la edad. La selectividad ha sido expuesta por Trefz (citado en Bakus, 1973), aludiendo

precisamente a la diferencia de talla, aunque a nivel interespecífico. Por otro lado, Lawrence (1979) reporta una gran variación en el tamaño de las partículas alimenticias ingeridas por *Holothuria atra*, de acuerdo a diferencia de hábitat.

### Estructura de tallas

En el presente estudio, la talla promedio estimada para *Isostichopus fuscus* (23.9 cm) es similar a otros registros, mientras que en otros casos difiere, entre localidades de México (Tabla 16) y de Ecuador (Tabla 17). Esta diferencia de talla entre localidades se debe a diferentes causas, como son las técnicas de medición utilizadas por distintos autores: la longitud curva *in situ* (Reyes-Bonilla, 1997 y Herrero-Pérezrul, 1999), la longitud recta (Fajardo-León *et al.*, 1996), la medición tras la muerte y fijación del organismo y la medida curva en vivo fuera del agua utilizada en el presente estudio.

En la región de Chamela, como se describe en los resultados, la mayor talla promedio mensual (26.9 cm) se observó en mayo de 2000; en este mes, la temperatura superficial del mar alcanza un valor cercano a 26° C, intermedio respecto a los valores extremos de temperatura superficial registrados en Chamela, que oscilan entre los 22 y 31° C. Después de mayo la temperatura continúa incrementándose hasta la época cálida, en julio y agosto, cuando alcanza sus valores máximos entre 30 y 31° C (Fig. 19 y 32). En esta época de máxima temperatura, precisamente en julio de 2000, se observó la menor talla promedio mensual (20.6 cm).

El peso de *I. fuscus* se comportó de forma similar a la longitud respecto a la temperatura. Los valores máximos de peso coincidieron también con la época fría y los valores mínimos en la época cálida. El mayor peso observado de 578 g ocurrió, al igual que la longitud máxima, en mayo de 2000. No sólo los valores extremos de peso y talla coinciden temporalmente con la variación anual de la temperatura, sino que a través del año se observa una tendencia oscilante de peso y talla, siguiendo este patrón que parece indicar la existencia de dos épocas de desove y dos consecuentes reclutamientos.

La disminución de la talla promedio entre mayo y julio se asocia al reclutamiento, al año de edad, un año después del anterior desove. El término reclutamiento se refiere en este caso, a cuando los juveniles abandonan el hábito críptico tras el primer año de vida y pueden entonces ser observados a simple vista. El reclutamiento, en sentido estricto, para especies de ciclo de vida larvario-béntico, se refiere a la fijación de los juveniles al sustrato tras la etapa larval. En este sentido, en condiciones experimentales, el reclutamiento ocurre cuando los individuos alcanzan un milímetro de longitud, entre las tres y cuatro semanas de edad (Hamel *et al.*, 2003).

En algunas especies de holoturoideos, la variación estacional de tallas se relaciona con migración batimétrica de acuerdo al tamaño de los individuos (Conand, 1993). En este sentido, *Stichopus variegatus* migra estacionalmente a mayores profundidades. Algunos buzos comerciales de la región de Chamela creen que *I. fuscus* migra también a aguas más profundas, de manera tal que las tallas menores permanecen en verano. Aunque el menor peso promedio observado en la temporada cálida, que puede asociarse a reclutamiento, intercambio de hábitat o a migración entre tallas, puede estar asociado también a pérdida de peso por reproducción, como señala Morgan (2000), quien reporta que el ciclo gametogénico de *Holothuria scabra* coincide con la pérdida de peso de la pared corporal.

En los meses cálidos, de junio a octubre de 1999, se observaron modas que oscilaron entre 20 y 22 cm. Al descender la temperatura en diciembre apareció una gran moda de 27 cm, que persistió, a excepción de un ligero descenso a 25-26 cm en enero-febrero de 2000, pero de marzo a mayo volvió a predominar la talla de 26-27 cm, hasta la aparición de la siguiente época cálida, a partir de junio de 2000.

Después, en junio de 2000, se observó un notable descenso en la talla. La moda observada en mayo de 2000, consistente de individuos de 24 a 28 cm parece no tener continuidad en junio de 2000, cuando se observó una moda entre los 22 y 24 cm. Precisamente entre estos meses, de mayo a junio de 2000, se registró un incremento de tres grados en la temperatura media

superficial del mar en la zona, pasando de los 26 a los 29° C en tan solo un mes. Estos notables y consistentes contrastes entre tallas y temperatura del mar, parecen también indicar migración. La alternancia de tallas mayores y menores en las épocas frías y cálidas, respectivamente, no excluyen a las tallas menos predominantes dentro de la población (Fig. 8), es decir, existe predominancia en la ocurrencia de tallas, mas no exclusión, por lo que la migración podría entonces ser cuestionable.

El esfuerzo fisiológico por reproducción empleado en la época cálida es también un posible factor de disminución de peso corporal, aunque los valores mensuales del valor del intercepto "a", indicador del factor de condición, no son consistentes en este sentido, ya que no se observa una tendencia mensual bien definida en sus valores promedio. Aunque en la temporada cálida se observan valores máximos del parámetro a, que disminuyen ligeramente durante los meses fríos, esto indica individuos más robustos en la época cálida durante la reproducción. Pero, como se indica arriba, esta tendencia no se refleja en los valores promedio de las muestras, probablemente por existir en esta época tanto individuos reproductores, como no reproductores.

El único estudio de crecimiento por método directo de *I. fuscus*, fue llevado a cabo en condiciones experimentales y para etapas tempranas, larval y juvenil, por Hamel *et al.* (2003), quienes reportan un incremento de talla de 35 mm en 72 días para *I. fuscus* en los primeros meses de desarrollo. Este ritmo de crecimiento equivale a 1.4 cm por mes o 16.8 cm por año.

Este ritmo de crecimiento concuerda con lo observado en la región de Chamela si se considera más de un reclutamiento, es decir, si el ciclo de reproducción se extiende más allá de los meses cálidos en que se observa el máximo pico reproductivo. Si existe a través del año más de una incorporación de juveniles, significa que los múltiples reclutamientos observados corresponden a individuos cercanos al año de edad. El reclutamiento se observó durante la mayor parte del año, tanto en época fría como en época cálida (julio y septiembre de 1999, marzo, abril, julio, agosto y octubre de 2000), lo cual es congruente con la existencia de mas de un pulso reproductivo (Fig.

8). Esto concuerda con la persistencia de madurez gonadal observada después de julio y agosto, aunque en menor grado, lo que indica que probablemente la especie se reproduce de manera mas o menos continua.

La estructura general tanto de tallas como de pesos de *I. fuscus* es unimodal. Conand (1993) sugiere que las distribuciones de peso y talla unimodales de *S. variegatus*, especie emparentada con *I. fuscus*, son comunes en aspidóquiritidos. La talla promedio calculada para *I. fuscus* en el presente estudio difiere de otras reportadas a lo largo de su área de distribución (Tabla 16). A partir de la información disponible, no se observa un gradiente latitudinal de talla. Para determinar si existe esta tendencia en la especie, es necesario estandarizar la técnica de medición de la longitud.

Tabla 16. Tallas promedio de *I. fuscus* en diferentes localidades, ordenadas geográficamente de norte a sur (\* tras sacrificio con ácido acético y fijación en formaldehído).

Localidad	Talla (prom)	Fuente
Baja California	21	Salgado-Castro, 1997
Santa Rosalía, B. C. S.	25.1	Fajardo-León <i>et al.</i> , 1996
Isla Espíritu Santo, B. C. S.	19.27*	Herrero-Pérezrul, 1994
Isla Espíritu Santo, B. C. S.	23.25	Reyes-Bonilla, 1997
Isla Espíritu Santo, B. C. S.	23.25	Herrero-Pérezrul, 1999
Bahía Chamela, Jalisco, México	23.9	Presente estudio
Zihuatanejo, Guerrero	19	Mora-Álvarez, 1996
Guerrero, México	23.8	Gil-López y Medrano-González, 1992
Panamá (1916-1917)	~20	Deichmann, 1958
Isla Fernandina, Galápagos, Ecuador	19.72	Aguilar <i>et al.</i> , 1993

Durante la TCL la longitud promedio fue 3.7 cm menor que en la TTS. Existen observaciones por parte de los pescadores referentes a dichas variaciones: ellos indican que los individuos de mayor talla aparecen cuando el agua es fría, mientras que los pequeños se "encuevan". Podría tratarse del aumento de talla de los reclutas del anterior periodo cálido. El peso es una medida más confiable, siempre y cuando se estandarice la técnica de medición, igual que para la longitud, ya que además de ser flexibles, el peso varía por la retención de agua en su cavidad y pared corporales.

Al comparar los coeficientes de alometría "b" en diferentes estudios, se encontró que en la población de *I. fuscus* de bahía Chamela, este coeficiente es menor que el estimado en el Golfo de California (Tabla 18) para la misma



especie, así como para la especie emparentada *Stichopus variegatus* en Nueva Caledonia (Tabla 18). Los pepinos en general tienen valores menores a los estimados para muestras representativas de peces (2.5 a 3.5).

Tabla 17. Talla de *I. fuscus* en estado fresco en islas Galápagos (Anónimo, 2003)

Localidad	n	Lprom	Lmáx	Lmín	% < 20 cm	% > 20 cm
Fernandina	1529	20.7	36.5	8.0	42.0	58.0
Isabela Oeste	3590	21.5	37.5	8.0	32.6	67.4
Santa Cruz	1995	23.3	36.5	12.0	14.2	85.8
San Cristóbal Sureste	264	23.5	32.5	14.5	7.6	92.4
San Cristóbal Noroeste	1206	21.7	38.0	13.0	26.8	73.2
Isabela Noreste	92	19.2	25.5	13.0	58.7	41.3
Isabela Sur	1281	22.6	42.0	12.0	21.6	78.4
Total	9957					

El mayor valor de  $b$  obtenido en el Golfo de California para *I. fuscus* se debe probablemente a que el intervalo de tallas en la muestra total en esa localidad es mayor, con valores de talla de 5 cm a 40 cm, lo que representa 35 distintas tallas, mientras en el presente estudio, el intervalo de tallas fluctúa de 13 a 36 cm, lo que representa 23 tallas distintas, aunque se observó un solo individuo de 8 cm (Tabla 3).

La estimación del coeficiente de alometría pierde confiabilidad en estos organismos debido a la flexibilidad de su cuerpo la cual causa que la longitud y peso sean muy variables fuera del mar. Reyes-Bonilla (1997) recomienda medir los organismos *in situ*, debido a que al manipular a los pepinos y sacarlos del agua estos se contraen y modifican su talla y posiblemente su peso; Herrero-Pérezrul *et al.*, 1999 utilizaron esta metodología. Conand (1993) atribuye el valor de  $b = 2.49$  para *S. variegatus* a la forma cilíndrica que presentan los holoturoideos, aunque *I. fuscus* también presenta esta forma.

Tabla 18. Valores del coeficiente de alometría ( $b$ ) en pepinos de mar.

Especie	Localidad	$b$	Fuente
<i>Stichopus variegatus</i>	Nueva Caledonia	2.49	Conand, 1993
<i>Isostichopus fuscus</i>	Sur Golfo de California	1.83	Herrero-Pérezrul, 1999
<i>I. fuscus</i>	Bahía Chamela	1.22	Presente estudio

## EDAD Y CRECIMIENTO

*I. fuscus* es una especie susceptible a la manipulación, pero su supervivencia en medios controlados resulta costosa y difícil. La relativa estabilidad de *I. fuscus* sobre el fondo marino haría del marcado un método ideal. Sin embargo, la dificultad para marcarlos y recapturarlos es mayor aún, pues se desconoce un método efectivo. Al respecto, Conand (1993) reportó baja recaptura para *S. variegatus* (1.8%), debido a la pérdida de marcas por daño en forma de cicatrices y pérdida de peso; este autor señala también la posible migración de juveniles desde aguas someras a más profundas cuando alcanzan mayor talla, aunque no se comprobó, precisamente por la dificultad para marcarlos. Morgan (2000) también etiquetó perforando *in situ* en cautiverio la pared corporal de algunos holoturoideos, aunque por tiempo limitado, debido a la rápida pérdida de la etiqueta por necrosis del tejido. Este autor recomienda etiquetar sólo especies en cautiverio durante cortos períodos de tiempo.

La alternativa para el estudio de crecimiento, es por métodos indirectos, con la desventaja de la dificultad para validar los parámetros. En este estudio se propone el uso de diversos métodos indirectos para estimar el crecimiento de *I. fuscus*, debido a la diferencia de resultados entre los mismos, por la diferencia de tamaño de las muestras mensuales. Los modelos que existen son sensibles a los extremos de la distribución de la muestra. Los parámetros de crecimiento de *I. fuscus* y otros holoturoideos ya se ha evaluado con métodos similares (Tabla 19).

Taylor (1958) postula que  $L_{max}/0.95 \approx L(\infty)$  y  $P_{max}/0.86 \approx P(\infty)$  (en Pauly, 1984); partiendo de ambos métodos, se observó que los parámetros de crecimiento obtenidos mediante las rutinas de Powell-Wetherall y Ford-Walford (Tabla 6) son consistentes respecto a la talla máxima  $L_{max} = 36$  cm observada durante el muestreo de 1118 organismos durante junio de 1999 a abril de 2003. La  $L_{max}$  está representada por dos valores distintos observados en marzo y en abril de 2000. También se observaron tallas de 35 cm en cuatro organismos en octubre y diciembre de 1999, así como en mayo y noviembre de 2000. La talla

máxima observada para poblaciones de *I. fuscus* en el golfo de California por Reyes-Bonilla (1997) y por Herrero-Pérezrul *et al.* (1999) es 40 cm, mientras la  $L_{(\infty)}$  calculada es 36.1 cm mediante el método Powell-Wetherall, talla común tanto en el Golfo de California como en Jalisco.

Tabla 19. Comparación de parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy publicados para holothuroideos (ND = no existen datos) (Modificado de Herrero-Pérezrul, 1999).

Especie	Latitud	$L_{\infty}$ (cm)	k (anual)	M (anual)	Referencia
<i>Holothuria atra</i>	11° N	32.4	0.11	1.02	Ebert (1978)
<i>Actynopyga echinites</i>	20° S	23.1	0.78	ND	Shelley (1985)
	20° S	23-29.5	0.09-0.3	0.64	Conand (1988)
<i>A. mauritania</i>	20° S	34.0	0.12	1.45	Conand (1988)
<i>Stichopus japonicus</i>	34° N	36.7	0.33	ND	Hamano y Hayashi (1989)
<i>Thelenota ananas</i>	20° S	66.3	0.20	0.5-0.63	Conand (1990)
<i>S. chloronotus</i>	20° S	34.2	0.45	1.79	Conand (1990)
<i>H. scabra</i>	5° S	29.0	0.52	ND	Pauly <i>et al.</i> (1993)
<i>H. pulla</i>	5° S	30.7	0.24	ND	Pauly <i>et al.</i> (1993)
<i>Opheodesma spectabilis</i>	5° S	32.6	0.18	ND	Pauly <i>et al.</i> (1993)
<i>Parastichopus parvimensis</i>	31° N	52.5	0.30	ND	Pérez Plascencia (1995)
<i>Isostichopus fuscus</i>	24° N	36.1	0.18	0.51	Reyes-Bonilla (1997)
	24° N	36.2	0.18	0.51	Herrero-Pérezrul <i>et al.</i> (1999)
	24° N	29.18	0.243	0.354	Reyes-Bonilla, Herrero-Pérezrul (en prensa)

Hamel *et al.* (2003) reportaron la fertilización y el crecimiento de *I. fuscus* hasta 3.5 cm en cautiverio. La talla de reclutamiento de 12 a 13 cm observada, con excepción de un individuo de ocho cm encontrado en agosto de 2000, prácticamente coincide con la talla estimada para un año de edad de 11.7 cm (Tabla 7). Reyes-Bonilla (1997) estimó una talla de reclutamiento menor de 10 cm al año de edad al sur del Golfo de California. La menor temperatura del Golfo podría ser la causa de una menor tasa de crecimiento, aunque exista mayor cantidad de alimento, ya que este factor influye en el metabolismo de los individuos.

Se puede suponer que la especie se incorpora al año de edad, debido a que el reclutamiento se observó de julio a septiembre de 1999 y en julio y agosto de 2000, y ello coincide con los meses del desove un año antes. Tras el análisis histológico se encontraron indicios de una segunda, menor y posible maduración en octubre de 2000, y por consiguiente la posibilidad de otro desove. Esto también puede observarse en el diagrama de cajas, a manera de dos fluctuaciones de peso en un ciclo anual (Fig. 10). Este aparente segundo

reclutamiento de octubre, representado por un sólo individuo, puede también representar un posible retardo en el crecimiento de juveniles de la misma cohorte. Por otra parte, también puede tratarse de la descendencia producto de un segundo desove, lo cual es más probable, ya que no se observa un crecimiento continuo a través del desplazamiento de las modas.

El único individuo de 13 cm observado en octubre representa la baja ocurrencia de juveniles reportada para distintas especies de equinodermos por distintos autores. Conand (1982) reporta como rara la presencia de juveniles de *A. echinites*. Ebert (1978), Harriott (1985) y Conand y De Ridder (1990) reportan ausencia de juveniles de fase sexual de *Holothuria atra*, mientras que los reclutas por fisión son frecuentes. Tuwo y Conand (1992) reportan también ausencia de juveniles de *H. forskali*.

Durante este estudio se observó un solo juvenil de 8 cm, en agosto de 2000, tras 80 inmersiones y 1118 mediciones. El resto resultaron mayores de 13 cm. Esta baja ocurrencia (< 0.1%) resalta la importancia del estudio de la fase temprana del desarrollo. En Isla Isabel, Nayarit, el 15 de diciembre de 2002, se observó durante una visita al intermareal rocoso, dentro de una fosa de marea, un juvenil de *I. fuscus* de cinco cm (Figura 31). Esta fecha corresponde a cinco meses después del desove de 2002. Esta observación poco común sugiere que en el primer año de vida, *I. fuscus* incrementa su talla 1.4 cm por mes.

La única explicación aparente para la ausencia de juveniles es el hábito críptico. El hábito críptico ha sido reportado para juveniles de *Acanthaster plancii* en las islas Fiji (Zann *et al.*, 1987). Yamaguchi (1973) consideró común este hábito en equinodermos juveniles que habitan arrecifes. La escasez de juveniles de *I. fuscus* puede indicar una baja incidencia de reclutamiento al

bentos de larvas, o bien una baja tasa de fecundación y alta mortalidad en la región de Chamela.

En Jalisco, la explotación de *I. fuscus* cesó en 1998, mientras que en 2001 en que concluyeron los trabajos de campo, aún era notoria la escasez de juveniles y poblacional en general. Si los hábitos crípticos son comunes en la especie, se esperaría mayor reclutamiento posterior al cese de la explotación, al reproducirse los organismos excluidos de la captura, lo cual no ocurrió en gran escala, por lo que se puede suponer que la baja densidad tras la sobreexplotación pudo afectar la capacidad de recuperación de la población, por la escasez y alta dispersión de gametos en el agua tras el desove con una consecuente baja fecundación.

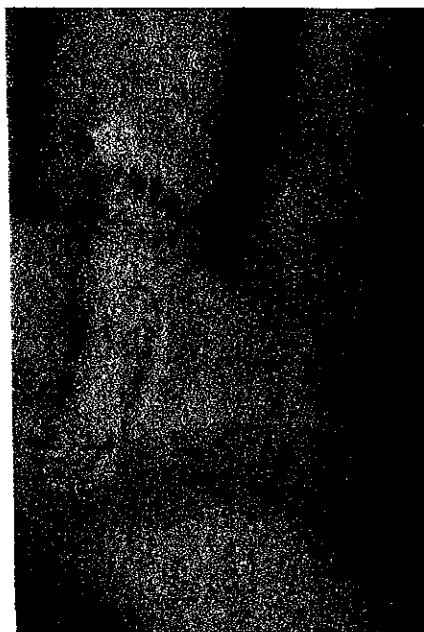


Figura 33. *Isostichopus fuscus* de aproximadamente cinco cm de longitud encontrado en una fosa de marea en Isla Isabel (21° 51' 06'' N, 105° 53' 22'' O) Nayarit, en diciembre de 2002.

La relativa baja productividad de la región de Chamela (Levinton, 2001) podría también limitar la abundancia. Sewell y Levitan (1992) exponen como factores favorables para el suceso de fertilización en invertebrados la agregación, la sincronización y las condiciones de flujo de bajo a moderado. De estos tres factores, el que puede ser afectado por el hombre es la agregación,

ya que la extracción afecta la densidad de la especie y contribuye a la mayor dispersión individual y por lo tanto también de los gametos.

Asimismo, el ajuste de los parámetros de crecimiento a una curva significa que son descriptores de la muestra y reflejo de la realidad en un tiempo dado. Esto demuestra que las estimaciones de los parámetros de crecimiento no siempre se relacionan con la fisiología del organismo. Sólo cuando la muestra es grande y sin sesgos, se puede considerar que los parámetros estimados reflejan su interpretación fisiológica (Sparre y Venema, 1995).

Si se considera que actualmente no hay captura comercial de *I. fuscus*, o sea que  $Z = M$ , la proporción de organismos que muere al año hoy es en día muy elevada.

## BIOLOGÍA REPRODUCTIVA

### Índice gonadosomático (IGS)

El estudio reproductivo de *Isostichopus fuscus* se realizó mediante la evaluación del índice gonadosomático (IGS) y a través de cortes histológicos; ambos métodos son complementarios y de uso generalizado (Engstrom, 1980; Harriott, 1985; Herrero-Pérezrul, 1994; Hopper *et al.*, 1998; Herrero-Pérezrul *et al.*, 1999; Ramofafia *et al.*, 2000). Algunos autores utilizan otros métodos, como el diámetro de los túbulos, el diámetro o la abundancia de óvulos y la abundancia de espermatozoides (Harriott, 1985; Foster y Hodgson, 1995). También se han usado los índices de fecundidad absoluta y relativa (Hopper *et al.*, 1998). Grant y Tyler (1983) sugieren que el cambio en la distribución de tallas de los óvulos es un método más directo para obtener información del estado reproductivo en los pepinos de mar. Costelloe (1985) señala que el incremento rápido en la talla del ovocito puede indicar diferencia en la variabilidad de los ovocitos en cortos periodos de tiempo. En el presente estudio no se realizaron esas evaluaciones, sin embargo, el IGS es un método ágil y factible, aunque implica el sacrificio del espécimen.

Erickson *et al.* (1985) consideran que el IGS es un método inadecuado cuando se aplica a poblaciones con tallas individuales variables, como es el caso de los pepinos de mar cuando se miden fuera del agua, ya que presentan una gran elasticidad corporal que causa mucha variabilidad en las estimaciones de su longitud. Estos organismos pueden medirse en su medio para reducir la variabilidad de la longitud (Reyes-Bonilla, 1997; Herrero-Pérezrul *et al.*, 1999). Hamel *et al.* (1993) sugieren que la obtención del IGS puede dificultarse debido al cuerpo suave y al contenido variable de agua de los pepinos de mar. En este sentido, mediante la estimación del peso de los pepinos de mar se puede estandarizar la muestra, aunque implica excesiva manipulación o el sacrificio de los organismos. Diversos autores han utilizado el peso drenado para calcular IGS de pepinos de mar (Conand, 1982; 1993; Reyes-Bonilla, 1997; Herrero-

Pérezrul, 1999). Harriott (1985) utilizó el peso húmedo de tres especies de *Holothuria* para calcular el IGS, aunque no hace mención del posible efecto del contenido de agua en la cavidad corporal de los organismos.

El máximo valor del IGS de *I. fuscus* en el área de estudio coincidió con la máxima temperatura superficial del mar (31° C) registrada en agosto de 2000. Asimismo, el peso promedio de los reproductores disminuyó en esta época respecto a los meses fríos. El incremento del IGS fue mayor a partir de junio de 2000 y alcanzó sus mayores valores promedio en julio y agosto, coincidiendo con la pérdida de peso de los individuos reproductores. El comportamiento de los valores de IGS de *I. fuscus* en bahía Chamela sugiere una marcada estacionalidad de la reproducción, con un notable incremento a finales de la época seca y valores máximos en época de lluvias. El IGS muestra su valor máximo precisamente en agosto, lo cual indica que en este mes la gónada alcanza su máximo desarrollo. Posterior a la madurez, se observó el desove, en septiembre de 2000, lo que coincidió con el decremento abrupto del IGS y el inicio del descenso de la temperatura del mar. Si nos basamos en el IGS para establecer la época reproductiva de la especie, el patrón general descrito resulta similar al observado para la especie en el Golfo de California (Tabla 20).

En las islas Galápagos el IGS de *I. fuscus*, sugiere la máxima actividad reproductora de noviembre a marzo (Martínez *et al.*, 1996), que corresponde a la época cálida en el Pacífico ecuatorial oriental (Figura 34).

Tabla 20. IGS de *I. fuscus* en distintas regiones y valores extremos de temperatura oceánica superficial durante un ciclo anual entre 1999-2000 (Anónimo-NOAA, 2003).

Región Geográfica	Máx. IGS	Temperatura (° C)							
		Promedio anual				Registrada			
		Máx.	Mes	Mín.	Mes	Máx.	Mes	Mín.	Mes
La Paz 24° 35' N	Jul – Sep	30.7	Sep	19.7	Ene	32.8	Jul	16	Ene
B. Chamela 19° 30' N	Jun – Ago	29.8	Ago	23.8	Mar	31.6	Ago	20	Mar
I. Galápagos 0°	Nov – Mar	26.5	Abr	21.9	Sep	28.8	Abr	15.7	Jul



### Histología gonadal

Los estadios de desarrollo gonadal contemplados en este estudio son similares a los descritos para otras especies de holoturoideos (Tanaka, 1985; Costelloe, 1985; Cameron y Fankboner, 1989; Conand, 1993; Chao et al., 1994; Herrero-Pérezrul, 1999). Olivia Tapia-Vázquez (com. pers.) de la Universidad Autónoma de Baja California, considera factibles hasta ocho fases de desarrollo gonadal para *Isostichopus fuscus*, aunque la misma autora reporta cinco estadios de desarrollo gonadal para *Parastichopus californicus* en la costa occidental de Baja California.

A diferencia de la marcada estacionalidad reproductiva de *I. fuscus* que sugiere el IGS, a través de la histología se observó que la madurez persistió hasta la época fría en hembras, mientras que en machos se observó la persistencia de madurez durante la mayor parte del año, aunque tanto la ocurrencia de gónadas como el IGS decrecieron antes y después del periodo de mayor incidencia de madurez durante los meses cálidos.

De acuerdo con el IGS, la máxima actividad reproductora observada en *I. fuscus* en Bahía Chamela coincidió con lo observado en la región de La Paz, (Reyes-Bonilla, 1997; Herrero-Pérezrul, 1999), aunque de acuerdo al análisis histológico, la reproducción concluyó en septiembre con el desove, sin observarse continuidad de madurez, como se observó en Chamela. Para la región de La Paz, el IGS y la histología gonadal resultaron congruentes en cuanto a que el IGS disminuyó cuando efectivamente cesó la actividad reproductora, de la cual no se observaron remanentes en los meses fríos.

Las gónadas maduras remanentes pueden deberse a una estrategia para maximizar la reproducción (Mosher, 1982), aunque probablemente este suceso está también ligado a la menor variación térmica del mar en la región de Chamela, así como a una mayor temperatura promedio. Además, aunque la temperatura en la región de La Paz es similar en sus valores máximos respecto a la de Chamela, ésta desciende bruscamente de noviembre a enero casi 10°

C, en contraste con el descenso térmico del mar gradual y menos marcado que se observa en Chamela (Figura 34).

El peso calculado de primera madurez sexual de *I. fuscus* en el área de estudio fue 334 g, mientras que el peso mínimo observado para un individuo reproductor fue de 201 g. Herrero-Pérezruí (1999) calculó como peso de primera madurez 367 g mientras el mínimo observado para los individuos reproductores fue 167 g. El peso de primera madurez coincide en ambos estudios, aunque en La Paz se registró una talla mínima reproductora menor. Este parámetro es importante como elemento de decisión en el establecimiento de épocas de veda.

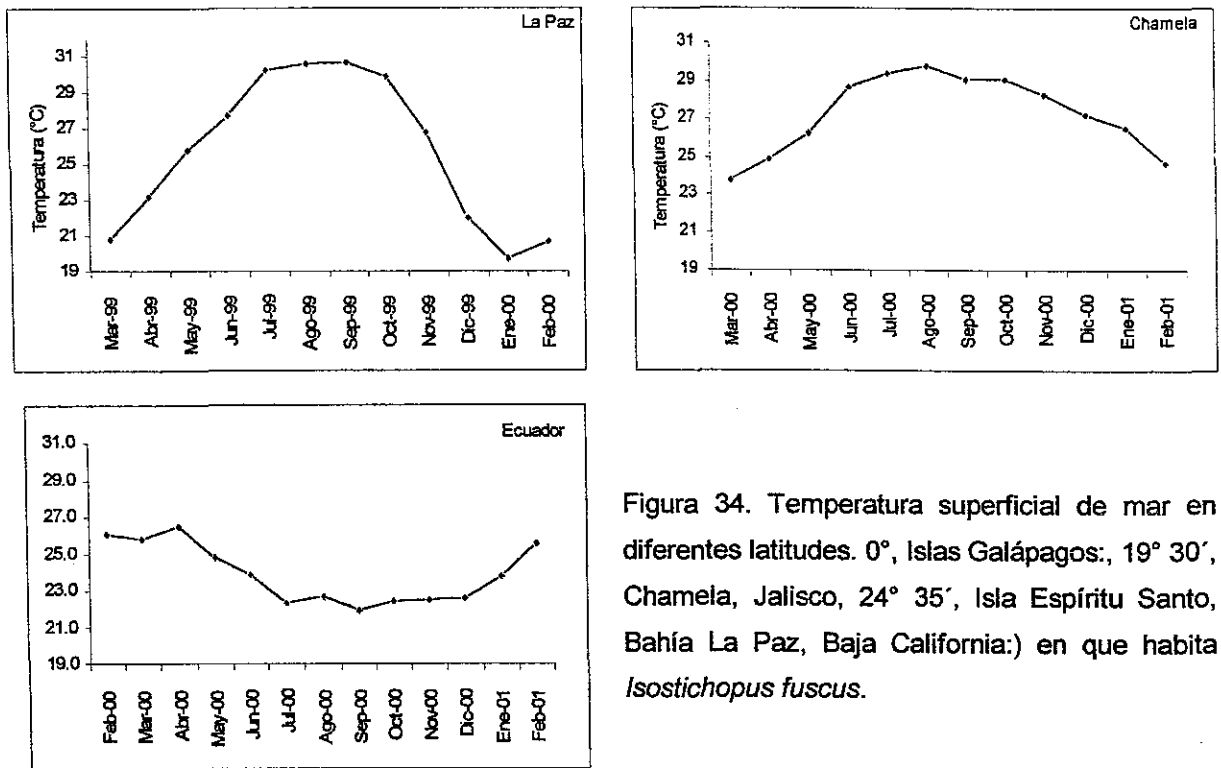


Figura 34. Temperatura superficial de mar en diferentes latitudes. 0°, Islas Galápagos; 19° 30', Chamela, Jalisco, 24° 35', Isla Espíritu Santo, Bahía La Paz, Baja California;) en que habita *Isostichopus fuscus*.

Es importante notar también que en Bahía Chamela se observaron simultáneamente distintos estadios de desarrollo gonadal. En la especie afín *Parastichopus californicus* se sobreponen la atrofia y la gametogénesis temprana (Cameron y Fankboner, 1985). Engstrom (1980) reporta para

*Holothuria floridana* y *H. mexicana*, entre dos y tres estadios simultáneos en diferentes grupos de túbulos de las gónadas y el almacenaje de ovocitos durante varios meses antes del desove.

Probablemente la menor variación de temperatura y la mayor temperatura anual promedio en Jalisco, propician condiciones favorables para una extensión temporal de la madurez, en contraste con la marcada estacionalidad reproductiva de la especie en el Golfo de California. Tuwo y Conand (1992) reportan las fases de inmadurez y de reposo en *H. forskali* en Britania, Francia como raras. Foster y Hodgson (1995) reportan períodos largos de madurez gonadal en tres especies de pepinos de mar en Sudáfrica, como consecuencia de la cantidad y calidad del alimento disponible. Estos autores reportan que el crecimiento gonadal inicia con el descenso de la temperatura del agua oceánica y con la duración del día, y que se observó el mayor valor de IGS cuando la temperatura y la duración del día se incrementaron.

A este respecto, Conand (1982) menciona tres variantes básicas de reproducción sexual: La anual en distintas modalidades, la bianual y la continua; las últimas dos se relacionan con especies con reproducción asexual por fisión, pero no necesariamente en todos los casos. Pearse (1968) sugiere que el gradiente latitudinal reproductivo persiste en regiones tropicales e indica que la reproducción puede ser anual o bianual en holoturoideos. En este sentido, *I. fuscus* puede presentar de acuerdo a su distribución latitudinal, un régimen reproductivo anual, con una extensión temporal del ciclo reproductivo influenciada por la temperatura cálida del mar.

En *I. fuscus* también se observó asincronía en cuanto a que la especie presentó simultáneamente distintos estadios gonádicos. En septiembre de 2000 se observaron casi todos los estadios, desde la gametogénesis hasta el postdesove en machos, mientras en marzo de 2000 se observaron hembras en ovogénesis, madurez y en desove. En junio de 2000 se observaron hembras en estadios desde la ovogénesis hasta el postdesove. Prácticamente en todos los meses se observaron fases múltiples de desarrollo gonadal, lo cual puede indicar que la reproducción persiste más allá de un máximo pico temporal,

extendiéndose durante gran parte del año. El índice gonadosomático (IGS) y la histología indicaron que la madurez y el desove predominan en los meses cálidos, mientras que en los meses fríos en que predominan el reposo y el postdesove, la madurez es menos frecuente. Morgan (2000) observó durante la ovogénesis, la presencia continua de ovocitos maduros que fueron reabsorbidos y desovados durante o antes de la vitelogénesis en la especie afín *Holothuria scabra*, caso al que parece asemejarse *I. fuscus* en Bahía Chamela.

Engstrom (1980) también reporta la permanencia de gametos viables "durante algún tiempo después del desove" en dos especies de *Holothuria*. La extensión temporal de la permanencia de gametos podría explicarse como una consecuencia del comportamiento de la temperatura, aunque Giese y Pearse (1974) sugieren que los factores que operan específicamente sobre la estacionalidad reproductiva o que estimulan el desove se desconocen. *I. fuscus* presenta al menos dos patrones de reproducción asociados a su distribución latitudinal, aparentemente regulados por la temperatura, en dos localidades a distintas latitudes, ubicadas en distintas provincias biogeográficas (Figura 35). La extensión del ciclo reproductivo de *I. fuscus* en la región de Chamela (19° N) con respecto al observado en La Paz (24° N), concuerda con lo enunciado por Hopper *et al.* (1998) quienes sugieren que al incrementarse la latitud se reduce el período de reproducción.

A este respecto, resulta interesante citar a Harriott (1985), quien hace hincapié en el inconveniente de extrapolar geográficamente resultados de estudios reproductivos a partir de un sitio en particular, debido a la asincronía que se observa, en su caso particular en *H. atra* entre localidades de la isla Heron, Australia. Esta observación reitera la necesidad de particularizar los criterios de manejo necesarios para cada región, especialmente si se trata de especies de amplia distribución que rebasan fronteras biogeográficas. En bahía La Paz, el ciclo reproductivo tiene una relación directa con la temperatura del mar, ya que los valores máximos de temperatura coinciden con los mayores valores del IGS en verano reportados por Herrero-Pérezrul (1999), equivalentes a madurez. La oscilación térmica anual en esa región es de 10° a 11° C,

mientras que la oscilación térmica en Jalisco es solamente de 7° a 8° C (Figura 32).

Es importante señalar que aunque en La Paz se registran en algunos meses valores extremos y promedio de temperatura mayores que en Chamela, esta alta temperatura no persiste como sucede en Chamela, en donde las altas temperaturas se prolongan durante varios meses del año y el promedio general es ligeramente mayor (Tabla 20). Además, en La Paz las temperaturas mínimas son menores que en Chamela. De esta manera, la estacionalidad en La Paz es más notoria mientras que en Chamela el régimen térmico es más estable a lo largo del año. Otras consideraciones importantes incluyen las de algunos autores, como Cameron y Fankboner (1985), quienes postulan que el incremento de la duración e intensidad de la luz ambiental y el consecuente incremento de la biomasa de fitoplancton, son posibles inductores de desove. Giese y Pearse (1974) señalan que la temperatura es indudablemente significativa en el desarrollo larval temprano y en el ciclo reproductivo, pero no necesariamente en el desove.

De acuerdo con la distribución geográfica de *Isostichopus fuscus* (Maluf, 1988) y los límites de provincias biogeográficas propuestos por Cox y More (1993), la distribución biogeográfica de la especie corresponde a la provincia Tropical de la costa americana, con una marcada frontera en su distribución en el Ecuador geográfico, en coincidencia también con la frontera de la provincia Cálido-Templada del Hemisferio Sur. La especie no traspasa esta región, pero sí rebasa la frontera de la provincia biogeográfica Tropical hacia la Cálido-Templada del hemisferio norte, situada en la boca del Golfo de California. Este relicto distribucional de *I. fuscus* constituye una atipicidad biogeográfica de la especie. Sin embargo, basados en datos de densidad y capturas en las fronteras norte (28° N) y sur (0°) de su distribución, la especie es considerablemente más abundante en estas dos regiones, respecto a Jalisco (19° N), en donde podría suponerse una mayor abundancia por las temperaturas cálidas. Igualmente en Oaxaca se observaron grandes

abundancias de la especie (Sierra-Rodríguez, 1994), como se menciona anteriormente.

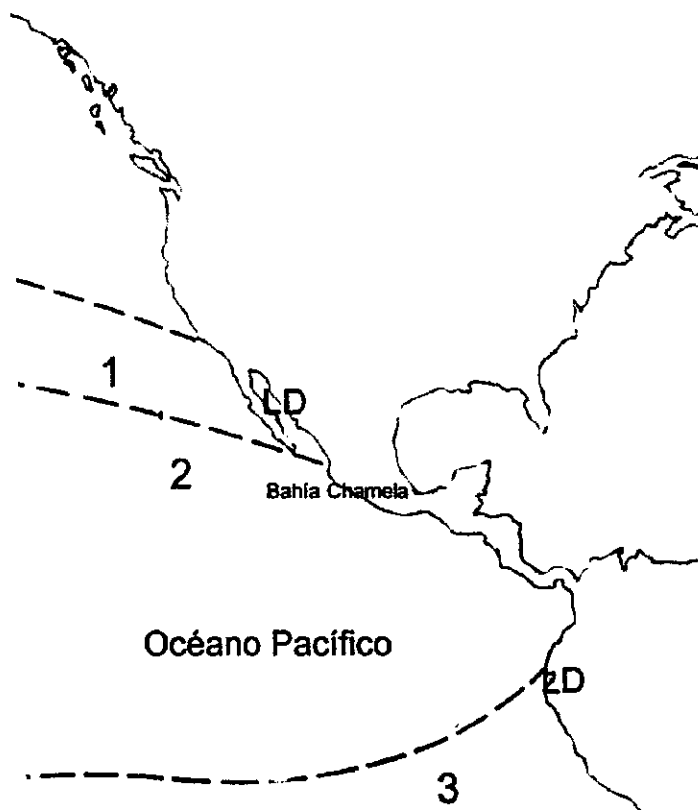


Figura 35. La distribución geográfica de *Isostichopus fuscus* corresponde a la totalidad de la porción de la costa americana incluida dentro de la provincia Tropical (2). La porción de la población que habita parte de la provincia Cálido-Templada del Hemisferio Norte (1) se encuentra únicamente en la porción de dicha provincia dentro del Golfo de California. LD = límite distribucional (Imagen tomada de Cox, 1993).

En las islas Galápagos, en donde la temperatura del mar es menos extrema, con una oscilación anual de sólo cinco grados centígrados, Martínez *et al.* (1996) reportan los picos reproductivos de *I. fuscus* de noviembre a marzo, meses que constituyen los de mayor temperatura oceánica en dicha región. Al igual que en la bahía de La Paz y en Chamela, en Ecuador el pico del IGS coincide con la mayor temperatura oceánica.

La proporción sexual de *I. fuscus* en Chamela fue de 1:1, Herrero-Pérezrul (1999) reporta esta misma proporción sexual para la especie en el Golfo de California. Conand (1993) encontró para *Stichopus variegatus* una proporción sexual similar y cierto dimorfismo sexual a nivel macroscópico en la madurez, consistente en diferencias de tamaños de los individuos, misma que no ha sido observada en *I. fuscus*.

En Bahía Chamela se observó una incidencia de hermafroditismo de 0.6% (1 en 165), aunque se observó un segundo corte histológico con presencia de gónadas de ambos sexos, que resultó ser contaminación, por lo que se descartó. En Bahía La Paz se reportó hermafroditismo para *I. fuscus* con incidencia de 1.2 % (2 en 173) (Herrero-Pérezrul *et al.*, 1998). El hermafroditismo ocurre en diversos holoturoideos en alrededor de un 1 % en diversas especies (Tabla 21).

Tabla 21. Características generales de holoturoideos con hermafroditismo (Tomado y modificado de Herrero-Pérezrul, 1998). P =profundidad de colecta (m), SC = sitio de colecta, T = talla, ER = época reproductiva, H = incidencia de hermafroditismo, % = porcentaje de hermafroditos según la incidencia, \* = ciclo extendido en menor grado.

Especie	P	SC	T	ER	H	%
1. <i>Holothuria atra</i>	-	23° 17'S, 151° 55'E	180	May - jun Dic - ene	2 de 155	1.3
2. <i>Peniagone azorica</i>	2,264	57°08'N, 10°22'O	58	No definido	1 de 113	0.9
3. <i>P. diaphana</i>	4,000	49°46'N, 14°01'O	-	No definido	1 de 30	
4. <i>Cherbonniera utriculus</i>	4,050	54°40'N, 12° 16'O	7	No definido	1 de 429	0.2
5. <i>Isostichopus fuscus</i>	1-3	24° 30'N, 110° 24'N	290	Jun-sep	2 de 173	1.2
6. <i>I. fuscus</i>	1-26	19° 30'N, 103° 50'O	220	Jun-sep*	1 de 165	0.6

## **PESQUERÍA Y COMERCIALIZACIÓN**

### **Actividad pesquera**

La captura de pepino de mar no encierra gran complejidad técnica, ya que el equipo utilizado es el mismo que para capturar pulpo, langosta y otros moluscos. De hecho, cuando colapsó la pesquería de pepino de mar en la región de Chamela, los pescadores continuaron con la capturas tradicionales. El amplio margen de ganancia por captura de pepino de mar en la región así como la factibilidad técnica de la actividad, propició un auge que condujo a la rápida reducción de su población.

Los pepinos de mar carecen de depredadores en su fase adulta, por ello no presentan hábitos ni habilidades de huida propias de especies situadas en niveles tróficos bajos. Esto ayuda a que la captura sea sumamente sencilla si se compara con la de pulpo y langosta, que poseen la capacidad de desplazarse rápidamente. Los pepinos de mar poseen holoturinas, que son compuestos químicos tóxicos similares a las saponinas, situadas en su pared corporal y que les sirven de defensa contra posibles depredadores.

La facilidad de su captura propició en la región de Chamela que la pesca fuera casi de exterminio en grandes zonas, llevando a la población original a una rápida reducción en pocos años. En este estudio se enfatiza la baja densidad de este pepino de mar en la región de Chamela, lo cual resulta más notorio si se compara con las densidades y capturas reportadas en otras localidades de México y Ecuador. En Baja California se observó un esquema de captura similar, con fuertes oscilaciones anuales tendientes a la disminución del recurso, tras un auge transitorio a raíz de la sobreexplotación (Fig. 36).



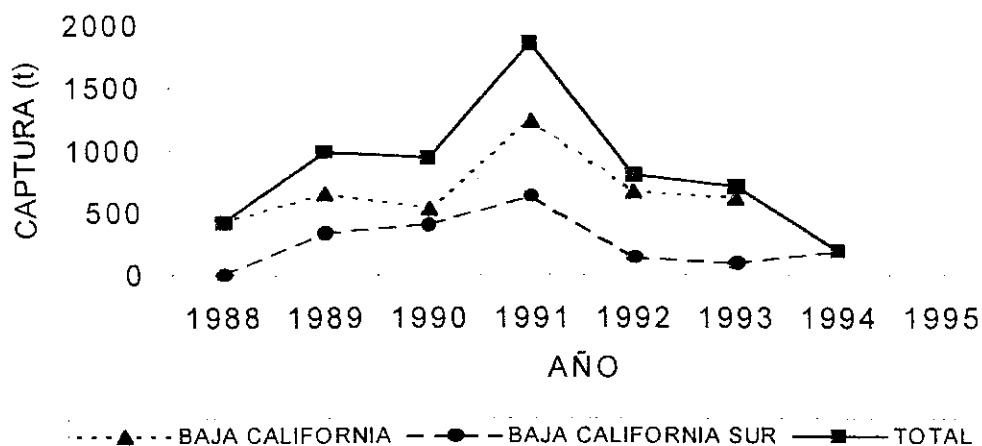


Figura 36. Captura de pepino de mar *I. fuscus*, total y por litoral en Baja California Sur (Anónimo, 2000b).

### Capturas comerciales

La fecha de expedición de algunos permisos de pesca, su vigencia, así como los reportes de captura de *I. fuscus* durante 1994-96, corresponden cronológicamente con la inclusión de la especie en la Norma Oficial Mexicana como especie en Peligro de Extinción en mayo de 1994 (NOM-059-ECOL, 1994), lo cual indica el desconocimiento de la especie que desencadenó su deficiente manejo. La vigencia de algunos permisos coinciden con la temporada reproductiva, ya que el 57% de las licencias de pesca expedidas en Jalisco coinciden con la temporada de gametogénesis, madurez y desove de la especie (Fig. 28). Esta situación acentuó el decremento poblacional y aceleró la disminución poblacional, al impedir reiteradamente a los organismos su reproducción.

A manera de ejemplo se exponen datos relacionados con la captura y comercialización de *I. fuscus* en Baja California, por Fajardo-León y Vélez-Barajas (1996), quienes exponen la situación de la especie en cuanto a permisos de captura otorgados en Baja California desde 1989 hasta 1994 (Tabla 22) y su valor comercial (Tabla 23).

Tabla 22. Permisos otorgados, equipos asignados y pescadores involucrados en la pesquería de *I. fuscus* en Baja California Sur (Fajardo-León y Vélez, 1996) (tomado de Anónimo 2000b).

Año	Permisos	Equipos	Pescadores
1989	15	47	nd
1990	15	46	nd
1991	15	46	105
1992	15	48	90
1993	46	61	276
1994	25	39	150

Tabla 23. Valor neto estimado con las cifras de producción de *I. fuscus* seco reportadas por Fajardo-León y Vélez-Barajas (1996) (Anónimo 2000b).

Año	Producción (toneladas)	Precio (USD)	Ganancias (USD)	Costo Total (USD)	Utilidades (USD)	Valor presente (USD)
1989	20	11.000	220.000	370	219.630	517.875
1990	24	12.000	288.000	477	287.523	616.331
1991	37	16.000	592.000	574	591.426	1.152.522
1992	8	25.000	200.000	610	199.390	353.231
1993	6	25.000	150.000	626	149.374	240.569
			Valor neto	Presente =	2,880,528	USD

En Ecuador existe un plan de manejo similar vigente al 2003, que regula la captura comercial de *I. fuscus* mediante el cual se ha logrado controlar su captura, así como monitorear los detalles de la actividad en cuanto a capturas (Tablas 24 y 25). Este antecedente ilustra un modelo de manejo vigente y fue implementado tras una compleja problemática que involucró a sectores sociales, científicos y gubernamentales de ese país y a la opinión pública internacional (Jenkins y Mulliken, 1999).

Tabla 24. Comparación de las capturas por temporada de pesca y región (Ecuador) (Anónimo, 2003). Ind. = Individuos, Ø = No se desarrolló la pesca en estos años.

Región	1999		2000		2001		2002	
	Captura individuos	% Ind.	Captura Individuos	% Ind.	Captura Individuos	% Ind.	Captura Individuos	% Ind.
Isabela Oeste	1'641 360	37.3	2'615 495	52.9	1'735 181	64.9	5'395 804	65.0
Fernandina	169 877	3.9	Ø	Ø	624 105	23.4	758 775	9.1
Santa Cruz	477 060	10.8	717 600	14.5	86 931	3.3	Ø	Ø
Isabela Sur	98 724	2.2	117 206	2.4	73 419	2.7	279 913	3.4
San Cristóbal	1'163 104	26.4	621 405	12.6	52 697	2.0	Ø	Ø
Isabela Norte y Este	282 883	6.4	378 418	7.6	52 689	2.0		
Floreana	78 980	1.8	239 843	4.8	47 324	1.8	1'551 529	18.7
Española	489 669	11.1	256 980	5.2	Ø	Ø	235 652	2.8
TOTAL	4'401 657	100.0	4'946 947	100.0	2'672 345	100.0	8'301449	100.0

Tabla 25. Total Desembarcado en número de pepinos en Galápagos (Anónimo, 2003).

Estado	Puerto Ayora	Puerto Villamil	Puerto Baquerizo Moreno	Total
Fresco	32.258	56.153	28.357	116.768
Cocido salmuera	1'250.553	193.816	1'532.632	2'977.00
Semi-seco	3.495	58.971	0	62.466
Total	1'286.306	308.940	1'560.989	3'156.23

5

A partir de la información generada y recabada en este estudio, será posible contribuir con elementos útiles en la toma de decisiones en cuanto a manejo de este recurso, en caso de una posible reapertura de su pesquería en Jalisco, ya que, como se menciona antes, los criterios de manejo deben ser particulares para cada región.

### **Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)**

Cuando inició este estudio, ya había cesado la pesquería de pepino de mar, por lo cual la CPUE se infirió a partir de testimonios de pescadores, así como de usuarios involucrados en la actividad, como lo son los permisionarios y los compradores. Ante la escasez de información completa de las capturas por parte de las autoridades, los testimonios de pescadores y comercializadores resultaron una fuente importante de información, a partir de la cual se logró una aproximación en cuanto a conocer la densidad de la especie antes de la explotación. Para estas personas la noción de esfuerzo es el resultado de la experiencia que durante algún tiempo resultó ser una actividad cotidiana.

Se observó consistencia entre la versión de pescadores y compradores en cuanto a que el rendimiento declinó entre 1992 y 1995. El rendimiento por esfuerzo que expresaron indica que en 1998-99 se capturaba aproximadamente el 11% respecto a 1990 y 1991, cuando iniciaba aun la actividad. Estas versiones sugieren la disminución de la población en la región durante los años de captura comercial. En 1999, un pescador intentó capturar pepino, resultando poco redituable, por lo que desistió (Tabla 11) y de esta manera concluyó esta actividad en Jalisco.

El incremento de la captura observado en los reportes oficiales en Jalisco (Fig. 30) puede deberse a la generalización de la actividad conforme aumentó la

demanda y se difundió la actividad en la costa de Jalisco; además, como se mencionó antes, la pesca del pepino de mar es técnicamente sencilla, por lo que resultó ser una actividad atractiva que podía alternarse con la pesca tradicional de organismos asociados al bentos. De esta manera, conforme pasó el tiempo desde el inicio de la pesquería, aumentó gradualmente el número de permisionarios y de buzos dedicados a esta actividad.

Podría suponerse que el cese de la pesquería en la región favorecería la recuperación de la especie en cuanto a su abundancia, pero hasta 2001 no hubo indicios de tal recuperación. La pesca cesó porque se agotó la especie como recurso. La limitación a la pesca de pepino de mar en ciertas regiones debió imponerse tanto por su escasez y situación en la Norma Oficial Mexicana durante 1994-2000 como especie de peligro de extinción haya o no carecido de fundamento tal decreto, así como por el desconocimiento de criterios de manejo y no por su agotamiento como recurso.

En Baja California también disminuyó la captura reportada de 1230 t en 1991 a 467 t en 1994, aunque de acuerdo con Gutiérrez-García (1995) (Fig. 34, Tabla 21), la información debe "interpretarse con cautela, ya que los últimos registros podrían referirse a producto seco". Si se trata de peso seco, entonces las 467 t reportadas en 1994, representan unas 5000 t de peso fresco, volumen cuatro veces mayor que el reportado en 1991. Esta cifra equivaldría a una cifra de 12 a 14 millones de individuos, cuota de captura alguna vez reportada en una sola temporada en Galápagos, Ecuador, en donde, como se mencionó antes, la abundancia es considerablemente mayor. Pero estos volúmenes no se han registrado en México, por lo que puede suponerse que sí se trató de peso fresco y no seco y es posible corregir los datos de captura mediante la consulta de reportes y bitácoras de exportación de los permisionarios.

A pesar de que las pesquerías de otras especies de pepino de mar son antiguas en el mundo, antes de 1989 el sector pesquero en Jalisco desconocía el potencial económico del recurso, lo que propició desde su inicio un régimen de explotación precipitado y poco eficiente en términos de manejo, así como

beneficios poco equitativos para los pescadores ribereños, debido a la falta de información.

La sobreexplotación de *I. fuscus* como recurso no es un caso aislado. Otras especies de pepino de mar como *Holothuria scabra* del Indo-Pacífico también se han reportado sobreexplotadas (Morgan, 2000). En Jalisco, los pescadores que extraían pepino de mar estimaron que sólo existe entre el 10 y 20% de la abundancia original debido a la pesca excesiva y eso propició la pérdida de interés por el recurso. Si consideramos que la especie se extraía sin control adecuado, entonces, de alguna manera el cese de la actividad pesquera probablemente podría favorecer su recuperación.

La escasez de estudios anteriores de densidad de *I. fuscus* dificultó estimar la variación poblacional antes de la explotación. De haber existido información acerca de la abundancia original, podía haberse estimado más precisamente la CPUE, complementándola con entrevistas y datos de capturas. Aún así, resultaron de utilidad algunas evaluaciones realizadas por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Manzanillo, Colima. En distintas localidades de Jalisco y de Colima, el CRIP estimó valores de densidad en promedio 17.8 veces mayores que los estimados en este estudio y en junio de 1994 en Yelapa se reportaron valores de densidad 180 veces mayores respecto a este estudio, equivalente a 15 000 organismos por hectárea. Aunque estos valores son factibles, no son comunes en Jalisco; de hecho se observó una densidad aún mayor en otras localidades.

Los valores de densidad registrados por el CRIP en distintas localidades entre Melaque y Punta Pérula de 50 ind./ha en 1991 y de 62 ind./ha en 1992, son en general menores que los registrados en este estudio y no concuerdan con los argumentos de los usuarios del producto, en cuanto a la alta densidad que estimaron existía una década atrás. Es factible subestimar el testimonio de los pescadores, bajo el argumento de que exageran información referente a capturas. Aún así, la coincidencia entre distintos pescadores de distintas localidades, así como de compradores, mostró congruencia en cuanto a un mayor rendimiento de captura al inicio de la explotación.

La inclusión de *I. fuscus* en la NOM como especie en peligro de extinción quizás fue una medida poco meditada, pero benéfica para su recuperación en algunas áreas con poco control en su pesquería. La especie no fue o no quiso reconocerse, puesto que siempre fue relegada en las estadísticas a categoría de especies varias, o simplemente como “pepino de mar”, de los cuales existen varias especies. La incongruencia entre evaluaciones de densidad y captura oficiales, recalca porqué las evaluaciones en algunos casos deben considerarse con reservas y ser en cambio, únicamente un elemento de referencia. Los datos de captura reportados por permisionarios a las dependencias oficiales en turno son poco confiables como indicadores de abundancia o de CPUE, ya que no se especifican detalles en cuanto a número de buzos realmente dedicados a la actividad.

En ocasiones los buzos se dedicaban a la captura exclusiva de pepino, si era rentable, pero también combinaban su pesca con la de otras especies. La pesquería de pepino de mar muchas veces fue ocasional, sin épocas definidas. No existió un número constante de embarcaciones así como de buzos dedicados a esa pesquería, variable por la demanda y por el precio del producto. El pepino de mar a nivel de playa en Jalisco se negociaba por unidad, lo que hace menos confiables los reportes oficiales, expresados en volumen. Para controlar la pesquería de esta especie pueden usarse formatos especiales de captura para los pescadores y permisionarios, con datos como número de unidades capturadas y su peso, con la especificación de si se trata de peso fresco total, peso eviscerado, peso cocido o peso seco.

En un intento por exponer una semblanza de la situación pesquera de *I. fuscus* en Jalisco durante su explotación, se recopiló la información de capturas existente, de tal manera que fuera lo más completa posible; sin embargo, esta actividad en algunos casos estuvo poco vigilada y los reportes de captura que existen reflejan sólo una baja proporción de lo que ocurrió tras 10 años de explotación. A continuación se expone una resolución referente a las condiciones impuestas por el gobierno ecuatoriano para el manejo de *I. fuscus* en Ecuador, con la finalidad de extender nuestra comprensión más allá de

fronteras geopolíticas, hacia donde la especie *I. fuscus* también existe, se explota y ahora es protegida, al igual que en México.

*Que la Autoridad Interinstitucional de Manejo de acuerdo a la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos en su artículo 14 literal f) y g) y de acuerdo a la Resolución No. 003-2002 del 25 de febrero de 2002, acordó un calendario de pesca para el periodo 2002-2006, donde resolvió autorizar la pesca de pepino de mar, previo determinadas condiciones. Luego según Resolución N° 001-2003 del 24 de Marzo de 2003, donde resolvió abrir la temporada de pesca de pepino de mar y se fijó una cuota de 4'700.000 de pepinos a ser pescados en el periodo comprendido del 20 de Abril al 18 de Junio del 2003 o lo que se cumpla primero (Hoyos, 2003).*

De esta manera, en Ecuador se fija y vigila la extracción de una cuota preestablecida para un periodo de tiempo definido de acuerdo con el ciclo reproductivo de la especie, posterior al desove (Tabla 20). Cabe señalar nuevamente que las altas abundancias de *I. fuscus* en Ecuador han posibilitado la permanencia de la actividad; también las circunstancias por las que se establecieron favorecieron y definieron el manejo. En los reportes de ese país se exponen tanto volúmenes de captura como decomisos y otros pormenores de la actividad. Se considera también la época de captura fuera de la época de reproducción, logrando de esta manera un manejo planificado y responsable de esta especie, redundando en una pesquería sustentable y que ya se vuelve tradicional.

En México la pesquería de este recurso estuvo generalizada un breve tiempo, pero fue abandonada y olvidada en algunas regiones y por quienes se beneficiaron de ella, por lo que debe establecerse un compromiso con este casi agotado recurso en Jalisco, a manera programas de repoblamiento, para retribuir los beneficios obtenidos y asegurar su presencia en el futuro en nuestro litoral.

## CONCLUSIONES

1. La densidad de *Isostichopus fuscus* se asemeja a la de poblaciones de otras especies explotadas de holoturoideos.
2. La densidad actual de la especie es del 10 % respecto a la existente antes de la explotación en Jalisco.
3. La densidad de *I. fuscus*, tanto original como posterior a la explotación, puede considerarse baja si se compara con la densidad existente en otras localidades de México y de Galápagos, Ecuador.
4. El hábitat exclusivamente rocoso ocupado por la especie en Bahía Chamela, es preferido por su disponibilidad, puesto que en otras localidades de México y en otras regiones geográficas, se reportan otros tipos de fondos marinos que en esta región no existen, como lo son los lodos, o existen en cantidades mínimas, como el coral.
5. La arena como hábitat de *I. fuscus*, ocurre esporádicamente en el área de estudio, durante ocasionales recorridos alimenticios, pues aunque este tipo de fondo abunda en la región de Chamela, no se observaron organismos ahí, sólo cuando se alimentaba.
6. Las estructura de tallas de *I. fuscus* en Chamela es típica de la especie de otras regiones, aunque debido a la extensión de la época reproductiva, se observa reclutamiento durante la mayor parte del año.
7. La diferencia estacional de peso y talla de la especie entre las temporadas cálida y fría del mar en la región, se debe en parte al reclutamiento.
8. La diferencia estacional de peso y talla puede deberse también a un posible cambio de hábitat, ya sea debido a migración o a un posible hábito críptico alternado entre tallas.
9. La especie presenta crecimiento alométrico en esta región, acentuado por la variabilidad de las tallas individuales, que a su vez es afectado por la técnica de medición empleada.



10. La técnica de medición de longitud ideal es la medición *in situ*, es decir, bajo el agua en su propio hábitat; esta técnica fue empleada por Reyes-Bonilla (1997) y por Herrero-Pérezrul *et al.* (1999).
11. La talla máxima observada en el área de estudio es de 36 cm, menor a la de 40 cm observada para la parte sur del Golfo de California.
12. La técnica de pesado ideal para reducir la variabilidad del peso individual es el peso drenado tras el sacrificio o el desplazamiento de agua a partir de un volumen conocido inmediatamente después de que el organismo se ha extraído del agua, no pesado, pues en la embarcación la medida del peso resulta imprecisa por el movimiento del oleaje.
13. El crecimiento de la especie ocurre a una tasa de aproximadamente 1 cm por mes en el primer año de vida, reduciéndose a unos 0.7 cm por mes en el segundo año de vida.
14. La longevidad de la especie puede extenderse de siete a nueve años.
15. El IGS indica un pico reproductivo de la especie entre junio y septiembre, lo que indica que estos meses corresponden a la época en que la especie se reproduce.
16. El análisis histológico indica una extensión temporal de menor grado de la reproducción, debido aparentemente a la menor variabilidad de la temperatura del mar en esta región.
17. La baja incidencia de fertilización en *I. fuscus* en Bahía Chamela se debe a la baja densidad poblacional, a raíz de la explotación durante una década; a su vez, la baja densidad es consecuencia en parte de la baja fertilización.
18. Esta baja incidencia de fertilización redundó en la aparentemente pobre recuperación poblacional observada desde 1998 en que dejó de capturarse a la especie como recurso, hasta 2001 en que concluyeron los muestreos del presente estudio.
19. La incidencia de hermafroditismo en la especie es rara en esta región.

20. El régimen de pesca aplicado sobre la especie durante la vigencia de la captura resultó inadecuado por la falta de vigilancia y por el desconocimiento de la biología de la especie.
21. *I. fuscus* no soporta actualmente la pesquería en términos de conservación como de explotación; por existir valores bajos de densidad y porque no se observa una recuperación de la población, al grado de ser incosteable la extracción.
22. La pesca de la especie como recurso fue indiscriminada, ya que no se consideró una época de veda, pues se desconocía su biología, al menos en Jalisco.
23. No es posible extrapolar los conocimientos de la especie entre regiones, debido a las diferencias ambientales propias de cada región geográfica y su significado biológico.
24. Se desconoce con precisión la densidad natural de la especie en la región, es decir, antes de la explotación; sin embargo, las estimaciones presentadas presentan indicios en cuanto a que la disminución poblacional expuesta es real.

## RECOMENDACIONES

1. Ante una posible utilización comercial de la especie en Jalisco, se recomienda considerar una época de veda durante el periodo del 15 abril al 15 de febrero, cuando se presentan los valores mínimos del índice gonadosomático, lo cual indica que la actividad reproductora es mínima.
2. Se recomienda capturar individuos de 380 g de peso total, o mayores, pero no se sugiere talla (en longitud) mínima de captura, dada su enorme variabilidad.
3. Es necesario observar el crecimiento de la especie en medios controlados, sean naturales o artificiales, con la finalidad de corroborar y en caso necesario, corregir estimaciones de crecimiento obtenidas por métodos indirectos.
4. Debe también vigilarse la actividad en el sentido de regular los precios, de manera que los habitantes de la región se vean mejor beneficiados tras la actividad de la pesca.
5. Es necesario repoblar de *I. fuscus* la región, debido a la baja capacidad de recuperación de la especie debida a la sobreexplotación.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, F., X. Chalén, F. Castro, J. Sonnenholzner y M. Herrera. 1993. Evaluación del Recurso Pepino de Mar, Holothuroidea, al este de la Isla Fernandina en la Provincia de Galápagos. Inst. Nac. de la Pesca. Guayaquil. 43 pp.
- Anónimo. 1981a. Carta Topográfica E 13 - 2-5, escala 1:250,000. Dirección General de Geografía del Territorio (S. P. P.).
- Anónimo. 1981b. Carta de Clima. Dirección General de Geografía del Territorio (S. P. P.).
- Anónimo. 1994. Norma Oficial Mexicana (NOM)-059-ECOL. *Diario Oficial de la Federación*. Mayo 16. México.
- Anónimo. 1996. General Oceanics digital flowmeter mechanical and electronic operators manual. General Oceanics Inc. 18 p.
- Anónimo. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL. *Diario Oficial de la Federación*. SEMARNAP. México.
- Anónimo. 2000b. La pesquería del Pepino de Mar *Isostichopus fuscus*. Sustentabilidad y Pesca responsable en México. Evaluación y Manejo. Instituto Nacional de la Pesca. Semarnap. 327-351.
- Anónimo. 2002. Informe de la pesquería del pepino de mar 2002. Cuarta temporada. *Equipo de Investigación y Monitoreo Biológico-Pesquero*. Parque Nacional Galápagos – Estación Científica Charles Darwin. Ecuador. 38 p.
- Anónimo. 2003.
- Anónimo. 2003. Segundo Informe de la pesquería del pepino de mar 2003. Acumulado. *Equipo de Investigación y Monitoreo Biológico-Pesquero*. Parque Nacional Galápagos – Estación Científica Charles Darwin. Ecuador. 6 p.
- Bakus, G. J. 1973. The biology and ecology of tropical holothurians. En O. A. Jones y R. Endean (eds.). New York, Academy Press. 325-367.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt. 1956. A review of methods for estimating

- mortality rates in fish populations, with special references to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 140: 67-83.
- Brumbaugh, J. H. 1980. Holothuroidea: the sea cucumbers, en: Intertidal invertebrates of California. Stanford. *Stanford University Press.* 134-145.
- Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 1990. Invertebrates. Cap. 22: Phylum Echinodermata. Sinauer Asoc. Inc. Publ. Mass. 801-839.
- Buitrón-Sánchez, B. E. y F. A. Solís-Marín. 1993. La biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. Vol. Esp. (XLIV) *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 209-231 pp.
- Cameron, J. L. y P. V. Fankboner. 1985. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). I. Reproductive periodicity and spawning behavior. *Can. J. Zool.* 64: 168-175.
- Cameron, J. L. y P. V. Fankboner. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). II. Observations on the ecology of development, recruitment, and the juvenile life stage. *J. Exp. Mar. Ecol.* 127: 43-67.
- Camhi, M. 1995. Industrial fisheries threaten ecological integrity of the Galápagos Islands. *Cons. Biol.* 9(4): 715-724.
- Caso, M. E. 1966. Contribución al estudio de los holoturoideos de México. Morfología interna y ecología de *Stichopus fuscus* Ludwig. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. Mex.* 37 (1-2): 175-182.
- Caso, M. E. 1968. Contribución al estudio de los holoturoideos de México. Ecología y morfología de *Holothuria glaberrima* Selenka. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. Mex.* 39 Ser: Cienc. del Mar y Limnol. (1): 21-30.
- Chao S. M., C. P. Chien y P. S. Alexander. 1994. Reproduction and growth of *Holothurian atra* (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Mar. Biol.* 119: 565-570.
- Conand, C. 1982. Reproductive cycle and biometric relations in a population of

- Actinopyga echinites* (Echinodermata: Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, western tropical Pacific. International Echinoderms Conference, Tampa Bay, J.M. Lawrence, ed. Balkema, Rotterdam. 437-442.
- Conand, C. 1988. Comparison between estimations of growth and mortality of two stichopodid holothurians: *Thelenota ananas* and *Stichopus chloronotus* (Echinodermata: Holothuroidea). In: Choat JH et. al. (eds.) Proc. 6<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp. Vol. 2. Symposium Executive Committee, Townsville. 661-665.
- Conand, C. 1989. Les holothuries aspidochirotés du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation. Etudes et thèses ORSTOM, Paris. 393 p.
- Conand, C. 1989. Holothurian exploitation in the tropical Indo-Pacific region: an assessment of their spatial and temporal variability. Research and Small Scale Fisheries. Intern. Symp. ORSTOM-IFREMER, Montpellier, France. 2: 609-620.
- Conand, C. 1990. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. FAO Fish. Tech. Paper. Part 2 Holothurians. FAO Fish. Tech. Paper 272.2. Roma. 143 pp.
- Conand, C. 1993. Ecology and reproductive biology of *Stichopus Variegatus* an Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). *Bull. Mar. Sci.* 52 (3): 970-981.
- Conand, C. & M. Byrne. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Mar. Fish. Rev.* 55 (4): 1-13.
- Conand, C. 1996. Over exploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. Oral contribution. 9th Intern. *Echinod. Confer.* San Francisco, U.S.A. Calif. Acad. Sci., San Francisco. p. 43.
- Costelloe, J. 1985. The annual reproductive cycle of the holothurian *Aslia lefevrei* (Dendrochirotida : Echinodermata). *Mar. Biol.* 88: 155-165.
- Cox, C. B. y P. D. Moore. 1993. Biogeography. An ecological and evolutionary approach. Blackwell Sci. Pub. 5ta. Ed. Oxford.

- Day R.W., Quinn G.P. 1989. Comparisons of treatments after and analysis of variance in ecology. *Ecol. Monogr.* 59: 433-463.
- Deichmann, E. 1937. The Templeton Crocker Expedition. IX. Holothurians from the Gulf of California, the West coast of Lower California and Clarion Island. *Zoologica.* 22 (2): 161-176.
- Deichmann, E. 1938. New holothurians from the western coast of North America and some remarks on the genus *Caudina*. *Proc. N. Engl. Zool. Club.* 16: 103-115.
- Deichmann, E. 1958. The Holothuroidea collected by the Velero III and IV during the years 1932 y 1954. Part II: Aspidochirota. Allan Hancock Pacific Expeditions. The University of Southern California Press. Los Angeles, California. 11 (2): 350 pp.
- Ebert, T.A. 1978. Growth and size of the tropical sea cucumber *Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, at Eniwetok Atoll, Marshall Islands. *Pacific Sci.* 32:183-191.
- Engstrom A.N. 1980. Reproductive cycles of *Halodeima floridana*, *Holothuria mexicana* and their hybrids (Echinodermata: Holothuroidea). In southern Florida, USA. *Int. J. Invert. Reprod.* 2: 237-244.
- Erikson, D.; Joseph, H.; Grossman, G. 1985. The relative gonadal index: an alternative index for quantification of reproductive condition. *Comp. Biochem. Physiol.* 81 (1): 117-120.
- Fajardo L., M. del C., E. Michel G., J. Singh C., J. A. Vélez B. y J. A. Massó R. 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Santa Rosalía B. C. S., México. *Cienc. Pesq.* 11: 45-53.
- Fajardo- León, M. del C. y E. Michel G. 1996. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar *Isostichopus fuscus*, en Santa Rosalía, B. C. S., México. II Simposio sobre investigación en biología y oceanografía pesquera en México. La Paz, B. C. S., México.
- Fajardo- León, M. del C. y A. Vélez-Barajas. 1996. Pesquería del pepino de mar. En: Casas-Valdez, M. C. y Ponce-Díaz, G. (eds). Estudio del

- potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. 1. SEMARNAP-CICIMAR. La Paz, México. 151-165.
- Fao-UNDP. 1990. Brief introduction to mariculture of five selected species in China. FAO-UNDP, Bangkok. 36 pp.
- Feral, J. P. y C. Massin. 1982. Recruitment in echinoderms. Echinoderm Studies. M. Jangoux y J. M. Lawrence ed. A. A. Balkema. Rotterdam. 169-212.
- Ford, E. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 19: 305-384.
- Foster, G. G. and A. H. Hodgson. 1995. Annual reproductive cycles of three sympatric species of intertidal holothurians (Echinodermata) from the coast of the Eastern Cape Province of South Africa. *Invert. Reprod. Develop.* 27 (1): 49-59.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geogr. UNAM. México. 252 pp.
- Gayanilo, F.C., Jr., P. Sparre y D. Pauly. 1994. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) User's Guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) No. 6. Rome. FAO. 186 pp.
- Giese, C. A. y J. S. Pearse. 1974. Reproduction of marine invertebrates Vol. 1. *Acad. Press, New York.*
- Gil-López, H. A. y P. M. Medrano-González. 1992. Prospección de pepino de mar (Holoturoideos) en las costa de Guerrero. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nayarit. Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. 51 p.
- Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and Phylogeny.* Belknap Press, Cambridge. 256 pp.
- Grant, A. y P. A. Tyler. 1983. The analysis of data in studies of invertebrate reproduction. I. Introduction and statistical analysis of gonad indices and maturity indices. *Int. J. Invert. Rep. Devel.* 6: 271-283.
- Gulland, J. A. 1964. On the measurement of abundance of fish stocks. *Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 155.



- Gulland, J. A. 1983. Fish stock assessment. A manual of basic methods. John Wiley and Sons, New York.
- Gutiérrez-García, A. 1995. Feasibility of an on-growing system for culturing the sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the Sea of Cortez, Mexico. (Internal Document). Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling, Scotland. 28 p.
- Hamano M.T. y K. Hayashi. 1989. Population dynamics of *Stichopus japonicus* Selenka (Holothuroidea, Echinodermata) in a Interdital zone and on the adjacent subtidal bottom with artificial reefs for *Sargassum*. *Suisanzoshoku*. H-1: 179-186.
- Hamel, J. F., J. H. Himmelman y L. Dufresne. 1993. Gametogenesis and spawning of the sea cucumber *Psolus fabricii* (Duben and Korea). *Biol. Bull.* 184: 125-143.
- Hamel, J. F., J. H. Himmelman y L. Dufresne. 1993. Gametogenesis and spawning of the sea cucumber *Psolus fabricii* (Duben and Korea). *Biol. Bull.* 184: 125-143.
- Hamel, J. F., R. Ycaza-Hidalgo y A. Mercier. 2003. Larval development and juvenile growth of the Galápagos sea cucumber *Isostichopus fuscus*. *SPC Beche-de-Mer Info. Bull.* (18): 3-8.
- Harriot, V. J. 1985. Reproductive biology of three congeneric sea cucumber species, *Holothuria atra*, *H. impatiens* y *H. edulis*, at Heron Reef, Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 36: 51-57.
- Herrero-Pérezrul, M. D., 1990. Pepino de mar (Echinodermata : Holothuroidea) de "El Faro de Bucearías", Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad. Michoacana de San Nicolás 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. 88p.
- Herrero-Pérezrul, M. D., H. Reyes-Bonilla y F. García-Domínguez. 1998. Casual

- hermaphroditism in gonochoric *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) of the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 63 (3): 611-615.
- Herrero-Pérezrul, M. D., H. Reyes-Bonilla, F. García-Domínguez y C. E. Cintra-Buenrostro. 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, México. *Mar. Biol.* 135: 521-532.
- Hickman Jr., C. P. 1998. A field guide to sea stars and others echinoderms of Galápagos. Galápagos Marine Life Series. Sugar Spring Press. Lexington, Virginia. 83 pp.
- Hopper, D. R. C. L. Hunter y R. H. Richmond. 1998. Sexual reproduction of the tropical sea cucumber, *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata: Holothuroidea), in Guam. *Bull. Mar. Sci.* 63 (1): 1-9.
- Hoyos, M. 2003. Resolución No. 013-2003. Parque Nacional Galápagos. Ecuador. 9 p.
- Jenkins, M. y T. Mulliken. 1999. La evolución de la explotación en las Islas Galápagos: el comercio del pepino de mar de Ecuador. *Traffic Bulletin.* 17: 3: 28.
- Kerr, A. M., E. M. Stoffel y R. L. Yoon. 1993. Abundance distribution of holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) on a windward and leeward fringing coral reef, Guam, Mariana Islands. *Bull. Mar. Sci.* 32 (2): 180-191.
- Lane, D.J.W. 1999. A population survey of the rare stichopodid sea cucumber, *Thelenota rubralineata*, off northern Sulawesi, Indonesia. pp. 499-503. En: Candia Carnevali and Bonasoro (eds.). Echinoderm Research. Balkema Rotterdam.
- Lawrence, M. J. 1979. Numbers and Biomass of the Common Holoturoids on the windward reef flat at Enewetak atoll, Marshal islands. *Proc. Eur. Colloq. Echinod.* Bruselas: 201-204.
- Levinton, J. S. 2001. Marine Biology. Function, diversity, ecology. 2<sup>da</sup>. ed. Oxford Univ. Press. New York. 515 pp.

- Longhurst, A. R. and D. Pauly. 1987. Ecology of tropical oceans. Acad. Press, Inc. U.S.A. 407 pp.
- Maluf, L. Y. 1988. Composition and distribution of the central eastern Pacific Echinoderms. Department of Ecology & Evolutionary Biology. University of Arizona. 242 pp.
- Martinez, P. C., M. V. Toral y R. H. Bustamante. 1996. Population and reproductive biology of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the Galápagos Islands. Oral contribution. *9th Intern. Echinod. Confer. San Francisco*, U.S.A. Calif. Acad. Sci., San Francisco. p.: 88.
- McEuen, E. S. 1988. Spawning behaviors of northeast Pacific sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata). *Mar. Biol.* 98: 565-585.
- Mora Alvarez. B. X. 1996. Distribución y abundancia de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis Profesional. Univ. Michoacana San Nicolás Hidalgo. 45 p.
- Morgan, D. A. 2000a. Aspects of the reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea). *Bull. Mar. Sci.* 66 (1): 47-57.
- Mosher, C. 1982. Spawning behavior of the aspidochirote holothurian *Holothuria mexicana* Ludwig. In: Lawrence J.M. (ed) *Proc. Int. Echinod. Conf. Tampa Bay*. Balkema, Rotterdam. Pp. 467-468.
- Nepote-González. A. C. 1998. Holothurias (Echinodermata: Holothuroidea) de las Islas Marietas, Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer* 39 (3): 175-192.
- Pauly, D. And N. David, 1980. A basic program for the objective extraction of growth parameters from length frequency data. Draft. ICLARM, Philippines, 20 p.
- Pauly D. 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: a Manual for Use

with Programmable calculators. ICLARM. Manila, Philippines.

- Pauly D., V. Sambilay y S. Opitz. 1993. Estimates of relative food consumption by fish and invertebrate populations required for modeling the Bolinao reef ecosystem. Philippines. En: Christensen V, Pauly D (eds). Trophic models of aquatic ecosystems. *ICLARM Conf. Proc.* 26. ICLARM, Manila. 236-251.
- Pearse, J.S. 1968. Patterns of reproductive periodicity in four species of Indo-Pacific echinoderms. *Proc. Indian Acad. Sci. Sect. B.* 68:247-279.
- Pérez-Plascencia, G. 1995. Crecimiento y Reproducción del Pepino de Mar *Parastichopus parvimensis* en la bahía de Todos los Santos, Baja California, México. U. A. B. C. Instituto de Ciencias del Mar. 67 p.
- Powell, J. R. y J. P. Gibbs. 1995. A report from Galápagos. *News and Comment. Tree.* 10 (9): 351-354.
- Prager, M. H. 1987. Nolinear parameter estimation for fisheries (FISHPARM), version 2.1S. Elsevier Scientific Publ. Co., Bronxville, NY.
- Progrebov, V. B. y V. P. Kashenko. 1976. Bottom communities of hard substrata in Vostok Bay, Sea of Japan. En: Biological Research in Vostok Bay. Collected Papers of the Institute of Marine Biology. No.5. DVNTs. Akad. Nauk USSR. Vladivostok. P.: 63-82.
- Ramofafia, C.; S. C. Battaglione, J. D. Bell y M. Byrne. 2000. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria fuscogilva* in the Solomon Islands. *Mar. Biol.* 136. 1045-1056.
- Raven, P. H. y G. B. Johnson. 1986. Biology. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis, MO. 1198 pp.
- Reyes-Bonilla, H. 1997. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Proyecto H2176. Convenio CONABIO-UABC FB315/H216/96. 83 p.
- Reyes-Bonilla, H. y M. D. Herrero-Pérezrui. En prensa. Populations parameters of an exploited population of *Isostichopus fuscus* (Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 1387: 1-9.

- Ricker, W.E., 1948. Methods of estimating vital statistics of fish population. *Science Ser.* 15, Ind. Un. Publ., USA, 101p.
- Ricker, B.W., 1971. Methods for assessments of production in freshwaters. I. B. P. Handbook No.3 Oxford, 348p.
- Ricker, W. E. 1973. Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Board Can.* 30: 409-434.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191: 1-382.
- Ricker, W.E., 1977. The historical development. Chap. 1, 1-26p. In: Gulland, J. A. (Ed.), *Fish population dynamics*. John Wiley & Sons, London. 372p.
- Ricker, W. E. 1992. Back-Calculation of fish lengths based on proportionality between scale and length increments. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 49 (5): 1018-1026.
- Robles-Jarero, E. G. y J. R. Lara-Lara. 1993. Phytoplankton biomass and primary productivity by size classes in the Gulf of Tehuantepec, México. *J. Plankton. Res.* 15 (12): 1341-1358.
- Rodríguez-de-la-Cruz, M. C. 1988. Recursos pesqueros de las costas de México y sus pesquerías. Secretaria de Pesca. México. 255 pp.
- Ruppert, E. E. y R. D. Barnes. 1996. Zoología de los invertebrados. 6<sup>ta</sup>. ed. McGraw Hill Interamericana. México. 1114 pp.
- Safran, P., 1992. Theoretical Analysis of the Weight-Lengh relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.* 112: 545-551.
- Salgado-Castro, L. R. 1994. The fishery of the sea cucumbers *Isostichopus fuscus* and *Parastichopus parvimensis* in Baja California, Mexico. En: *Echinoderms trough time*. David, Guille y Feral eds. Rotterdam. p.: 50.
- Salgado-Castro, L. R. 1997. Review of recent developments in the Baja California, México *Isostichopus fuscus*, *Holothuria impatiens* and *Parastichopus parvimensis* fisheries. Oral contribution. *9th Intern. Echinod. Confer. San Francisco, U.S.A.* Calif. Acad. Sci., San Francisco. p. 40.
- Selin, N. L. y M. Zh. Cherniaev. 1994. Distribution, settlement structure, and

- growth of the sea cucumber *Stichopus japonicus* in Vostok Bay, Sea of Japan. *Russ. J. Mar. Biol.* 20 (1): 60-65.
- Sewell, M. A. y D. R. Levitan. 1992. Fertilization success during a natural spawning of the dendrochirote sea cucumber *Cucumaria miniata*. *Bull. Mar. Sci.* 51 (2): 161-166.
- Shelley, C. 1985. Growth of *Actynopyga echinites* and *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata) and their fishery potential (as Bêche-de-mer) in Papua, New Guinea. In: Gabrié C. et. Al. (eds.) *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Congr.* Vol. 5. Anntenne Museum – EPHE, Moorea, French Polynesia. 297-302.
- Sierra-Rodríguez, P. 1994. Análisis de la primera captura del pepino de mar *Stichopus fuscus* en las escolleras de Salina Cruz, Oaxaca. CRIP-Salina Cruz, Oaxaca. Instituto Nacional de la Pesca. 15 p.
- Singh-Cabanillas, J. y A. Vélez-Barajas. 1996. La pesquería del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en la costa oriental de Baja California Sur y propuestas de regulación. *Ciencia Pesquera.* 12: 13-18.
- Skarlato, O. A., y P. Zajtzev & L. A. Dushkina. 1989. Present status and prospects in mariculture. *Prod. Conserv. Mar. Fresh W.* 29: 61-70.
- Smirnov, A. V., A. V. Gebruk, S. V. Galkin y T. Shank. 2000. New species of holothurian (Echinodermata: Holothuroidea) from hydrothermal vent habits. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 80: 321-328.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. 3<sup>rd</sup> ed. W.H. Freeman and Company, New York.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO. Chile. 420 pp.
- Tanaka, Y. 1985. Seasonal change occurring in the gonad of *Stichopus japonicus*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 9: 29-36.
- Taylor, C. C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. Cons. Int. Explor.* 23: 366-370.
- Trefz, S. M. 1958. Ph. D. Dissertation. University of Hawaii.
- Tuwo, A. y C. Conand. 1992. Reproductive biology of the holothurian *Holothuria*

- forskali* (Echinodermata). *Mar. Biol. Ass. U. K.* 72: 745-758.
- Taylor, C. C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer* 27 (3): 270-286.
- Taylor, C. C. 1962. Growth equations with metabolic parameters. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer* 27(3): 270-286.
- Taylor, C. C., 1959. Temperature and growth. The Pacific razor clam. *Journal du Conseil*, 25 (1): 93-101.
- Taylor, C. C., 1960. Temperature, growth and mortality-The Pacific cockle. *Journal du Conseil*, 26 (1): 177-224.
- Taylor, C. C., 1962. Growth equations with metabolic parameters *Journal du Conseil*, 27 (3): 270-286.
- Van-Eys, S. 1986. The international market for sea cucumber. *Infofish. Mark. Dig.* (5): 41-44.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.* 90: 141-147.
- Wyrski, K. 1965. Corrientes superficiales del océano Pacífico oriental tropical. *Bol. Com. Interam. Atún Trop.* 9 (5): 269-306.
- Yagamuchi, M. 1973. Early life histories of coral-reef asteroids with special reference to *Acanthaster planci* (L). Pages 369-387 en O. A. Jones y R. Endean, eds. *Biology and geology of coral reefs*, 2, Vol. 11. Academic Press, New York.
- Zamudio R., S., F. Guevara F., J. A. Pérez de la R. y L. A. Pérez J. 1987. Guía de excursión a las costas del Pacífico en los estados de Jalisco y Nayarit. 141-174. En: *Guías de excursiones botánicas en México VIII. X Congreso Mexicano de Botánica*. Guadalajara, Jal. 174 pp.
- Zann, L. J. Brodie, C. Berryman y N. Naqasima. 1987. Recruitment, ecology, growth and behavior of juvenile *Acanthaster planci* (L.) (Echinodermata: Asteroidea). *Bull. Mar. Sci.* 41 (12): 561-575.
- Zhou, S. y T. C. Shirley. 1996. Habitat and depth distribution of the red sea cucumber *Parastichopus californicus* in a southeast Alaska Bay. *Alaska Fish. Res. Bull.* 3 (2): 123-131.

## **ANEXO**

### **ESTADIOS DE DESARROLLO**

#### **Indeterminado**

Gónadas sin evidencia de gametos y sexo indistinguible, por lo tanto machos y hembras similares. Abundante tejido conectivo en el lumen y entre los folículos colapsados. Común observar fagocitos de unos 3  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared gonadal gruesa y valores de IGS menores de 2%. Algunos especímenes sin gónadas probablemente se encuentran en estadio indeterminado.

#### **MACHOS**

##### **Espermatogénesis**

Pliegues longitudinales en pared gonadal que se extienden hacia el lumen. Proliferan espermatoцитos ovalados en la periferia folicular, teñidos notablemente de hematoxilina, menores a un  $\mu\text{m}$  de diámetro. Se observan algunos espermatozoides maduros en el lumen. Tejido conectivo delgado e incremento de talla folicular debido a la acumulación de esperma. Incremento del IGS.

##### **Madurez**

Folículos llenos con densas capas de espermatozoides maduros de cabeza redondeada de alrededor de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared gonadal delgada y distendida. Presente una capa delgada de espermatoцитos en la periferia. Algunas células esféricas. Máximos valores de IGS.

##### **Desove**

Lumen con espacios vacíos por la liberación de espermatozoides. Algunos espermatoцитos en la periferia. Aparece capa de tejido conectivo sobre la pared gonadal. Los valores de IGS decrecen.

##### **Posdesove**



Se reabsorben gónadas por fagocitos. Abundante tejido conectivo en pared gonadal. Algunos espermatozoides maduros. Numerosos fagocitos dentro y fuera de folículos. Mayor decrecimiento del IGS.

## HEMBRAS

### **Ovogénesis**

Oogonias embebidas en tejido germinal, lo que dificulta su identificación. Oogonias inician proliferación hacia el lumen. Oocitos maduros ordenados en capas individuales. Numerosos ovocitos previtelogénicos de unos 20  $\mu\text{m}$  de diámetro, con gran núcleo de dos o tres nucleolos periféricos, rodeados de pequeñas células foliculares. Presencia de células esféricas patente.

### **Madurez**

Talla máxima de oocitos maduros de unos 104  $\mu\text{m}$ . Ocupan lumen por completo. Membranas de oocitos separadas del citoplasma por contracción debida al proceso de fijación histológica. En la periferia algunos oocitos en desarrollo. Núcleo y nucleolo bien definidos. Comunes fagocitos esféricos en interior de túbulos.

### **Desove**

Decrementa abundancia de oocitos. Aunque la mayoría de oocitos están maduros, algunos en desarrollo cerca de la pared gonadal. Grandes espacios vacíos en lumen debido a ausencia de gametos. Se observan fagocitos.

### **Posdesove**

Los oocitos restantes disminuyen su volumen. Abundantes fagocitos dentro y fuera de los túbulos, relacionados con la disminución de talla gonadal. Apariencia de fagocitos granular. Abundante tejido conectivo en pared gonadal.