

**Informe final\* del Proyecto H216**  
**Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California**

**Responsable:** Dr. Héctor Reyes Bonilla  
**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar  
Departamento de Biología Marina  
**Dirección:** Carretera al Sur Km 5.5, La Paz, BCS, 23081 , México  
**Correo electrónico:** [hreyes@uabcs.mx](mailto:hreyes@uabcs.mx)  
**Teléfono/Fax:** 01(612)1238801 Fax: 01(612)1238819  
**Fecha de inicio:** Junio 14, 1996  
**Fecha de término:** Septiembre 18, 1997

**Principales resultados:** Informe final, Hoja de cálculo

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Bonilla Reyes, H.,1999. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H216.** México D. F.

**Forma de citar hoja de cálculo** Bonilla Reyes, H.,1999. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. H216.** México D. F.

**Resumen:**

El pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) estuvo bajo un fuerte esfuerzo de pesca entre 1988 y 1994, pero las capturas disminuyeron tanto que el gobierno federal la designó como "especie en peligro de extinción". Tal determinación causó inconformidades en el sector pesquero, ya que se consideró que había sido tomada sin suficiente apoyo científico que la sustentara. Para ayudar a la solución de este problema se determinaron algunos parámetros importantes de una población de *I. fuscus* del Sur del Golfo de California (24° 25' N; 110° 24' W), la cual estuvo bajo explotación hasta 1994. Entre agosto de 1996 y julio de 1997 se obtuvieron datos sobre la longitud y el peso de 1446 ejemplares a partir de los que se calculó la curva de crecimiento individual, sus edades y su tasa de mortalidad natural. También se determinó su densidad poblacional en la zona y se hicieron entrevistas a pescadores y permisionarios de Baja California y Baja California Sur para conocer la situación actual de la especie y su nivel de pesca (ilegal por definición). Los especímenes tuvieron una longitud promedio de 23.25 ± 0.26 cm y un peso de 385.97 ± 7.81 g, crecen alométricamente ( $b = 1.83$ ) y la mayor parte presentaron entre 5 y 7 años de edad. La tasa de mortalidad natural ( $M = 0.51$ ) evidenció que de una cohorte típica, cerca del 40% muere antes de alcanzar un año de edad y menos del 20 % llega a reproducirse. Las entrevistas indicaron la carencia de poblaciones vírgenes de *I. fuscus* en la península y que el recurso sigue siendo pescado furtivamente ya que representa una excelente fuente de divisas dado que su extracción y procesamiento son baratos, y su precio en el mercado es alto. Nuestra recomendación final es la implantación de cultivos de este pepino (aceptable dada su rapidez de crecimiento y relativamente baja mortalidad), posiblemente complementada con un cambio en su posición dentro de la NOM, ya que no se encuentra en verdadero peligro de extinción. La medida permitiría regular mejor la pesca mientras que se llevan a cabo estudios más finos para aclarar el estado actual de este pepino de mar en el país.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**Informe final\* del Proyecto H216**  
**Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California**

**Responsable:** Dr. Héctor Reyes Bonilla  
**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur  
Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar  
Departamento de Biología Marina  
**Dirección:** Carretera al Sur Km 5.5, La Paz, BCS, 23081 , México  
**Correo electrónico:** [hreyes@uabcs.mx](mailto:hreyes@uabcs.mx)  
**Teléfono/Fax:** 01(612)1238801 Fax: 01(612)1238819  
**Fecha de inicio:** Junio 14, 1996  
**Fecha de término:** Septiembre 18, 1997

**Principales resultados:** Informe final, Hoja de cálculo

**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Bonilla Reyes, H., 1999. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H216.** México D. F.

**Forma de citar hoja de cálculo:** Bonilla Reyes, H., 1999. Biología poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. H216.** México D. F.

**Resumen:**

El pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) estuvo bajo un fuerte esfuerzo de pesca entre 1988 y 1994, pero las capturas disminuyeron tanto que el gobierno federal la designó como "especie en peligro de extinción". Tal determinación causó inconformidades en el sector pesquero, ya que se consideró que había sido tomada sin suficiente apoyo científico que la sustentara. Para ayudar a la solución de este problema se determinaron algunos parámetros importantes de una población de *I. fuscus* del Sur del Golfo de California (24° 25' N; 110° 24' W), la cual estuvo bajo explotación hasta 1994. Entre agosto de 1996 y julio de 1997 se obtuvieron datos sobre la longitud y el peso de 1446 ejemplares a partir de los que se calculó la curva de crecimiento individual, sus edades y su tasa de mortalidad natural. También se determinó su densidad poblacional en la zona y se hicieron entrevistas a pescadores y permisionarios de Baja California y Baja California Sur para conocer la situación actual de la especie y su nivel de pesca (ilegal por definición). Los especímenes tuvieron una longitud promedio de  $23.25 \pm 0.26$  cm y un peso de  $385.97 \pm 7.81$  g, crecen alométricamente ( $b = 1.83$ ) y la mayor parte presentaron entre 5 y 7 años de edad. La tasa de mortalidad natural ( $M = 0.51$ ) evidenció que de una cohorte típica, cerca del 40% muere antes de alcanzar un año de edad y menos del 20 % llega a reproducirse. Las entrevistas indicaron la carencia de poblaciones vírgenes de *I. fuscus* en la península y que el recurso sigue siendo pescado furtivamente ya que representa una excelente fuente de divisas dado que su extracción y procesamiento son baratos, y su precio en el mercado es alto. Nuestra recomendación final es la implantación de cultivos de este pepino (aceptable dada su rapidez de crecimiento y relativamente baja mortalidad), posiblemente complementada con un cambio en su posición dentro de la NOM, ya que no se encuentra en verdadero peligro de extinción. La medida permitiría regular mejor la pesca mientras que se llevan a cabo estudios más finos para aclarar el estado actual de este pepino de mar en el país.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

# INFORME FINAL

## PROYECTO H216

### CONVENIO CONABIO-UABCS FB315/H216/96

**“Biología poblacional de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875)  
(Echinodermata: Holothuroidea) en el sur del Golfo de  
California”**

Preparado por:

Héctor Reyes Bonilla

Universidad Autónoma de Baja California Sur

Departamento de Biología Marina

Apartado postal 19-B, CP 23080

La Paz, B.C.S.

Tel. (112) 1-11-40, ext. 119

Fax: (112) 1-24-77

correo electrónico: hreyes@calafia.uabcs.mx

## RESUMEN

El pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) habita desde México hasta Ecuador. En el país, la especie sufrió un fuerte esfuerzo de pesca entre 1988 y 1994, luego del cual las capturas disminuyeron a niveles tales que el gobierno federal la designó oficialmente como “especie en peligro de extinción” y la incluyó en la NOM, iniciándose así su veda permanente. Tal determinación causó inconformidades con el sector pesquero, ya que en su opinión, las decisiones se tomaron sin existir información biológica suficiente que las justificara. Con el fin de ayudar a solucionar este problema, el objetivo del presente trabajo fue el de determinar algunos parámetros importantes de la población de *I. fuscus* que habitó Isla Espíritu Santo (24° 25' N; 110° 24' W), Bahía de La Paz, entre Agosto de 1996 y Julio de 1997. Se obtuvieron datos sobre la longitud y el peso de 1,446 individuos, con los que se aplicaron técnicas de progresión modal y otros análisis pesqueros para estimar la tasa, curva y ecuación de crecimiento de los individuos de *I. fuscus*, para con ellas conocer sus edades y su tasa de mortalidad natural. En adición, se determinó su densidad poblacional promedio en la localidad, y se hicieron revisiones de campo y entrevistas a pescadores y permisionarios con el fin de saber si existían bancos de la especie en el golfo, y cuál era el nivel de la pesca actual (ilegal, por definición). Los resultados mostraron que los ejemplares de *I. fuscus* de la isla medían  $23.25 \pm 0.26$  cm, y pesaban  $385.97 \pm 7.81$  g, y que la especie crecía alométricamente ( $b=1.83$ ). La aplicación de la ecuación de crecimiento (tipo Bertalanffy), mostró que la mayor parte de la población tuvo edades de 5 a 7 años, habiendo individuos de <1 hasta más de 35 años. La tasa de mortalidad ( $M=0.51$ ) indicó que de una cohorte típica, cerca del 40% de los recultas muere antes de cumplir un año, y que menos del 20% de ellos alcanza la edad reproductiva (5 años). Los viajes a diversas islas y zonas del Golfo de California así como las entrevistas realizadas, nos indicaron que no existen poblaciones vírgenes de *I. fuscus* en la región, y que el recurso sigue siendo explotado furtivamente ya que representa una excelente fuente de divisas para la población, en función a que su captura y procesamiento es barato, y su precio en el mercado es alto. Nuestra recomendación final para ayudar a solucionar la diferencia de opiniones entre gobierno y sector pesquero es la implantación de cultivos de la especie en la región, posiblemente complementada con un cambio en la posición de *I. fuscus* en la NOM, ya que difícilmente se encuentra en verdadero peligro de extinción como especie (aunque poblaciones específicas pueden estar en malas condiciones); esa medida administrativa permitiría continuar la pesca en un nivel bajo, mientras que se llevan a cabo los estudios genéticos y pesqueros necesarios para verdaderamente aclarar el estado de las poblaciones.

## INTRODUCCION

El pepino de mar Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875), habita desde el norte del Golfo de California hasta Ecuador, a profundidades de 0 a 40 m y en fondos de roca, arena y coral (Maluf, 1988). En general, la especie alcanza longitudes de hasta 28 cm de largo, y pesos de 960 g en el golfo (Herrero Pérezrul, 1994; Salgado Castro, 1994; Fajardo León et al., 1995), tiene una proporción de sexos de 1:1, y se reproduce entre los meses de Julio y Septiembre (o a temperaturas superiores a los 27° C), luego de alcanzar 367 g de peso. No presenta dimorfismo sexual externo, y se alimenta de detritos, por lo que en su tracto digestivo pueden encontrarse restos de arena, lodo y hasta algas, pedazos de conchas y espinas de erizos (Herrero Pérezrul, 1994; Salgado Castro, 1994a; Tapia Vázquez y Castro, 1994; Fajardo León et al., 1995; Fajardo León y Michel Guerrero, 1996).

Entre 1986 y 1994 se desarrolló una intensa pesquería sobre I. fuscus en el litoral del Pacífico mexicano (especialmente en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Guerrero y Oaxaca; Salgado Castro, 1994a; Sierra Rodríguez, 1994; Bourillón Moreno, 1996; Mora Alvarez, 1996; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996), ya que el recurso alcanzó precios considerables en los mercados de oriente, donde es comercializado como alimento (Camhi, 1995; Hendrickx, 1995a; Salgado Castro, 1996). A pesar de que al principio se obtenían buenos dividendos, la intensidad del esfuerzo de pesca hizo que se detectaran marcados síntomas de sobreexplotación en las poblaciones de I. fuscus, al ser ésta la especie de mayor demanda por su peso y valor económico; por ejemplo, la captura anual total en Baja California Sur disminuyó de 624 a 95 toneladas, entre 1991 y 1993 (Valdez Noriega, 1994; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996).

Para evitar mayores daños a esta holoturia, el Gobierno Federal decidió declararla “en peligro de extinción” (Anónimo, 1994), aún cuando permisionarios y pescadores han argumentado que la especie todavía se encuentra en condiciones de ser explotada racionalmente. En otros países de América Latina también han sucedido problemas similares debido a la sobreexplotación de L. fuscus, y por las diferencias de opinión entre gobierno y sociedad civil al respecto de las medidas de regulación en capturas (Camhi, 1995; Conand, en prensa, 1996; Cortés, 1997); a pesar de ello, ningún país de la región (excepto México) ha implantado vedas permanentes del recurso (Sonnenholzner, 1997), básicamente debido a su importancia económica.

A la fecha, la información sobre la biología de L. fuscus en México es limitada, no está muy puesta al día, y además, en su mayoría no ha sido publicada; sólo se conocen estudios taxonómicos (Caso, 1967; Lara López et al., 1996), frecuencias de tallas y pesos, y estimaciones gruesas de abundancia en algunas localidades del Golfo de California, Guerrero y Oaxaca (todas generadas entre 1992-94), así como datos sobre el ciclo reproductivo de la especie en el Mar de Cortés (Zúñiga y Michel, 1992; Herrero Pérezrul, 1994; Salgado Castro, 1994a; Sierra Rodríguez, 1994; Tapia Vázquez y Castro, 1994; Fajardo León et al., 1995; Mora Alvarez, 1996; Fajardo León y Michel Guerrero, 1996; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996). Incluso, el nivel real de explotación al que esta holoturia ha estado sujeta es desconocido, ya que en las estadísticas pesqueras nacionales, varias especies son agrupadas dentro del rubro “pepino de mar”, imposibilitando la obtención de datos precisos (Valdez Noriega, 1994). Las lagunas existentes en el conocimiento hacen deseable el que se lleven a cabo investigaciones más detalladas con el fin de tener una idea más clara sobre las

condiciones actuales de (al menos) algunas poblaciones de este holoturoideo en el Golfo de California, que sirvan como herramientas para apoyar a los encargados de las tomas de decisión al respecto de las políticas para el manejo de este importante recurso marino.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar algunos parámetros poblacionales importantes para conocer el estado actual de una población del pepino de mar Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) en la región sur del Golfo de California.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

a) Conocer la estructura de longitud y peso drenado de la población local de I. fuscus que habita la isla Espíritu Santo e islotes adyacentes, Bahía de La Paz.

b) Calcular la tasa, la curva y la ecuación de crecimiento individual a intervalos mensuales por medio del análisis de progresión modal de los pesos medidos en campo, y con esos datos, estimar la edad relativa de los individuos utilizando retrocálculo.

c) Estimar la tasa de mortalidad natural de la población, a partir de las edades calculadas y de la frecuencia de ocurrencia de organismos en cada intervalo de edad.

d) Tratar de detectar la presencia y posición de bancos de la especie y del nivel en que la pesquería (legal y furtiva) es practicada en el Golfo central.

## METODOLOGIA

Para el estudio, llevamos a cabo visitas de cinco días a la isla Espíritu Santo e islotes adyacentes (24° 25' N; 110° 24' W) entre los meses de Agosto de 1996 y Julio de 1997; las fechas de muestreo (Tabla 1) fueron elegidas con el fin de dejar un tiempo mínimo de tres semanas entre cada uno, para que de existir cambios en la estructura de tallas o pesos de la población, éstos pudieran ser detectados. Las salidas presentaron una pérdida de continuidad (debido a problemas internos de la institución), los cuales retrasaron la visita de Octubre hasta principios de Noviembre. No obstante, esto no pareció afectar de manera importante las estimaciones poblacionales realizadas.

En los viajes de los primeros meses del estudio se hicieron revisiones de todas las bahías y sitios protegidos de la isla, particularmente en su lado oeste, ya que el litoral externo está formado de acantilados donde la especie no suele habitar. Partiendo de esta búsqueda, se determinó que en Espíritu Santo había ejemplares con relativa abundancia sólo en seis lugares: Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Cardonal, El Candelero, Isla La Ballena, La Catedral y San Gabriel (Fig. 1). A pesar de esto, la labor de recolecta, medida y pesaje de ejemplares se realizó casi exclusivamente en la Bahía San Gabriel, debido a las altas densidades poblacionales que ahí se presentaban.

La información base de la investigación se obtuvo por medio de registros individuales del peso drenado (con precisión de  $\pm 5$  g) y la longitud (con precisión de  $\pm 0.5$  cm) de un total de 1,446 individuos de L. fuscus colectados manualmente. Las determinaciones de longitud se hicieron bajo el agua (usando buceo libre o autónomo), apuntando los datos con lápices (no. 2) sobre tablas de acrílico, y midiendo los



organismos desde la boca hasta el ano con cintas métricas flexibles. Tal sistema se empleó con el fin de perturbar a los pepinos al mínimo, ya que en ocasiones el sólo tocarlos hacía que contrajeran el cuerpo, alterando así sus dimensiones. Las cintas también fueron útiles para determinar el largo de los individuos en las ocasiones en que éstos se hallaban en refugios, o si presentaban curvaturas en su forma. Una vez realizadas las mediciones, cada pepino fue introducido en una bolsa de plástico numerada y transportado a la embarcación, donde se le drenó el exceso de agua de la cavidad corporal, y luego fue pesado con una balanza (precisión  $\pm 5$  g). Este proceso se hizo rápidamente, para evitar (en lo posible) dañar a los individuos. Al finalizar las determinaciones merísticas, los individuos fueron regresados a la zona de donde se colectaron, o a sus cercanías.

Con los datos de peso y longitud, se hicieron histogramas de frecuencias y regresiones longitud/ peso (regresiones no lineales modelo II;  $\alpha= 0.05$ ) para cada mes y con los datos acumulados. Se siguió el modelo general de esta relación el cual es:

$$P = a L^b$$

donde:

P = Peso del individuo (en g)

L = Longitud del individuo (en cm)

a = Ordenada al origen de la curva

b = Pendiente de la curva, también llamada coeficiente de alometría (Gould, 1977).

Los valores de “b” correspondientes a cada mes fueron comparados con análisis de covarianza (Zar, 1996), y se usaron pruebas de t de Student ( $H_0$ : pendiente = 3), para confirmar si la pendiente general encontrada equivalía al valor de 3, indicativo de un crecimiento isométrico de los individuos (el cual señala que éstos no cambian su forma conforme crecen; Gould, 1977). En adición, se analizaron de la misma forma los datos de peso y longitud de la población de *L. fuscus* de Bahía San Gabriel, obtenidos entre Julio de 1992 y Septiembre de 1993, por personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, y que nos fueron facilitados por la M.C. María Dinorah Herrero Pérezrul, al haber sido parte de su tesis de grado (Herrero Pérezrul, 1994).

Posteriormente, con los datos de campo obtenidos en el presente estudio se procedió a realizar una serie de análisis de la población para determinar: a) la curva y tasa de crecimiento individual; b) la edad relativa de los organismos; c) la tasa de mortalidad natural de la población. Para los cálculos se utilizaron las rutinas del paquete FiSAT, programado por FAO e ICLARM (Gayanillo *et al.*, 1994). Detalles sobre las rutinas de cálculo, suposiciones de los modelos, etc., se encuentran en los trabajos de Pauly y Morgan (1987), Gayanillo *et al.* (1994) y Sparre y Venema (1995).

El cálculo de la curva de crecimiento se hizo siguiendo la ecuación general de Von Bertalanffy, la más empleada para estimar la tasa de desarrollo y la edad de organismos marinos (Ricker, 1975), y que se ha usado repetidamente en estudios de holoturias (*e.g.* Shelley, 1985; Conand, 1988, 1990, Pérez Plascencia, 1995); la ecuación es:

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

Para ponerla en práctica, se requiere de la estimación de tres parámetros principales: la longitud máxima que alcanza un individuo en vida (conocida como  $L_\infty$ ), el parámetro de curvatura de la recta, equivalente a la tasa de crecimiento individual (conocido como  $K$ ), y el parámetro de condición inicial, que representa el momento en el tiempo en que el individuo tiene una talla de cero (conocido como  $t_0$ ); este último no tiene un significado biológico real, pero sirve para situar el origen de la curva de crecimiento, por lo que en ocasiones se recomienda (para motivos prácticos) que se iguale a cero (Gulland y Rosenberg, 1992; Sparre y Venema, 1995).

Para calcular la  $L_\infty$ , se empleó el método de Powell y Wetherall (presentado en Gayanillo et al., 1994), el cual es especialmente útil cuando se tiene poca información sobre el stock estudiado (Sparre y Venema, 1995). La técnica es una modificación del modelo más utilizado para analizar poblaciones estables, las cuales tengan una tasa de mortalidad constante (Beverton y Hall, 1956, fide Ricker, 1975; Sparre y Venema, 1995), y se resume en la ecuación siguiente:

$$Z = K [(L_\infty - L \text{ promedio}) / (L \text{ promedio} - L \text{ mínima})]$$

donde:

$Z$  = Tasa de mortalidad total (equivalente a  $M$ , tasa de mortalidad natural, en una población que no está siendo explotada; Ricker, 1975; Pauly y Morgan, 1987)

K = Tasa de crecimiento anual de los individuos

$L_{\infty}$  = Longitud máxima teórica alcanzable por un individuo (en cm)

L promedio = Longitud promedio de la población (en cm)

L mínima = Longitud mínima encontrada en el muestreo (en cm)

El valor de  $L_{\infty}$  se despeja de la regresión de L mínima (en eje X) y L promedio - L mínima (en eje Y), donde el punto de intersección con X, representa  $L_{\infty}$ .

Una vez con este valor, y considerando  $t_0 = 0$ , se procedió al cálculo de K (tasa de crecimiento), usando el método de Shepherd (fide Gayanillo et al., 1994). Este es una técnica iterativa basada en el análisis de bondad de ajuste de ji- cuadrada (Zar, 1996), la cual consiste en generar un conjunto de valores de  $L_{\infty}$ , K y  $t_0$ , a partir de los cuales se simula la distribución de las modas más aparentes en las tallas de la población real; la combinación que minimize la suma de cuadrados (y que por ende, explique la mayor parte de la varianza de los datos) y que asemeje a la distribución real de mejor forma, se toma como la más adecuada, y de ahí se extrae el valor de K.

El valor final de  $t_0$  se obtuvo a partir de la fórmula empírica de Pauly (1979, in Pauly et al., 1993), obtenida de un análisis de 175 especies marinas; la fórmula es:

$$\text{Log} (-t_0) = - 0.40 - (0.28 * \log L_{\infty}) + (1.04 * \log K)$$

donde:

$t_0$  = Valor teórico, indicativo de la edad del individuo cuando su talla equivale a

cero

$L_{\infty}$  = Longitud máxima teórica alcanzable por un individuo (en cm)

K = Tasa de crecimiento anual de los individuos

Cabe señalar que a pesar de usar técnicas iterativas o empíricas, este tipo de cálculos tiene validez ya que los parámetros de crecimiento de las especies no son independientes entre sí, al ser el resultado de una serie de presiones selectivas que actúan en conjunto y determinan las características de vida de los taxa (Gunderson, 1997; Jensen, 1997).

La información anterior sobre peso y longitud máxima, tasa de crecimiento y “fecha de nacimiento”, fue usada también para calcular la curva de crecimiento en peso de los individuos de L. fuscus, tomando en consideración su edad estimada. El modelo general de esta curva es:

$$P_t = P_{\infty} (1 - [e^{-K(t-t_0)}])^3$$

donde:

$P_t$  = Peso del individuo a un tiempo  $t$  (en g)

$P_{\infty}$  = Peso máximo teórico alcanzable por el individuo (en g)

K = Tasa de crecimiento anual de los individuos

$t$  = edad del individuo (en años)

$t_0$  = Valor teórico, indicativo de la edad del individuo cuando su talla equivale a  
cero

Por último, la tasa anual de mortalidad natural de la población (M), se estimó a partir de la ecuación empírica de Pauly (fide Gayanillo et al., 1994), la cual se obtuvo del análisis de 175 estudios previos sobre dinámica poblacional de especies marinas. Esta ecuación ha demostrado ser particularmente útil cuando se aplica a poblaciones que habitan en ambientes tropicales (Sparre y Venema, 1995), y/o en aquellas donde no existen formas de conocer con precisión el verdadero valor de M, por lo que decidimos utilizarla en este caso. La ecuación completa es:

$$\ln M = - 0.0152 - (0.279 * \ln L_{\infty}) + (0.6543 * \ln K) + (0.463 * \ln \text{Temp})$$

donde:

M= Tasa anual de mortalidad natural de la población

$L_{\infty}$  = Longitud máxima teórica alcanzable por un individuo (en cm)

K = Tasa de crecimiento anual de los individuos

Temp = Temperatura promedio anual en el sitio de muestreo; 25° C en nuestro caso (datos obtenidos del CD "Comprehensive Ocean- Atmosphere Data Series", de la Agencia Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos, NOAA, 1960-1990)

Con la información de la tasa de mortalidad, se estimó el porcentaje de sobrevivencia de una cohorte "típica", usando el modelo siguiente (Ricker, 1975; Sparre y Venema, 1995):

$$N_t = N_0 * e^{(-M t)}$$

donde:

$N_t$  = Número de individuos sobrevivientes a un tiempo  $t$

$N_0$  = Número inicial de individuos de la cohorte; en este caso,  $N_0 = 100$ , para estimar el porcentaje de sobrevivencia.

$M$  = Tasa anual de mortalidad natural

$t$  = edad de la cohorte (en años)

Graficando los resultados del modelo, se observa la velocidad con la que la cohorte está siendo eliminada por causas naturales (depredación, enfermedad, etc.).

Una desventaja de las rutinas utilizadas, es que con ellas no es posible estimar los intervalos de confianza de  $L_\infty$ ,  $K$  y  $M$ . Por ello, se decidió usar la técnica de “jackknife”, para obtenerlos. Esta permite calcular intervalos de confianza paramétricos de un estimador, por medio de los siguientes pasos: primero, recombina los datos originales, omitiendo una de las  $n$  réplicas de la muestra (12, en este estudio). Luego, calcula pseudovalores del parámetro de interés ( $L_\infty$ ,  $K$  y  $M$ ), y de ahí estima una media de los mismos, y su intervalo de confianza (Sokal y Rohlf, 1996). El “jackknife” es una herramienta de uso amplio en ecología poblacional y análisis comunitarios (Krebs, 1989), y hace más confiables los estimadores cuando su distribución estadística se desconoce (Magurran, 1988).

En adición a las colectas y análisis poblacionales, durante cada mes se efectuaron cuatro censos de 30 minutos de duración en cada una de las siguientes

localidades de la Isla Espíritu Santo: Ensenada Grande, El Candelero, Isla La Ballena y Bahía San Gabriel (N por sitio = 48; N total del estudio = 192). Los lugares fueron elegidos de antemano, ya que se sabía que en ellos, la abundancia de L. fuscus era relativamente alta (Herrero Pérezrul, 1994). La información se analizó en forma de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), usando para ello estimaciones de número de individuos/ unidad de tiempo (minutos). Se aplicaron pruebas de normalidad de Kolmogorov- Smirnov, y de homoscedasticidad de Cochran a los resultados de los censos, con el fin de decidir el tipo apropiado de análisis de varianza a aplicar (paramétrico o no paramétrico; Zar, 1996).

La última parte del estudio tuvo como finalidad, el tratar de detectar la presencia de poblaciones potencialmente poco explotadas de L. fuscus en el Golfo de California, así como de tener una idea del nivel de la pesquería actual (ilegal por definición). Para ello, se hicieron entrevistas informales a pescadores residentes de la ciudad de La Paz (24° 08' N; 110° 20' W), el Islote El Pardito (24° 55' N; 110° 37' W), la ciudad de Loreto (26° 03' N; 111° 24' W) y Bahía de Los Angeles (28° 57' N; 113° 33' W), lugares situados cerca de antiguas zonas pepineras (Fajardo León et al., 1995), Las preguntas giraron alrededor de los siguientes tópicos: a) ¿existen zonas donde el pepino sea abundante?; b) ¿existe explotación actual?; y c) ¿cómo se comercializa el producto? Además, se hicieron observaciones en campos pesqueros de las localidades citadas, ya que en ocasiones se hallaron pepinos recién pescados, en proceso de preparación, o empacados para ser enviados a los compradores.



## RESULTADOS

### **a) Estructura de talla y peso de la población.**

Los organismos de I. fuscus encontrados en la Isla Espíritu Santo (1996-97), tuvieron una longitud promedio de  $23.25 \pm 0.26$  cm (Tabla 2), y presentaron una distribución normal (prueba de Kolmogorov- Smirnov,  $KS= 1.16$ ;  $P > 0.05$ ). Comparando con otros estudios, se observa que la longitud promedio de los pepinos encontrados en nuestra investigación es menor a la registrada en el centro- norte del Golfo de California ( $27^\circ$  N; Santa Rosalía, B.C.S.:  $25.1 \pm 1.25$  cm en 1992-93; Fajardo León et al., 1995), pero mayor a la conocida para Zihuatanejo ( $17^\circ$  N;  $19.0 \pm 0.47$ ; Mora Alvarez, 1996), o la de la Isla Espíritu Santo en 1992-93 ( $19.27 \pm 0.30$ ; Anexo 1). Cabe señalar que en el último caso, las diferencias en tallas para la isla se deben principalmente a que los especímenes estudiados hace un lustro, fueron medidos luego de haber sido tratados con ácido acético y preservados con formol (Herrero Pérezrul, 1994), lo que causó una marcada contracción de los tejidos.

El patrón detectado de mayor talla en correspondencia con mayor latitud ha sido reconocido en vertebrados e invertebrados terrestres y marinos (Longhurst y Pauly, 1987; Begon et al., 1996), y es una respuesta fisiológica tendiente a la preservación de la temperatura corporal y el nivel del metabolismo de los individuos. Otra explicación que puede darse al fenómeno detectado en este estudio (considerando que la temperatura promedio no varía tan dramáticamente en el Pacífico mexicano; Fiedler, 1992), es que la longitud de los animales está relacionada con la productividad primaria que caracteriza la localidad de residencia de las poblaciones, pues ésta es muy baja en Michoacán, más elevada en La Paz, y alcanza cifras considerables en el centro del

golfo (Millán Núñez y Lara Lara, 1995). Los pepinos no se alimentan de plancton, sino de la materia orgánica depositada en el sedimento (Roberts, 1979; Lawrence, 1987), pero la cantidad de alimento disponible en el fondo depende en mucho de la concentración del mismo en la columna de agua de donde proviene; esta relación está bien demostrada en sistemas marinos tropicales (Pauly *et al.*, 1993).

Por otro lado, las medidas de peso promedio encontradas en el presente estudio ( $385.97 \pm 7.81$  g; Tabla 2), también fueron significativamente mayores a las registradas en la misma localidad en 1992-93 ( $351.5 \pm 5.5$  g; Anexo 1) y en Oaxaca (351 g; Sierra Rodríguez, 1994), aunque resultaron ser menores a las de Santa Rosalía ( $458 \pm 53.3$  g; Fajardo León *et al.*, 1995) o Bahía de Los Angeles (562 g; Salgado Castro, 1994b, 1996). Esto de nuevo muestra el efecto que la fijación química debió causar en las dimensiones y el peso de *L. fuscus*, y además, que a nivel regional los individuos que habitan regiones más septentrionales tienden a presentar mayores tamaños, remarcándose el punto discutido previamente en relación con la productividad y la condición de los organismos.

Analizando el histograma general de longitud, aparece una gran moda entre los 20 y 25 cm, misma que ocurre también en todos los histogramas mensuales (Fig. 2). A pesar de ello, hubo variaciones significativas en la longitud de los organismos durante diferentes meses ( $F_{11, 1434} = 8.85$ ;  $P < 0.001$ ), siendo especialmente alta en invierno (Diciembre, Enero y Febrero; Tabla 2). Este hallazgo es opuesto a lo esperado, ya que los trabajos de Herrero Pérezrul (1994) y Fajardo León *et al.* (1995), indicaron que los organismos más grandes aparecían en verano. La explicación de la discrepancia se debe a que en nuestro estudio se observaron ejemplares pequeños (menores a 15 cm

de largo) de Agosto a Noviembre de 1996, y luego entre Mayo y Julio de 1997 (Fig. 2); es decir, en las temporadas cálidas de fines de primavera, verano y otoño; su detección (resultado de un trabajo de búsqueda probablemente más detallado que los citados, ya que sus objetivos eran distintos) trajo consigo una disminución del valor de la media poblacional en esos meses. Ahora bien, tomando en cuenta que la especie se reproduce entre Junio y Agosto en el golfo (Herrero Pérezrul, 1994; Fajardo León et al., 1995), es factible que los animales pequeños encontrados en verano- otoño, hayan sido reclutados el año anterior; esta hipótesis se vió apoyada por los datos de crecimiento y edad estimada (ver Sección “b” de Resultados), que mostraron que los animales menores a 10 cm tienen a lo más, un año de edad.

En el caso del histograma general de peso y en los correspondientes a cada mes, pueden notarse varias modas, siendo las más claras aquellas de 100 a 150 g, 350 a 400 g, y de 450 a 500 g (Fig. 3). Debido a esto, la media, mediana y moda de peso variaron mucho en el tiempo sin un patrón aparente, aunque hubo diferencias significativas en el factor ( $F_{11,1434} = 8.857$ ;  $P < 0.001$ ), causadas por la ocurrencia de organismos más pesados en Enero, Febrero y Abril de 1997 (Tabla 2). La aparición de organismos pequeños (menores a 100 g) no fue muy notoria en este caso (Fig. 3), sin embargo, fueron mucho más frecuentes entre Agosto y Noviembre de 1996, y de Mayo a Julio de 1997, nueva evidencia de la época de reclutamiento del año previo. Al igual que ocurrió en el caso de la longitud, la aparición de juveniles afectó las estimaciones de peso promedio, haciendo que la media disminuyera en los meses de verano (Tabla 2), situación también opuesta a lo registrado en la literatura (Herrero Pérezrul, 1994; Fajardo León et al., 1995).

Conand (1990) presentó los datos de peso y longitud promedio de algunas de las especies comerciales más importantes del Indo Pacífico, donde puede verse que las dimensiones de L. fuscus son pequeñas comparadas con la mayoría de los pepinos de “primera categoría”, es decir, de aquellos con mayor aceptación en el mercado. Sin embargo, la especie americana ha sido bien recibida en oriente, ya que presenta pocas espículas (Herrero Pérezrul, 1994; Lara López et al., 1996), y tiene precios aceptables (Conand, en prensa, 1996). Es decir, existe mercado disponible para el producto, no obstante su relativa desventaja competitiva con otros mejor apreciados.

Las ecuaciones de longitud- peso obtenidas mensualmente en el presente trabajo (y la acumulativa) fueron significativas (Tabla 3; Fig. 4), y el análisis de pendientes mostró que L. fuscus no tuvo un crecimiento isométrico en Espíritu Santo (prueba  $t = 7.22$ ;  $P < 0.001$ . G.L.= 10), el cual estaría representado con una pendiente (“b”) de 3. Comparando las curvas mensuales, se detectaron diferencias significativas ( $F_{11,1433} = 4.27$ ;  $P < 0.001$ ), debidas a que la pendiente encontrada en Marzo fue excesivamente baja (1.30), y las de Mayo y Junio, muy altas (2.19 y 2.10, respectivamente); excluyéndolas del análisis, la diferencia desaparece ( $F_{8,988} = 1.06$ ;  $P = 0.62$ ). Este fenómeno pudo haber sido causado por algún sesgo del muestreo (particularmente en relación a la pendiente más pequeña). Sin embargo, se debe tener presente que en general, la relación longitud- peso de esta holoturia no varió mucho en el año. La tendencia a crecer alométricamente parece ser una condición normal en la Familia Stichopodidae (Conand, 1988; Uthicke, 1994), e indica que las dimensiones de los individuos cambian durante su ontogenia (Gould, 1977). En este caso, el valor bajo del coeficiente de alometría indica que un animal joven es desproporcionadamente más

pesado que uno mayor, lo cual quizá es una consecuencia de que L. fuscus, al igual que todos los holoturoideos, utiliza el agua de forma de soporte interno (Lawrence, 1987), con lo que no requiere de tanto tejido vivo (y pesado) para mantener su forma como adulto.

Comparando con otros trabajos, puede verse que la pendiente de la relación longitud- peso para esta especie fue de  $1.36 \pm 0.08$  en 1992-93 (Herrero Pérezrul, 1994; Anexo 2), significativa y notablemente distinta a la encontrada en nuestro estudio, a pesar de que en aquel caso también hubo alometría. Las razones de la discrepancia en el valor de “b” deben provenir del tratamiento que los individuos sufrieron en el citado trabajo, más que a situaciones biológicas. Por otro lado, Fajardo León et al. (1995) calcularon una pendiente de 1.60 para la población de L. fuscus del área de Santa Rosalía, cifra más pequeña que el límite inferior del intervalo de confianza de nuestra regresión (Tabla 3). Aunque se requeriría tener los datos originales de ese estudio para llegar a una conclusión, es posible que de nuevo la diferencia en el coeficiente de alometría se deba al tipo de tratamiento que los organismos recibieron; los autores citados colectaron a los pepinos y los introdujeron en recipientes con agua de mar, de donde luego midieron y pesaron los organismos, siempre en la embarcación, e incluso en tierra (M.C. C. Fajardo León, CRIP La Paz, com. pers., 1997). Los ejemplares deben haber sufrido contracción u otro cambio en su longitud debido al transporte y la medición, lo que obligatoriamente introdujo un factor diferencial en el sistema de medida, ya que nosotros hicimos tales determinaciones bajo el agua y sin molestar a los animales.

Situaciones como las descritas, que impiden una comparación real entre los resultados de distintos estudios (incluso llevados a cabo en la misma región geográfica), nos llevan a proponer que en futuros trabajos sobre la biología poblacional de L. fuscus deben hacerse las medidas de peso y longitud de manera homogénea, y siguiendo una metodología común. Debido a que el sistema que se utilizó para obtener los datos merísticos en el presente trabajo (medida del organismo bajo el agua y pesado en embarcación, una vez drenado de agua) de alguna manera afecta menos a los organismos, comparado con los otros empleados, recomendamos el que sea adoptado por los investigadores y los evaluadores oficiales de la condición del recurso. Otros autores también han remarcado que la medición más precisa de holoturias para fines de estudios biológicos es aquella que perturba al mínimo a los organismos, y que por ello muestra más adecuadamente el cómo se encontraban en condiciones naturales (Shelley, 1985; Conand, 1990).

La ordenada al origen (“a”) de la regresión general longitud- peso, no resultó ser significativamente válida (Tabla 3), debido a que en 5 de los 12 meses de trabajo, el factor presentó una variación excesiva como consecuencia de la poca ocurrencia de individuos de tallas pequeñas. A este respecto, Martínez et al., (1996) y Salgado Castro (1994b) indicaron que esta “desaparición” de los juveniles de L. fuscus de aguas someras, evidencía un desplazamiento de hábitat dependiente de las tallas. Como sea, la falta de significancia de “a” en realidad representa un problema menor, ya que la regresión general fue válida y tuvo un poder predictivo relativamente bueno (72% de la varianza, el más alto registrado en estudios de la especie a la fecha; Herrero Pérezrul, 1994; Fajardo León et al., 1995). Con el fin de evitar inconvenientes como este en

futuros estudios, se recomienda buscar el mayor número posible de individuos de tallas y pesos pequeños, que ayudarán a determinar con mayor precisión la ordenada al origen de la regresión.

### **b) Estimaciones de crecimiento, edad y mortalidad.**

Con base en los resultados ya descritos y generados en el ciclo anual 1996-97, se realizó el cálculo de los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy para la población de L. fuscus de Espiritu Santo. La ecuación final del estudio fue:

$$L_t = 36.118 (1 - [ e^{(-0.180 (t - 0.024)} ])$$

donde:

$L_t$  = Longitud (en cm) de un individuo, a una edad particular (en años)

$t$  = Edad del individuo (en años)

36.118 = Longitud infinita (según el modelo); longitud máxima alcanzable por un individuo (en cm)

0.180 =  $K$ ; tasa anual de crecimiento de los individuos

0.024 = Valor de  $t_0$  (según el modelo); edad teórica (en años) en la que un individuo tiene longitud de cero

Los intervalos de confianza de los parámetros  $L_\infty$  y  $K$ , son:

$$L_\infty = 36.118 \pm 0.244; \quad K = 0.180 \pm 0.044$$

Además de la presentada, y apoyándose en los datos de la regresión definitiva longitud- peso (Tabla 3), se estimó la ecuación de Bertalanffy, pero calculada usando el peso de los organismos; el modelo resultante fue:

$$P_t = 815.485 (1 - [ e^{(-0.180 (t - 0.024)} ])^{1.832}$$

donde:

$P_t$  = Peso (en g) de un individuo, a una edad particular (en años)

$t$  = Edad del individuo (en años)

815.485 = Peso infinito (según el modelo); peso máximo alcanzable por un individuo (en g)

0.180 =  $K$ ; tasa anual de crecimiento de los individuos

0.024 = Valor de  $t_0$  (según el modelo); edad teórica (en años) en la que un individuo tiene peso de cero

1.832 = Coeficiente de alometría de la regresión longitud- peso (adimensional)

En su caso, los intervalos de confianza fueron:

$$P_{\infty} = 815.485 \pm 5.509; \quad K = 0.180 \pm 0.044$$

Como pudo verse, la precisión de los estimadores fue considerablemente alta (menor al 1% de la media), lo que indica que el modelo aquí generado es muy adecuado para predecir la edad de los organismos de la población de *I. fuscus* de la



Isla Espiritu Santo a partir de su edad o peso, y en condiciones como las encontradas en 1996-97. Siguiéndolo, se deduce que un individuo de 23 cm de longitud y 353 g (los valores promedio) tendrá una edad de entre 5 y 6 años, por lo que fue reclutado cuando más, en 1990 (año en que aún había pesquería activa). Similarmente, los animales menores a 10 cm de largo (o 75 g de peso), deben tener menos de un año de edad, mientras que los de mayores dimensiones (40 cm y 830 g), deben tener edades superiores a los 15 años (Fig. 5), por lo que puede decirse que sobrevivieron los años de la pesquería.

Analizando el histograma general de edades de L. fuscus (Fig. 6), puede verse una fuerte disminución de abundancia de las cohortes nacidas en 1986-87 y 1987-88 (9 y 10 años de edad), comparativamente con las inmediatamente posteriores. Los primeros nacieron cerca de la época de inicio formal de la pesquería (1988), y crecieron en el tiempo en que ésta se desarrollaba (1989-94), por lo con mucha seguridad deben haber formado parte activa del stock susceptible a la captura, ya que su talla se iba elevando con la edad, y los hacía más fácilmente detectables por los pescadores. Las nuevas generaciones, nacidas entre 1990 y 1992, sufrieron mucho menos este evento ya que la mayoría de sus miembros posiblemente no habían alcanzado tallas aceptables (20 a 25 cm; Mora Alvarez, 1996; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996) para el momento en que la especie fue protegida oficialmente (1994). Esto muestra que en la estructura de tallas de la población actual, pueden detectarse evidencias del efecto que tuvo la pesquería en la Isla Espiritu Santo.

Herrero Pérezrul (1994) indicó que el peso de primera madurez de L. fuscus en Espiritu Santo, era de 367 g. Tomando como base la curva de crecimiento en peso

aquí estimada (Fig. 5), tal talla equivale a una edad de 5 años, es decir, toma este tiempo el que un individuo “promedio” entre al grupo reproductivo de la población local. Dado que el 68% de los individuos muestreados presentaron una edad estimada de 5 años o más (Fig. 6), puede decirse que la población estudiada de L. fuscus presenta una proporción alta de organismos potencialmente reproductivos, lo que de alguna manera garantiza que tenga una variabilidad genética adecuada (producto de la recombinación), y por ende, que tenga la flexibilidad suficiente como para resistir cambios ambientales (Falconer y Mackay, 1996). Esta conclusión es tentativa y debe ser comprobada con técnicas genéticas antes de tomarse en consideración.

Un segundo punto a discusión que surge de la frecuencia de edades, es el hecho de que la mayor parte de la población de L. fuscus de Espíritu Santo (5 a 7 años de edad), está iniciando o por iniciar su etapa reproductiva activa; si esta determinación es correcta, podríamos plantear la hipótesis de que en los siguientes años se detectará un incremento en el reclutamiento de esta holoturia en el área de estudio y sus alrededores. Extendiendo el razonamiento hacia el hecho de que la pesquería oficial concluyó en el mismo año en todo el golfo, es muy probable que el fenómeno descrito esté ocurriendo a mayor escala, es decir, que gracias a la llegada de los animales que no fueron pescados a la poza reproductiva de sus respectivas poblaciones, sea de esperarse un repunte en la abundancia de L. fuscus en la región. La hipótesis planteada puede ser comprobada fácilmente, con revisiones de campo y censos de juveniles en años venideros.

Regresando al análisis de las ecuaciones y curvas de crecimiento de L. fuscus, cabe señalar que las que fueron presentadas aquí son las únicas disponibles para la

especie a nivel mundial, de modo que no pueden ser comparadas con otras. Sin embargo, estos mismos parámetros están siendo calculados para la población de la especie que habitaba la zona de Santa Rosalía en 1992-93 (Mazariegos Ramírez et al., en prep.), y con los datos de Espíritu Santo, generados en los mismos años (Herrero Pérezrul et al., en prep.), lo que nos permitirá saber más sobre la ontogenia de este pepino. Estimaciones preliminares obtenidas en el último estudio arrojaron parámetros muy similares a los presentados en este informe (Tabla 4), pero hasta que aquella información no sea presentada formalmente, no puede hacerse una discusión más elaborada al respecto.

Debido a su uso general, se han publicado varias estimaciones de curvas de Von Bertalanffy para especies de holoturias comerciales (Tabla 4). Como puede verse, la longitud máxima y la tasa de crecimiento de L. fuscus no son muy diferentes a las de otras especies comerciales, lo que indica que ésta debe ser aceptable en el mercado y que bien pudiera ser objeto de cultivo, como lo ha sido Holothuria scabra o Actynopyga echinites (Conand, 1990; Belhadjali, 1997). La alternativa acuacultural debe ser considerada seriamente por las autoridades competentes, ya que como se verá (Sección “e” de Resultados), el recurso sigue bajo explotación en la actualidad, y el manejo en granjas puede ser una opción aceptable para solucionar el problema de la extracción ilícita.

Usando los datos de  $L_{\infty}$ ,  $K$ , y del promedio de la temperatura superficial oceánica en la localidad, estimamos la tasa de mortalidad natural para la población de L. fuscus de Isla Espíritu Santo, la cual resultó ser de 0.51. Según el modelo básico de mortalidad ( $N_t = N_0 * e^{-Mt}$ ), el porcentaje de sobrevivencia disminuye abruptamente

durante el primer año (muere cerca del 40% de los reclutas originales de la cohorte) y sigue siendo bajo en los dos siguientes, llegando sólo el 20% de los individuos de esta población de L. fuscus al final de su tercer año de vida (Fig. 7). Es interesante notar que para los 5-6 años de edad, cuando se alcanza la madurez reproductiva en la especie (Herrero Pérezrul, 1994; Fig. 5), menos de 1 de cada 5 reclutas permanecen en la población.

De manera similar a lo antes mencionado, no existen otras estimaciones de tasas de mortalidad de L. fuscus con las cuales comparar nuestros resultados, aunque Herrero Pérezrul (en prep.), calculó un coeficiente idéntico al encontrado en el presente estudio (Tabla 4). No obstante, las discrepancias de métodos de campo utilizados en ambos casos, hacen que este hallazgo (por bueno que parezca), deba ser tomado con reservas.

En la literatura han aparecido valores de M para otras holoturias (Tabla 4), y puede verse que el valor calculado para L. fuscus (M= 0.51) es uno de los más bajos conocidos para el grupo. Tal condición hace pensar que esta especie debe ser muy resistente a los factores naturales que causan su mortalidad (depredadores, enfermedades, etc.), o bien, que éstos son poco eficaces en el sur del Golfo de California. A ese respecto, se conocen contadas especies que depredan sobre holoturias (especialmente peces, gasterópodos y asteroideos; Birkeland, 1989; Wiedemeyer, 1994), pero ninguna de ellas habita el Pacífico oriental. Se ha propuesto que la depredación sobre especies tropicales de esta clase debe ser mínima, debido a las defensas químicas que presentan (Bakus, 1973; Green y Bakus, 1976), sin embargo, en el caso de L. fuscus no se han detectado agentes activos que tengan esa

función (Encarnación y Keer, 1992). Por ello, es factible que las causas de la baja mortalidad de la especie deban estar relacionadas a otros factores.

Las características de vida de L. fuscus corresponden a las de un estrategia tipo “K”, en función a su baja tasa de mortalidad, su tardío inicio de madurez sexual, el gran tamaño que alcanza, una reducida tasa de crecimiento, y alta longevidad (Conand, 1988; Begon et al., 1996). La aparición simultánea de tales caracteres se ha registrado tanto en invertebrados como en vertebrados marinos, y hay buena evidencia de que es producto de selección natural (Gunderson, 1997; Jensen, 1997). Por ello, posiblemente la baja tasa de mortalidad de esta holoturia puede ser un rasgo evolutivo común en especies de su tipo, por lo que no se requiere una explicación ecológica precisa en este caso.

Para concluir esta sección, se discutirá el uso de la metodología utilizada. Las técnicas de progresión modal suponen que la especie analizada tiene reclutamiento anual, cesa su crecimiento a cierta edad, y tiene un desarrollo isométrico (Ricker, 1975; Sparre y Venema, 1995). El primer aspecto es seguido por L. fuscus, dado que se reproduce sólo en verano en el Golfo de California (Herrero Pérezrul, 1994; Fajardo León et al., 1995); desafortunadamente, no hay evidencia real de que la especie deje de crecer con la edad, y (peor aún), su crecimiento es francamente alométrico (Tabla 3). Estas violaciones a los fundamentos de la técnica hacen que los resultados puedan ser vistos con reservas. Sin embargo, y aún con todos sus problemas, los análisis utilizados son considerados como los mejores de su tipo para el estudio de holoturias (Shelley, 1985; Conand, 1990), ya que las especies de esta clase no presentan estructuras duras donde se pueda estimar la edad (Conand, 1990). Además, el marcaje

de individuos con el mismo fin ha sido muy poco exitoso, ya que los pepinos expulsan los señaladores, o sufren daños causados por los mismos (Ebert, 1978). Por último, la determinación de tasas de crecimiento a partir de encierros ha presentado el inconveniente que pasa a ser poco práctica luego de que los individuos pasan de cierta talla y edad (casi siempre, un año; Wiedmeyer, 1994; Chao *et al.*, 1994). Por las razones expuestas, consideramos que las técnicas de biología poblacional empleadas en la presente investigación, si bien no son las idóneas, sí son las más prácticas y las que arrojan la información requerida con mayor celeridad y con una precisión aceptable. Así, sería recomendable que las instancias encargadas del manejo del recurso pepino de mar en el país pudieran seguirlas de manera sistemática, y las aplicaran en estudios de todas las especies del tipo.

### **c) Detección de bancos de *L. fuscus* en el Golfo de California.**

Las entrevistas llevadas a cabo durante el estudio, así como datos publicados (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996), y otros a los que se nos permitió el acceso (generados por el personal de la Delegación de SEMARNAP- B.C.S.), nos permitieron afinando algunos detalles sobre la descripción de la pesquería (legal y furtiva) que se ha conducido sobre *L. fuscus* en el Golfo de California en la década de los 90's. Según nuestras fuentes, las zonas de mayores capturas están marcadas en la Figura 8. Se presume que en todas ellas la explotación fué tan intensa que las poblaciones fueron diezmadas; desafortunadamente, datos que documenten estos cambios de abundancia sólo se tienen para algunas localidades (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996).

Los entrevistados, miembros de los sectores pesquero y oficial, mencionaron que posiblemente existieran poblaciones “saludables” de L. fuscus en algunos sitios de la costa de Baja California Sur, los cuales son poco frecuentados debido a las dificultades logísticas para su acceso. Entre ellos se presenta la franja de costa de los 25° a los 25° 50' N, la cual fue visitada por personal del laboratorio, quienes trabajaron en las islas Santa Cruz, Monserrat y Catalina, haciendo reconocimientos del fondo con buceo autónomo. En las visitas no se detectó una abundancia inusual de la holoturia (promedios de 0.057, 0.063 y 0.153 ind/min, respectivamente; N= 5 transectos de 30 minutos por sitio), lo cual indica que aún en sitios potencialmente poco afectados por la pesquería como esas islas, las densidades poblacionales fueron bajas.

La falta de datos previos obtenidos en las localidades mencionadas con los cuales cotejar posibles cambios de las abundancias en el tiempo, impiden la mayor discusión del punto anterior. Pero si consideramos que las poblaciones pequeñas señalan un reclutamiento limitado, puede pensarse que éste es predominantemente local (ya que hay pocos adultos que generen larvas), y que por ello, que el manejo de L. fuscus debe ser conducido con base en estrategias definidas en específico para cada zona geográfica, tal y como ocurre en el caso de la langosta (Hendrickx, 1995b). Esto se deriva de que las características biológicas de las poblaciones varían, como se notó claramente al comparar las tallas encontradas en distintas localidades en el Golfo de California, y el Pacífico tropical mexicano (Sección “a” de Resultados).

Varios autores coinciden en que la disminución general de las poblaciones hizo que la pesca de L. fuscus dejara de ser rentable (Valdez Noriega, 1994; Fajardo León et al., 1995; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996); esto obliga a preguntarse el por qué si

el costo es mayor que el beneficio, los pescadores siguen sacando pepino, e incluso desean que la pesca formal sea declarada como legal de nuevo. La respuesta a esta aparente paradoja la tiene el alto precio del producto, y las diferentes formas como es comercializado.

En 1993 (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996; Datos de bitácoras, Delegación SEMARNAP- B.C.S.), el precio por kilo de producto fresco era de 0.65 dls (alrededor de \$5.20 a la paridad actual). Si los organismos habían sido cocidos, el precio subía a 6.00 dls/kg (unos \$48.00 actuales) y si se vendían secos, se pagaban 25 dls/kg, cifra que se elevó en 1997 a 30 dls/kg (cerca de \$250.00), según pescadores entrevistados en la zona de Bahía de Los Angeles. Es claro que las utilidades de la pesca de pepino son mucho mayores luego de que los organismos han sido tratados. Además, la conservación del producto seco es mucho más sencilla y barata, ya que no requiere congelación u otro tipo de mantenimiento elaborado. Así las cosas, los pescadores siguen extrayendo pepino como una labor colateral a la pesca de otros invertebrados (pulpos, almejas, etc.), lo tratan, y luego van acumulando la captura en sacos de 25-50 kg, los que llevan a los intermediarios; cada saco se paga de \$6,000.00 a \$12,000.00, según la calidad del producto, la época del año (se vende mejor en invierno, ya que se usa en las fiestas tradicionales de oriente; Conand, 1990), y la paridad del dólar. El negocio es excelente, ya que la captura de pepino no requiere de preparación o herramientas específicas, al hacerse manualmente y a poca profundidad (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996); por si esto fuera poco, los organismos son fáciles de encontrar por un observador familiarizado con ellos. Una vez pescados, los pepinos pasan a su cocimiento, el cual se hace usando agua de mar y madera de las islas (sólo hay que



gastar en recipientes metálicos, los que se compran una sola vez y son reutilizables), y luego son secados al sol en bastidores de madera con fondo de alambre (Bourillón Moreno, 1996). Por último, el producto se almacena en jabas (reutilizables) o en sacos que se consiguen de regalo en la ciudad. En resumen, la inversión es significativamente menor al gasto, lo que explica por qué el recurso sigue siendo extraído furtivamente. Una conclusión complementaria a la anterior es que la pesca de pepino difícilmente desaparecerá, ya que sigue siendo aceptable como negocio.

Trabajos recientes (Hendrickx, 1995a; Salgado Castro, 1996, 1997), indicaron que además de L. fuscus, otras dos especies de holoturia son objeto de capturas en el Golfo de California: Holothuria impatiens (Forskaal, 1775) y H. inornata Semper, 1868 (la cual es sinónimo menor de H. kefersteini (Selenka, 1867), según Maluf, 1988). Sin embargo, revisión de material de estas especies depositado en la colección del Laboratorio de Ecología de Equinodermos del ICMYL-UNAM (llevada a cabo por la M.C. Ma. Dinorah Herrero P.), mostró que ellas son pequeñas (< 20 cm de largo) o cuentan con elevadas concentraciones de espículas en su pared corporal, lo que las hace poco apreciadas por los consumidores, o aptas para consumo humano (Anónimo, 1979). Por ello, es posible que los autores citados hayan identificado erróneamente a la especie pescada.

Para tratar de aclarar este problema, durante una visita a la zona de Bahía de Los Angeles tratamos de observar el procesamiento del pepino en campamentos de permisionarios y pescadores, y también de ver el producto en todos sus estados de preparación (desde fresco hasta seco), con el fin de identificar las especies que estaban siendo comercializadas. Encontramos que una de ellas era L. fuscus, pescada

furtivamente, ya que es la de mejor rendimiento y aceptación en el mercado. La otra era Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota (Brandt, 1835), especie más pequeña y menos robusta que la estudiada por nosotros (longitud promedio de 17.9 cm y peso promedio de 96.5 g en Isla Espíritu Santo; Herrero Pérezrul, 1994); los organismos fueron identificados por la M.C. Ma. Dinorah Herrero P., a partir de su morfología externa y de espículas obtenidas de animales frescos, usando las claves y descripciones de Deichmann (1958, p. 296-299, lámina 3, figs. 1-9). Este registro es importante, porque (quizá no coincidentalmente), en una guía de campo para buceadores (Gotshall, 1982) se presenta la fotografía de H. leucospilota bajo el nombre de H. impatiens (Fig. 61, pags. 108-109), así como la de L. fuscus, erróneamente llamada H. inhabilis. Quizá los autores citados adelante usaron esta referencia para realizar sus determinaciones de identidad de la especie, por lo que entonces ésta debe estar equivocada.

El asunto anterior hace llamar la atención hacia un aspecto poco revisado, pero clave en el problema de la pesquería y el manejo del pepino de mar: la falta de identificaciones confiables de los organismos. La taxonomía de la Clase Holothuroidea es muy compleja; en el país existe una sola experta, y a nivel mundial la situación no es mejor (Pawson, 1995). Por ello, los ecólogos han tenido que recurrir a cualquier dato publicado con el fin de usarlo como herramienta de identificación de los animales en el campo. Desafortunadamente, y como se describió, de vez en cuando se confía en guías generales, las cuales eventualmente caen en inexactitudes (a veces extremas). Este problema es relativamente menor si la investigación no tiene matices prácticos y puede ser solucionado con un estudio detallado. Sin embargo, las instancias

encargadas del manejo del recurso pepino de mar en el país no han hecho mucho por arreglarlo; un ejemplo claro de ello (además del presentado adelante) puede verse en el trabajo de Zúñiga y Michel (1992), del CRIP La Paz, quienes identificaron (?) a L. fuscus (Ludwig, 1875), bajo el nombre de Parastichopus fuscus Ludwig, 1886 (!!).

Errores de este nivel no deben ser permitidos, ya que inutilizan los estudios (¿alguien, además de las autoras, sabe qué especie trabajaron?), y representan una erogación innecesaria para las instituciones donde tales trabajos se llevan a cabo. En este punto, recomendamos que las autoridades de SEMARNAP y los CRIP estatales hagan lo posible por editar un manual de identificación en campo de las especies comerciales de pepinos de México (dirigido a la comunidad científica en general, y a sus investigadores e inspectores en particular), el cual sea preparado y escrito por taxónomos nacionales o extranjeros, y que solucione de una vez estas incongruencias.

Regresando al tema de la pesquería actual de pepino que está incidiendo aún en L. fuscus y en H. leucospilota, es importante mencionar que de las 35 jabas presentes en uno de los campos visitados (cada una conteniendo cerca de 50 kg de producto cocido, pero no seco), 21 de ellas (60%) tenían exclusivamente ejemplares de H. leucospilota, lo que indica que su pesquería tiene ya cierta importancia local. Sin embargo, parece ser que el recurso no es muy relevante para los pescadores fuera de Bahía de Los Angeles, ya que otros entrevistados, quienes trabajan en Loreto, La Paz o Guaymas, no lo explotan e incluso la especie les es desconocida. Esta holoturia presenta altos valores de compuestos químicamente activos (particularmente terpenos), por lo que es usada en la medicina tradicional en la península de Baja California (Encarnación et al., 1989, quien la identificó como Neothyone gibbosa

Deichmann, 1941, basándose en otra guía para buceadores; Kerstitch, 1989). Por ello, hay una posibilidad de que el mercado real de este producto sea su uso medicinal, no el alimenticio. Sea cual sea éste, nos permitimos hacer la recomendación a las autoridades competentes para que se mantenga un cierto nivel de vigilancia sobre la pesca de H. leucospilota, ya que como ocurrió en el caso de L. fuscus, el desarrollo de la pesquería es lento al principio, pero luego puede acelerarse casi incontrolablemente debido a la relativa abundancia del producto, su fácil captura y procesamiento, y su valor en el mercado.

#### **d) Censos de organismos.**

Durante los 12 meses de trabajo, se llevaron a cabo 192 censos de L. fuscus en cuatro localidades de la Isla Espíritu Santo (Tabla 5). Cabe señalar que los datos no cumplieron el requisito de la normalidad ( $KS= 0.204$ ;  $P < 0.001$ ;  $n=192$ ) pero sí tuvieron varianzas homogéneas ( $B= 0.165$ ;  $P= 0.112$ ;  $n=192$ ), por lo que fueron analizados con técnicas paramétricas. En promedio, se observaron  $0.106 \pm 0.008$  ind/min de buceo. La densidad poblacional estimada fue elevándose durante el tiempo del estudio (Fig. 9); sin embargo, dado que no hubo diferencia significativa del factor en relación a los meses ( $F_{11, 180} = 1.661$ ;  $P= 0.09$ ), puede decirse que la aparente elevación de la densidad (y por ende, de la abundancia poblacional), fue mas bien un efecto de la mayor eficiencia de los observadores para la detección de los organismos.

Por otro lado, comparando entre sitios de muestreo, existieron diferencias significativas en la densidad poblacional ( $F_{3,187} = 16.171$ ;  $P < 0.001$ ), y la prueba de Tukey indicó que fueron causadas por la mayor abundancia de organismos encontrada

en Bahía San Gabriel en relación con la de los otros sitios (Fig. 9). *I. fuscus* fue más abundante en la localidad posiblemente debido a que ahí hay una mayor variedad de sustratos disponibles (zonas de coral, costas rocosas y parches coralinos) en comparación con los demás sitios, al hecho de que la bahía es muy somera y cálida, lo que debe favorecer la presencia de la especie (que habita principalmente aguas tropicales; Brusca, 1980), o bien porque las zonas de coral muerto que se encuentran en la base del pequeño arrecife de este lugar, pueden ser un sitio de reclutamiento y crianza de larvas y juveniles de este pepino, las que mantienen a la población local en constante renovación y en un nivel más alto que en otras que no cuentan con esta ventaja. La hipótesis surge del hecho de que en San Gabriel, como en otras comunidades coralinas del Pacífico de México, dentro de la zona de coral muerto pueden hallarse grandes números de reclutas de equinodermos en verano (particularmente erizos, asteroideos y holoturias; (Reyes Bonilla, 1993; Mora Alvarez, 1996), ya que los intersticios presentes en la pedacería funcionan como “criaderos” de juveniles (Conand, 1993; Uthicke, 1994), al otorgarles alimento y protección contra depredadores.

Observando las curvas mensuales de densidad poblacional para los cuatro sitios muestreados (Fig. 10), es claro que la tendencia al incremento en el factor no fue seguida del todo, ya que sólo hubo diferencias significativas de densidad poblacional en Isla Ballena, donde la ocurrencia de pepinos fue más alta en Julio que en Enero y Noviembre ( $F_{11,36} = 2.891$ ;  $P = 0.008$ ), según la prueba de Tukey [en el resto de sitios, se presentaron los siguientes resultados: San Gabriel:  $F_{11,36} = 0.354$ ;  $P = 0.966$ . Ensenada Grande:  $F_{11,36} = 1.707$ ;  $P = 0.112$ . Candelero:  $F_{11,36} = 1.530$ ;  $P = 0.164$ ]. En

resumen, puede decirse que la densidad poblacional de L. fuscus en la Isla Espíritu Santo tendió a ser estable en el año de muestreo, tanto a nivel general como en los distintos sitios revisados. El resultado es interesante, ya que Salgado Castro (1994a, b) hizo referencia a que los pepinos disminuían bruscamente su densidad poblacional durante invierno en el norte del Golfo de California, quizá debido a algún tipo de migración causada por los cambios en la temperatura del agua; un fenómeno así no fue observado en Espíritu Santo, ni ha sido registrado en otros estudios de zonas tropicales (Mora Alvarez, 1996), pero puede merecer mayor atención en su momento.

Las unidades que más se han usado para estimar la abundancia o densidad de L. fuscus en el Golfo de California han sido las de individuos por metro cuadrado (Salgado Castro, 1993, 1994a, 1996; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996), por lo que no pueden hacerse comparaciones directas con los resultados obtenidos aquí. Mora Alvarez (1996) utilizó la unidad de ind/min de buceo al investigar la abundancia de la especie en Zihuatanejo, y en algunos sitios halló cifras mayores a las encontradas en el presente estudio (0.5 a 2.2 ind/min), lo que indicaría que la densidad era mayor que en La Paz. Sin embargo, el bajo tamaño de muestra empleado en la tesis (N=1 transecto por zona y por mes), no permite validar o comparar satisfactoriamente estas cifras.

Conand (1990) presentó una equivalencia de tiempo de buceo a área, donde se indica que 1 h de buceo equivale a 0.5 Ha recorridas (5,000 m<sup>2</sup>); usando tal medida, puede verse que el promedio de organismos observados por minuto de buceo (0.106), arroja una densidad de 0.0013 ind/m<sup>2</sup> en la Isla Espíritu Santo, mucho más baja que la registrada en la literatura para el sur o norte del Golfo de California entre 1989 y 1993 (0.03 a 0.59 ind/m<sup>2</sup> en el sur, y 0.09 a 1.46 en el norte; Salgado Castro, 1993, 1994a, b,

1997; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996); el cálculo indica que la población local de L. fuscus debe estar en niveles críticos. Sin embargo, esta suposición está pobremente fundamentada, ya que las metodologías usadas en los estudios varían, y el error en que se puede incurrir al compararlas puede ser enorme (y además, éste es casi imposible de estimar). Por otro lado, especies comerciales del Indo Pacífico muestran densidades muy similares a las registradas para L. fuscus en el golfo (Conand, 1990), por lo que tales niveles de abundancia no deben ser considerados como anormales para holoturias. Así, quizá las poblaciones del pepino de mar estudiado por nosotros se encuentran en niveles bajos, pero explotables, y no están bajo amenaza de quedar extintas localmente, al menos, en las condiciones actuales.

Independientemente de lo anterior, como un ejercicio se decidió calcular la abundancia total de ejemplares de L. fuscus en San Gabriel, usando los datos de densidad poblacional obtenidos, transformándolos a metros, y multiplicando la cifra promedio por el área total de la bahía de San Gabriel, donde la mayor cantidad de holoturias fueron vistas. La densidad (ind/h) encontrada en San Gabriel fue de 0.194, equivalente a 0.0023 ind/m<sup>2</sup>. Considerando que la bahía ocupa un área aproximada de 1 minuto de latitud (1.8 km) por lado, multiplicando el área por la densidad nos da un total estimado de 7,452 individuos en toda la bahía. Curiosamente, este número es superior al estimado por el personal del CRIP La Paz para toda la Isla San José en 1991 (la cual es al menos dos veces más grande que Espíritu Santo), e incluso para toda la zona sur de captura (24° a 25° N; Fajardo León y Vélez Barajas, 1996). Las discrepancias encontradas en la comparación anterior, posiblemente producto de que

no se usaron metodologías afines, remarcan la necesidad de utilizar métodos comunes entre investigadores.

A este respecto, cabe discutir cuál puede ser el método más adecuado para los fines de estimación de densidad poblacional de holoturias. Primeramente, la determinación de abundancias por cuadrantes, el método usado en otros trabajos (Salgado Castro, 1994b; Fajardo León et al., 1996) requiere de ciertas condiciones obligatorias para asegurar su precisión. Entre ellas está el que los organismos sean al menos 10 veces más pequeños que el cuadrante de muestreo, el que las unidades muestrales sean aplicadas aleatoriamente en el área de estudio, y el que el tamaño de muestra sea suficiente para lograr un estimador aceptable (es decir, con poca varianza; Krebs, 1989). Desafortunadamente, en los estudios referidos no se ha hecho mención de la "N" utilizada, de la técnica que se siguió para colocar los cuadrantes o de su tamaño, por lo que no puede ser evaluado el nivel de precisión alcanzado. Por otro lado, el uso de transectos es menos restrictivo, ya que en este caso prácticamente se asegura el que la unidad muestral sea más grande que el organismo, y que al cubrir más área, la varianza del estimador sea baja (Krebs, 1989; Begon et al., 1996). Sin embargo, el requisito de aleatoriedad sigue existiendo, y deben hacerse ajustes para calcular el área cubierta, tanto si se hacen recorridos con base al tiempo, como debido a los cambios de visibilidad subacuática en el año. En resumen, parece ser que el método de transectos es el más adecuado para estimar la abundancia y densidad poblacional de I. fuscus, con base en sus condiciones de abundancia y modo de vida, sin embargo, antes de sugerir que sea aceptado por otras instancias de investigación,



requeriría de pruebas previas para definir tamaños y métodos específicos para aplicarlo.

Para concluir esta sección del Informe, quisieramos hacer hincapié en un punto ya tocado brevemente: la posibilidad de que I. fuscus se encuentre en verdadero peligro de extinción (local o regional), dada su bajo tamaño poblacional. En la actualidad, en los círculos de la conservación hay un consenso al respecto de que más que saber el número total de individuos de una población, es necesario conocer su tamaño efectivo ( $N_e$ , en términos genéticos), el cual representa (de manera general) el número de individuos reproductivos disponibles en el deme (Nunney y Elam, 1994). Una vez con él, lo más adecuado es proceder a la estimación de la mínima población viable de la especie en la localidad, parámetro que representa el número total de ejemplares que la población debe tener para asegurar su persistencia por 1,000 años, con un 99% de probabilidad (Nunney y Campbell, 1994).

Los estudios teóricos han mostrado que si  $N_e$  es menor a 100 individuos, la población muy posiblemente se extinguirá localmente, ya que la selección natural pasa a segundo término, y el destino del grupo de individuos llega a ser determinado por eventos fortuitos como la deriva genética (fijación de alelos por eventos aleatorios; Maynard Smith, 1989); en adición, la mínima población viable equivale a un número de 5 a 10 veces el valor de  $N_e$  (Nunney y Campbell, 1994).

El cálculo preciso de  $N_e$  es complejo, pero hay fórmulas sencillas que permiten obtener estimaciones preliminares; a partir de una de ellas (que considera sólo la proporción de sexos; Falconer y Mackay, 1996), puede calcularse que si la población total de I. fuscus de Espíritu Santo es de un mínimo de 7,500 individuos (ver Sección

“d” de Resultados), y hay un 68% de animales reproductivos, el valor de Ne es de 1,275, es decir, la población debe estar en un estado relativamente “sano”, desde el punto de vista genético, lo que indicaría que aún con la severa disminución en los números acaecida hace años, la probabilidad de extinción real de la población local es muy baja, y ésta debe ser aún menor si hablamos de la desaparición del taxón. Esta última e importante conclusión, se apoya también en el hecho de que L. fuscus tiene una distribución amplia en el Pacífico americano (cubriendo más de 3,000 km de línea de costa; Maluf, 1988), y donde sólo ha sido explotada a niveles apreciables en México, Costa Rica y Ecuador (Conand, 1996, en prensa; Cortés, 1997), por lo que quizá la mayor parte de sus poblaciones permanecen intactas o sostienen bajos niveles de explotación. Los “stocks vírgenes” bien pueden surtir a los demás de suficientes larvas como para asegurar la sobrevivencia de esta holoturia en la región, al menos en la actualidad. Además, otra evidencia que favorece la afirmación de que L. fuscus no se encuentra en peligro de extinción local en Espíritu Santo, es el que su tamaño poblacional estimado (7,500 animales) está dentro de los intervalos que definen su mínima población viable (entre 6,375 y 12,750 individuos).

Aunque la posibilidad de que este pepino de mar se encuentre en verdadero peligro de extinción es mucho muy baja, el destino de las poblaciones locales que alguna vez estuvieron bajo explotación no es tan fácil de determinar a corto plazo (mientras que a largo, si la especie no se extingue y hay suficiente flujo larval, las poblaciones que hayan llegado a desaparecer surgirán de nuevo). En particular, el asunto de la posible extinción de la población local de L. fuscus es difícil de abordar, ya que de entrada hay dos factores que afectan la proporción real de individuos

reproductivos (parámetro base para calcular  $N_e$ ), los cuales no fueron considerados aquí. El primero es el hecho de que la talla de madurez mencionada se calculó a partir de individuos contraídos y tratados con químicos (Herrero Pérezul, 1994), por lo que quizá, la edad de primera reproducción sea mayor que 5 años. El segundo factor, quizá más importante, es que la abundancia real de juveniles probablemente estuvo muy subestimada, de manera que si ese grupo poblacional es mayor al 32% (y así debe ser), la proporción real de individuos reproductivos es más baja. Ambas situaciones indican que el  $N_e$  local de *I. fuscus* debe ser menor al estimado, y que por tanto existe la posibilidad de que en Espíritu Santo, esta holoturia presente números inferiores a los requeridos para asegurar su sobrevivencia a largo plazo. Para concluir, diremos que la respuesta real de este problema está fuera del alcance del estudio, pero que se ha llamado la atención del mismo como una forma de remarcar la importancia de que se conduzcan estudios genéticos de la especie en el Pacífico mexicano, los que aclararían la situación y permitirían un manejo más adecuado del recurso. Además, que considerando que la evidencia indica claramente que *I. fuscus* no está en verdadero peligro de extinción en la región, la posición de la especie dentro de la NOM debe ser modificada.

#### **e) Recomendaciones para el manejo del recurso.**

En la actualidad, *I. fuscus* es una especie que permanece dentro de la NOM, en la categoría de “en peligro de extinción” (Anónimo, 1994). Si la legislación fuera aplicada rigurosamente y los pescadores la respetaran tal cual, no habría problema y quizá sería cuestión de esperar a que el recurso regresara a niveles de abundancia

semejantes a los registrados en 1989-90 (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996), para entonces tomar una decisión al respecto de la reanudación de la pesca o la continuación de la veda. Sin embargo, en la realidad las cosas son muy diferentes: el pepino sigue siendo explotado a lo largo del Golfo de California (y posiblemente, también en el resto del Pacífico mexicano) y peor aún, la extracción se hace de manera totalmente incontrolada, sin regulaciones, y sin beneficios para otros más que los pescadores o los permisionarios involucrados. Esta situación hace que el resto del sector, más respetuoso (o temeroso) de las leyes, exprese abiertamente su inconformidad con la manera como las autoridades están manejando el problema, al considerar que ésta deja mucho qué desear.

Según el punto de vista de SEMARNAP y PROFEPA, la situación de la pesquería furtiva está casi fuera de su alcance, ya que los pescadores trabajan normalmente en islas, donde se instalan en campamentos pequeños y provisionales, contruídos de lámina de cartón y tablas, o en tiendas de campaña (Bourillón Moreno, 1996; obs. pers., 1997). En estas condiciones, el seguimiento de sus actividades es casi imposible. Por otro lado, los inspectores de las agencias de gobierno muestran un fuerte desconocimiento de las características biológicas y del estado del estudio sobre el recurso, lo cual los deja en posición difícil para cumplir sus labores.

Quizá el problema actual tenga su raíz en el momento mismo que la especie es declarada como en peligro de extinción, sin haberse realizado los estudios básicos sobre la condición de las poblaciones. Durante el desarrollo del presente estudio hemos platicado con decenas de personas, miembros de distintos sectores relacionados con la pesquería (inclusive, del CRIP local), y *nadie* sabe quién o por qué

se decidió que L. fuscus entrara a la NOM (y si se sabe, se ha mantenido el secreto). Decisiones arbitrarias como ésta sólo pueden generar inconformidades, por razones obvias.

Un segundo origen de la tensión actual y de las discrepancias de opinión entre los interesados, proviene de las observaciones de campo de las mismas personas involucradas, ya que permisionarios, pescadores e incluso algunos investigadores (por ejemplo, del CRIP Guaymas), aseguran que las poblaciones del pepino de mar de nuevo están alcanzando niveles redituables para la explotación comercial, y afirman esto con base en su experiencia personal. En este punto, no debe olvidarse el hecho de que esas “estimaciones”, de alguna manera pueden estar sesgadas debido a la intención de que el recurso quede libre para ser pescado de nuevo, por lo que deben ser tomadas en su justa medida.

La respuesta a la interrogante central (¿las poblaciones se han recuperado?) sólo la pueden dar los CRIP estatales, encargados oficiales de la evaluación del recurso. La (poca) información publicada que se conoce de esta fuente (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996) indica que en algunas zonas el pepino disminuyó sus números en la época de las pesquerías (1989-1994), y en otras no, lo cual nos deja sin buenas bases para llegar a una conclusión. Peor aún, no hay información oficial disponible sobre la abundancia de L. fuscus de 1995 en adelante; es decir, en los últimos años el verdadero estado de las poblaciones es desconocido, como lo reconoció Valdez Noriega (1994). Así las cosas, difícilmente puede darse respuesta a los pescadores, basada en el conocimiento real del problema.

En estas condiciones iniciamos nuestro estudio. Los resultados ya descritos indican que la especie es relativamente poco abundante, y que al menos en el área de Isla Espíritu Santo, difícilmente puede sostener una explotación continua (debe haber menos de 15,000 ejemplares en la zona, equivalentes a unas 5.8 tn de pepino fresco, a 350 kg de peso seco, o a 7 sacos grandes llenos de producto; estimación lograda multiplicando abundancia total por peso promedio de los organismos vivos, y luego, convirtiendo a peso seco a partir de las equivalencias presentadas por Fajardo León y Vélez Barajas, 1996). Considerando las otras áreas donde se conocen datos de densidad poblacional, las cifras tampoco son muy alentadoras; no obstante esto, L. fuscus está lejos de ser una especie en peligro real de extinción, aunque poblaciones específicas puedan haber sido efectivamente diezgadas. Por lo anterior, puede pensarse que una de las recomendaciones finales del presente estudio debía ser el que se siga manteniendo la veda permanente, hasta que (y si) las poblaciones mejoren su condición. Desafortunadamente, la extracción furtiva hace que la prohibición actual no tenga sentido real, o que no funcione como se supone que debe hacerlo.

Hay que partir de que los pescadores seguirán extrayendo pepino, aún bajo las condiciones actuales, debido al gran rendimiento económico que éste les ofrece. Salgado Castro (1996a, 1997) afirmó que la pesca de este recurso representa un trabajo alternativo para la gente de mar en épocas de veda de erizo, lapa o abulón, y que es tan importante económicamente en el centro del golfo como la pesca de langosta, debido a la cantidad de divisas que ingresa al país, y al número de fuentes de empleo que genera. Conjuntando estos hechos con nuestros resultados, y bajo la

premisa de que la prohibición no funciona en la práctica, nos atrevemos a sugerir los siguientes modos de manejo del recurso L. fuscus.

**1) Granjas acuaculturales.** En Japón y otros países de oriente, el cultivo de pepinos es una industria bien establecida (Anónimo, 1979; Izumi, 1991), que aún sin que ya pueda competir económicamente con el producto importado y obtenido del medio natural, deja dividendos aceptables a las personas. Esta opción ya está siendo adoptada a nivel piloto en el país, utilizando como objeto de cultivo a L. fuscus y a Parastchopus parvimensis (M.C. Germán Pérez P., CRIP- Ensenada, com. pers. 1997). Según nuestros resultados, y los de Herrero Pérezrul (1994) y Fajardo León et al. (1995), L. fuscus es apta para ser mantenida en condiciones controladas porque (para ser un pepino de mar) crece rápidamente, es fácil de nutrir con alimentos comerciales (pellets, etc.), es muy fecunda, y se puede usar a la temperatura como un inductor de su desarrollo gonádico y para el desove. Por otro lado, aunque los individuos alcanzan su talla comercial mínima (25 cm) en casi seis años, la edad donde una cohorte llega a su mayor cantidad de biomasa aprovechable es de 3 años (Mazariegos Ramírez, en prep.), lo que indica que tal y como se hace con otros cultivos como el de almeja (Carmona et al., 1994), puede dedicarse la producción entera para el consumo, e incluso ser explotada antes de la edad de reproducción si se mantiene una cantidad adecuada de individuos reproductores en la granja, los cuales deben provenir de una cuidadosa selección de ejemplares recolectados del medio natural (Mazón Suástegui, 1996).

El cultivo de esta especie puede presentar algunos inconvenientes, quizá el peor de ellos, el problema potencial de su “alta” tasa de mortalidad. Este puede ser solucionado con la construcción de encierros, dentro de los cuales la incidencia de muerte se ve reducida drásticamente (Wiedemeyer, 1994; Chao et al., 1994). También deben llevarse a cabo estudios para determinar el tamaño óptimo para las áreas de cultivo de L. fuscus, ya que se desconoce el ámbito de residencia de los ejemplares, su tasa de consumo de alimento y por ende, los recursos (específicamente alimento) que determinan la capacidad de carga que se requiera en este caso.

El cultivo tiene una última gran ventaja: la posición de la especie dentro de la NOM puede conservarse sin afectar a los acuacultores, tal y como ocurre en el caso de la madreperla y otros moluscos, y además proporcionar fuentes de trabajo permanentes a pescadores que ahora extraen el recurso de manera eventual.

**2) Reapertura de la pesquería.** Esta opción suena extrema de entrada, pero tiene algunos puntos a favor. Inicialmente, la legalización de la pesquería permitirá a las autoridades competentes el poder estimar más adecuadamente el nivel real de capturas (labor que en la actualidad es imposible), gravar por la expedición de permisos y la exportación del producto, etc. Ciertamente seguirá habiendo pesca fuera de la ley (¿en qué recurso marino no ocurre esto?), pero al menos, las actividades de los permisionarios más importantes y que presumiblemente capturan más pepino, puede ser controlada hasta cierto punto. Además, los fondos obtenidos de la pesquería pueden usarse para apoyar otro tipo de estudios como los acuaculturales (ya que las dos opciones que se han planteado no son mutuamente excluyentes), estimaciones del verdadero estado de las poblaciones, etc.



La apertura de la pesquería no puede hacerse bajo las condiciones que se tenían a principios de la década en el estado, donde las tallas de extracción no estaban reguladas, y en las que el manejo se hacía a partir de la determinación de cuotas de captura, y por la limitación del número de equipos trabajando (Fajardo León y Vélez Barajas, 1996). Deben proponerse épocas de veda (preferentemente en verano, para dejar a la especie reproducirse adecuadamente), así como tallas de captura (Fajardo León et al., 1995; Salgado Castro, 1994a). En este sentido y apoyándonos en los datos del presente trabajo, puede sugerirse un peso mínimo de captura de 350 g, y/o una talla de 23 cm (cifras similares a los promedios poblacionales, y suficientes como para asegurar que al menos algunos de esos individuos se hayan reproducido al menos una vez), y también, el que la pesquería se conduzca en otoño e invierno, para evitar la muerte de organismos en reproducción.

Como un complemento a las líneas señaladas, se sugiere la demarcación de una cuota máxima de biomasa de pepino a ser pescada en el estado; esta cifra debe fundamentarse con base en la determinación *real* de la abundancia de la especie, tanto a nivel local como regional, lo que obliga a que tales datos deben actualizarse, ya que como se dijo, desde 1994 no hay estimaciones confiables de los mismos. Por último, es recomendable que partiendo de la información registrada sobre la captura por unidad de esfuerzo y de los parámetros de crecimiento individual (presentados en este informe, pero que se deben obtener para cada población específica, o zona geográfica), se planteen modelos de explotación de *I. fuscus*, usando técnicas de análisis de población virtual, y siguiendo los puntos de referencia biológicos recomendados por FAO (Caddy y Mahon, 1995). Esto permitiría de entrada el poder

sugerir las cuotas máximas de captura para el reinicio de la pesquería, estimar de mucho mejor manera el verdadero efecto que las capturas tuvieron sobre las poblaciones, y luego regular los niveles recomendables para las futuras temporadas de extracción.

Una serie de investigaciones que complementarían de gran manera lo aquí presentado, y que nos darían información muy valiosa sobre el estado de las poblaciones y sobre sus mejores sistemas de manejo, son los estudios genéticos. Con ellos se podría conocer el nivel de flujo genético entre poblaciones (equivalente al número de larvas que llega de otras poblaciones a un sitio dado; Falconer y Mackey, 1996), su variabilidad genética (indicativo de su resistencia a cambios ambientales; Maynard Smith, 1989) e incluso, tales investigaciones apoyarían los análisis pesqueros, dado que ayudarían a definir claramente los stocks de explotación reales de L. fuscus en la región.

La apertura de la pesquería implica un cierto nivel de trabajo burocrático, pues la especie debe salir de la NOM (o al menos cambiar de categoría), ya que no está en peligro real de extinción. Sin embargo, los beneficios potenciales de esta modificación son suficientes como para que puedan ser tomados seriamente.

Las recomendaciones que sugerimos como corolario de la investigación aquí realizada ya han sido presentadas a lo largo del texto. Sin embargo, quisieramos resumir las más importantes:

- a) Es deseable que de aquí en adelante, los encargados del manejo y la investigación sobre L. fuscus sigan una serie de metodologías comunes para determinar parámetros merísticos y poblacionales. Estos métodos no sólo deben aclarar

detalles sobre los aspectos de trabajo de campo, sino que también marcar los lineamientos y las estrategias más adecuadas para el análisis y presentación de la información generada.

- b) Los CRIP de los estados y las demás instancias responsables deberán continuar el análisis del estado de las poblaciones de L. fuscus en el Pacífico mexicano; la situación debe haber cambiado al menos un poco en los últimos años, pero no estamos conscientes de ello debido a la falta de información básica sobre abundancias, densidades poblacionales, estructuras de tallas, etc.
- c) Debe elaborarse un manual de campo para la identificación de holoturias comerciales, que contenga fotografías o dibujos de los organismos y de sus espículas, así como de su apariencia luego del cocimiento y secado; este trabajo debe llevarlo a cabo un taxónomo experto, quien se asesorará por los inspectores de SEMARNAP y CRIP para este fin.
- d) Los análisis genéticos y las estimaciones de tamaño efectivo de la población y el número mínimo de población viable, deben ser aspectos que se traten de solucionar a la brevedad, ya que sólo con esa información puede aclararse el verdadero estatus de la especie; sin embargo, no hay que olvidar que en realidad, L. fuscus NO está en peligro de extinción en México.
- e) Por último, exhortamos a los autores de los muchos trabajos que sólo existen en forma de tesis, reportes internos, o resúmenes de congresos, que publiquen su información a la brevedad, con el fin de homogenizar el conocimiento y facilitar los esfuerzos conjuntos para el estudio y el manejo de este recurso nacional.

## CONCLUSIONES

1) Los miembros de la población de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) que habita la Isla Espíritu Santo, Bahía de La Paz, tienen en promedio una longitud de  $23.25 \pm 0.26$  cm, y un peso de  $385.97 \pm 7.81$  g, con máximos de 40 cm y 830 g. Tales tallas son menores a las de poblaciones de la misma especie que habitan el norte del Golfo de California, pero mayores a las registradas en el Pacífico tropical mexicano.

2) Las ecuaciones de crecimiento en longitud y peso de los individuos de la población estudiada fueron:

$$\text{Longitud total (en cm)} = 36.118 (1 - [ e^{(-0.180 (t - 0.024))} ])$$

$$\text{Peso total (en g)} = 815.485 (1 - [ e^{(-0.180 (t - 0.024))} ])^{1.832}$$

Estas son las primeras de su tipo calculadas para la especie, e indican que I. fuscus crece alométricamente, y que sus parámetros de crecimiento no difieren mucho de los encontrados en otras holoturias de gran importancia comercial.

3) La edad promedio estimada de los individuos de la población fue de 6 años, encontrándose animales que tenían desde menos de uno, hasta 38 años. Los ejemplares alcanzan su primera madurez a los 5 años. La estructura de edades muestra con claridad el efecto que tuvo la pesquería legal en la localidad, ya que los individuos que nacieron luego de 1994 (fecha de implantación de la veda permanente), representan el grueso de la poza reproductiva en la actualidad.

4) La tasa anual estimada de mortalidad natural de I. fuscus en Espíritu Santo fue de 0.51, lo que indica que muere cerca del 40% de los reclutas de cada cohorte, y que menos del 20% alcanza la edad de primera reproducción.

- 5) La densidad poblacional de L. fuscus en Espíritu Santo fue de  $0.106 \pm 0.008$  ind/min de buceo, cifra que indica que el número total de individuos en la isla debe ser cercano a 7,500. Al parecer, la mayor parte de los mismos habita en la Bahía de San Gabriel, sitio caracterizado por ser somero, por su diversidad de hábitats, y por la presencia de un pequeño arrecife coralino, en cuya periferia se reclutan los juveniles del taxón estudiado.
- 6) No hay evidencia de que la población local de la especie esté en verdadero peligro de desaparecer, ya que potencialmente tiene un tamaño adecuado (tanto total, como efectivo). En adición, la gran distribución geográfica de la especie y el hecho de que su pesquería se realizó en ciertos países, y en sitios específicos de cada uno, indican que esta holoturia difícilmente está en peligro real de extinción. Tales resultados nos llevan a sugerir que la condición de L. fuscus dentro de la NOM, deba ser modificada.
- 7) No se detectaron bancos importantes de L. fuscus en el sur del golfo, o poblaciones vírgenes; todas fueron explotadas en algún momento de la pesquería (entre 1988 y 1994), o lo son en la actualidad, por pescadores furtivos.
- 8) La especie sigue siendo capturada en el Golfo de California, ya que representa una buena fuente de divisas para los trabajadores del mar. Por ello, se propone que las autoridades competentes pongan en práctica alguna (o ambas) de las siguientes opciones: fomento al maricultivo de L. fuscus, o reapertura de la pesquería, con mejores controles sobre las labores de pescadores y permisionarios.

## LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1979. Beche- de- mer of the tropical Pacific. A handbook for fishermen. South Pacific Commision, Noumea. Handbook No. 18. 125 p.
- Anónimo. 1994. NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de fauna y flora silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación. Mayo 16.
- Bakus, J.G. 1973. The biology and ecology of tropical holothurians. pp. 325-367, In: O.A. Jones y R. Endean (eds.). Biology and Geology of coral reefs. Academic Press, New York.
- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell, Cambridge. 1068 p.
- Belhadjali, K. 1997. Succesful production of juvenile sandfish Holothuria scabra by ICLARM in the Solomon Islands. Beche de mer Information Bulletin 9: 3-4.
- Birkeland, C. 1989. The influence of echinoderms on coral- reef communities. pp. 1-79, In: M. Jangoux y J.M. Lawrence (eds.). Echinoderm studies. Vol. 3. Balkema, Rotterda,.
- Bourillón Moreno, L. 1996. Actividad humana en la región de las Grandes Islas del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas. 2230 p.
- Brusca, R.C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. 2<sup>nd</sup> ed. University of Arizona Press, Tucson. 507 p.

- Caddy, J.F. y R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Report No. 347. FAO, Roma. 83 p.
- Camhi, M. 1995. Industrial fisheries threaten ecological integrity of the Galápagos Islands. *Conservation Biology* 9: 715-724.
- Carmona, R., M. Angeles y H. Ramírez Aguirre. 1994. Una aproximación metodológica a la medición de la relación entre la actividad económica y la naturaleza. La almeja catarina (Argopecten circularis): un caso de estudio. *Revista de Investigación Científica UABCS* 5: 7-20.
- Caso, M.E. 1967. Morfología interna y ecología de Stichopus fuscus Ludwig. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM. Serie Ciencias del Mar* 37: 175-182.
- Chao, S.M., C.P. Chien y P.S. Alexander. 1994. Reproduction and growth of Holothuria atra (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Marine Biology* 119: 565-570.
- Conand, C. 1988. Comparison between estimations of growth and mortality of two stichopodid holothurians: Thelenota ananas and Stichopus chloronotus (Echinodermata: Holothuroidea). *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Townsville* 2: 661-665.
- Conand, C. 1990. The fisheries resources of Pacific island countries. Part 2. Holothurians. *FAO Fisheries Research Technical Paper* 272.2. 143 p.
- Conand, C. 1993. Ecology and reproductive biology of Stichopus variegatus, an Indo-Pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science* 52: 970-981.

- Conand, C. 1996. Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. Abstracts of the 9<sup>th</sup> International Echinoderm Conference, San Francisco. p. 43.
- Conand, C. In press. Are holothurian fisheries for export sustainable? Proceedings of the 8<sup>o</sup> International Coral Reef Symposium. Universidad de Panamá, Panamá.
- Cortés, J. 1997. Comunidades coralinas y arrecifes del Area de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 45: 623-625.
- Deichmann, E. 1958. The Holothuroidea collected by the Velero III and IV, during the years 1932-1954. Part II. Aspidochirota. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 11: 249-331.
- Ebert, T.A. 1978. Growth and size of the tropical sea cucumber Holothuria (Halodeima) atra Jaeger, at Enewetak atoll, Marshall Islands. *Pacific Science* 32: 183-191.
- Encarnación Dimayuga, R., G. Carrasco y M. Espinoza. 1989. Neothyoside A, proposed structure of a triterpenoid tetraglycoside from the Pacific sea cucumber Neothyone gibbosa. *Journal of Natural Products* 52: 248-251.
- Encarnación Dimayuga, R. y S. Keer García. 1992. Compuestos con actividad antimicrobiana de organismos marinos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 22: 33-41.
- Fajardo León, M.C, y E. Michel Guerrero. 1996. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar Isostichopus fuscus, en Santa Rosalía, B.C.S., México. Resúmenes del II Simposium sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. CICIMAR, La Paz. Res. O-34.



- Fajardo León, M.C. y A. Vélez Barajas, 1996a. Pesquería del pepino de mar. pp. 151-165. In: M. Casas Valdez y G. Ponce Díaz (eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. 1. SEMARNAP/ CICIMAR.
- Fajardo León, M.C., E. Michel Guerrero, J. Singh Cabanillas, J.A. Vélez Barajas y J.A. Massó Rojas. 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar Isostichopus fuscus, en Santa Rosalía, B.C.S., México. Ciencia Pesquera 11: 45-53.
- Falconer, D.S. y T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4<sup>th</sup> ed. Longman, Essex. 464 p.
- Fiedler, P.C. 1992. Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Technical Report NMFS 109. 34 p.
- Gayanillo, F.C., P. Sparre y D. Pauly. 1994. The FAO- ICLARM stock assesment tools (FiSAT). FAO computerized information series (Fisheries) No. 8. Vol. 1, User's guide; Vol. 2, Reference manual. FAO, Roma. 186 p. (Vol. 1), y 249 p. (Vol. 2).
- Gotshall, D.W. 1982. Marine animals of Baja California. Sea Challengers, Monterey. 112 p.
- Gould, S.J. 1977. Ontogeny and phylogeny. Belknap Press, Cambridge. 256 p.
- Green, G. y G.J. Bakus. 1975. Toxicidad en esponjas y holoturias. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología UNAM 2: 61-66
- Gulland, J.A. y A.A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca No. 323. FAO, Roma. 112 p.

- Gunderson, D.R. 1997. Trade- off between reproductive effort and adult survival in oviparous and viviparous fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54: 990-998.
- Hamano, T., M. Amio y K.I. Hayashi. 1989. Population dynamics of Stichopus japonicus Selenka (Holothuroidea: Echinodermata) in an intertidal zone and on the adjacent subtidal bottom with artificial reefs for Sargassum. *Suisanzoshoku* 37: 179-186.
- Hendrickx, M.E. 1995a. Equinodermos. pp. 637-646. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro- oriental. Vol. I. FAO, Roma.
- Hendrickx, M.E. 1995b. Langostas. pp. 383-415. In: W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, K.E. Carpenter y V.H. Niem (eds.). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro- oriental. Vol. I. FAO, Roma.
- Herrero Pérezrul, M.D. 1994. Estudio comparativo de la reproducción de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) y Neothyone gibbosa Deichmann, 1941 (Echinodermata: Holothuroidea), en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas- I.P.N., La Paz. 88 p.
- Izumi, M. 1991. A handbook on the japanese sea cucumber: its biology, propagation and utilization. *Beche- de- mer Information Bulletin* 3: 8-15.
- Jensen, A.L. 1997. Origin of the relation between K and Linf and synthesis of relationships among life history parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54: 987-990.

- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez marine invertebrates. Sea Challengers, Monterey. 113 p.
- Krebs, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper, New York. 654 p.
- Lara López, A.L., N.M. Ramírez Munguía, A. Saucedo García y A.G. Vera Rivera. 1996. Variabilidad en el tamaño de las espículas tipo torre de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) del Pacífico mexicano. Resúmenes del XI Simposium Internacional de Biología Marina. UABCS, La Paz. Resumen O-044
- Lawrence, J.M. 1987. A functional biology of echinoderms. Croom Helm, London. 340 p.
- Longhurst, A.R. y D. Pauly. 1987. Ecology of tropical oceans. Academic Press, San Diego. 407 p.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton. 179 p.
- Martínez, P.C., M.V. Toral y R.H. Bustamante. 1996. Population and reproductive biology of the sea cucumber Isostichopus fuscus in the Galápagos Islands, Ecuador. Abstracts of the 9<sup>th</sup> International Echinoderm Conference, San Francisco. p. 88.
- Maluf, L.Y. 1988. Composition and distribution of the Central Eastern Pacific Echinoderms. Natural History Museum of Los Angeles County. Tech. Reports. 2: 242.
- Maynard Smith, J. 1989. Evolutionary genetics. Oxford University Press, Oxford. 325 p.

- Mazón Suástegui, J.M. 1996. Cultivo de almeja catarina Argopecten circularis. pp. 514-544, In: M. Casas Valdez y G. Ponce Díaz (eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. 2. SEMARNAP/ CICIMAR
- Millán Núñez, R. y J.R. Lara Lara. 1995. Productividad primaria del fitoplancton del Pacífico mexicano: un diagnóstico. pp. 31-60, In: F. González Farías y J. de la Rosa Vélez (eds.). Temas de oceanografía biológica en México. Vol. II. UABC, Mexicali.
- Mora Alvarez, B.X. 1996. Distribución y abundancia de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia. 45 p.
- Nunney, L. y K.A. Campbell. 1993. Assessing minimum viable population size: demography meets population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 234-239.
- Nunney, L. y D.R. Elam. 1994. Estimating the effective population size of conserved populations. *Conservation Biology* 8: 175-184.
- Pauly, D. y G.R. Morgan (eds.). 1987. Length- based methods in fisheries research. ICLARM- Kuwait Institute for Scientific Research, Sicily. 468 p.
- Pauly, D., M.L. Soriano Bartz y M.L.D. Palomares. 1993. Improved construction, parametrization and interpretation of steady- state ecosystem models. pp. 1-13, In: V. Christensen y D. Pauly (eds.). *Trophic models of aquatic ecosystems*. ICLARM Conference Proceedings 26. ICLARM, Manila.

- Pauly, D., V. Sambilay y S. Opitz. 1993. Estimates of relative food consumption by fish and invertebrate populations required for modelling the Bolinao reef ecosystem, Phillipines. pp. 236-251, In: V. Christensen y D. Pauly (eds.). Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conference Proceedings 26. ICLARM, Manila.
- Pawson, D.L. 1995. Echinoderms of tropical island Pacific: status of their systematics and notes on their ecology and biogeography. Pp. 171-192, In: J.E. Maragos (ed.). Marine and coastal biodiversity in the tropical island Pacific region. Vol. I. Pacific Science Association/ Berenice P. Bishop Museum, Honolulu.
- Pérez Plascencia, G. 1995. Crecimiento y reproducción del pepino de mar Parastichopus parvimensis en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 67 p.
- Reyes Bonilla, H. 1993. Biogeografía y ecología de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. pp. 207-222, In: S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.). Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO/ CIQRO. Chetumal.
- Ricker, W.C. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 191: 1-382.
- Roberts, D. 1979. Deposit- feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 37: 43-56.
- Salgado Castro, L.R. 1994a. Opciones de manejo del recurso Isostichopus fuscus del Mar de Cortés, B.C.S. Resúmenes del V Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C. UABCS, La Paz. Sin paginación.

- Salgado Castro, L.R. 1994b. The fishery of the sea cucumbers Isostichopus fuscus and Parastichopus parvimensis in Baja California, México. p. 504, In: B. David y M. Guille (eds.). Echinoderms through time. Balkema, Rotterdam.
- Salgado Castro, L.R. 1996. Review of recent developments in the Baja California, México, Isostichopus fuscus, Holothuria impatiens and Parastichopus parvimensis fisheries. Abstracts of the 9<sup>th</sup> International Echinoderm Conference, San Francisco. p. 40.
- Salgado Castro, L.R. 1997. Revisión de las pesquerías de pepinos de mar en Baja California. Resúmenes del VI Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C., Mazatlán. p. 22.
- Shelley, C. 1985. Growth of Actynopyga echinites and Holothuria scabra (Holothuroidea: Echinodermata) and their fisheries potential (as beche- de- mer) in Papua New Guinea. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Tahití 5: 297-302.
- Sierra Rodríguez, P. 1994. Prospección de pepino de mar Stichopus fuscus en la costa de Oaxaca, México. Resúmenes del Primer Taller de evaluación sobre las pesquerías ribereñas del Pacífico mexicano. CRIP Manzanillo. p. 15
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1996. Biometry. 3<sup>rd</sup> ed. Freeman, New York. 887 p.
- Sonnenholzner, J. 1997. A brief survey of the commercial sea cucumber Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) in the Galápagos Islands. Beche- de- mer Information Bulletin 9: 11-15.

- Sparre, P. y S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca No. 306/1. DANIDA- FAO, Roma. 440 p.
- Tapia Vázquez, O.M. y J. J. Castro G. 1994. Análisis microscópico y determinación de la madurez gonádica del pepino de mar Isostichopus fuscus y Parastichopus parvimensis. Resúmenes del X Simposium Internacional de Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. P. 108.
- Uthicke, S. 1994. Distribution and growth of two reef flat holothurians, Holothuria atra and Stichopus chloronotus. P. 569-576, In B. David y M. Guille (eds.). Echinoderms through time. Balkema, Rotterdam.
- Valdez Noriega, M.A. 1994. Pepino de mar: recurso potencial en decadencia. Resúmenes del V Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C. UABCS, La Paz. Sin paginación.
- Wiedemeyer, W.L. 1994. Biology of small juveniles of the tropical holothurian Actynopyga echinites: growth, mortality and habitat preferences. Marine Biology 120: 81-93.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3º ed. Prentice- Hall, Upper Saddle River. 918 p.
- Zúñiga Pacheco, C. y E. Michel. 1992. Ciclo gonádico de pepino de mar Parastichopus fuscus (Ludwig, 1886) (sic.), en el área de Santa Rosalía, durante el periodo Marzo 1991-1992. Resúmenes del XI Symposium Internacional de Biología Marina, UABCS, La Paz. p. 78.

TABLA 1. Fechas y sitios de recolecta del proyecto H216. La posición geográfica de las localidades aparece en la Figura 1.

<b>Fecha</b>	<b>Sitios de recolecta</b>
Agosto 27 al 31, 1996	Punta Tintorera, El Cardonal, Ensenada Grande, El Candelero, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Septiembre 20 al 24	Ensenada Grande, El Candelero, El Empachado, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Noviembre 9 al 13 (originalmente correspondiente al mes de Octubre)	La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Noviembre 26 al 30	Punta Tintorera, El Candelero, La Catedral, Bahía San Gabriel
Diciembre 10 al 14	Ensenada Grande, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Enero 16 al 20, 1997	Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Candelero, La Catedral, Bahía San Gabriel
Febrero 13 al 17	Punta Tintorera, El Cardonal, El Candelero, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Marzo 13 al 17	Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Candelero, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Abril 15 al 19	Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Candelero, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Mayo 15 al 19	Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Candelero, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Junio 23 al 27	Punta Tintorera, Ensenada Grande, El Candelero, Isla Ballena, Bahía San Gabriel
Julio 27 al 31	Punta Tintorera, El Cardonal, Ensenada Grande, El Candelero, La Catedral, Isla Ballena, Bahía San Gabriel



TABLA 2. Estadísticos descriptivos de longitud y peso de la población de L. fuscus de la isla Espíritu Santo, obtenidos entre Agosto de 1996 y Julio de 1997, y análisis a posteriori de los mismos. Nota: P= peso (en g); L= longitud (en cm).

Mes		N	Media	Md	Moda	Error típico	Mínimo	Máximo
Agosto 1996	P	97	362.1	395	480	11.4	15	525
	L	97	23.3	23	23	0.4	7	33
Sepriembre	P	105	383.3	400	410	12.5	45	660
	L	105	24.3	25	26	0.5	9	35
Octubre	P	113	348.7	340	410	11.6	20	650
	L	113	23.1	23	22	0.4	5	33
Noviembre	P	103	366.9	360	320	13.4	20	790
	L	103	21.9	23	24	0.4	5	30
Diciembre	P	99	389.9	380	340	11.7	105	700
	L	99	23.9	24	26	0.4	16	33
Enero 1997	P	107	444.9	430	310	13.7	65	800
	L	107	24.6	24	24	0.5	12	40
Febrero	P	131	470.2	490	420	13.0	70	810
	L	131	25.9	26	25	0.4	11	36
Marzo	P	152	391.0	370	320	10.6	120	690
	L	152	23.4	23.5	24	0.4	11	34

Continúa Tabla 2...

Mes		N	Media	Md	Moda	Error típico	Mínimo	Máximo
Abril	P	108	411.3	380	380	14.9	70	760
	L	108	23.3	23	28	0.4	11	34
Mayo	P	134	381.1	350	350	15.3	45	830
	L	134	22.5	23	26	0.4	9	33
Junio	P	164	340.1	330	330	14.9	20	810
	L	164	21.4	23	25	0.5	7	36
Julio	P	133	353.9	250	290	13.1	45	760
	L	133	22.1	23	22	0.4	8	33
<b>GENERAL</b>	<b>P</b>	<b>1446</b>	<b>385.97</b>	<b>380</b>	<b>350</b>	<b>3.99</b>	<b>15</b>	<b>830</b>
	<b>L</b>	<b>1446</b>	<b>23.25</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>0.13</b>	<b>5</b>	<b>40</b>

Resultados de las pruebas a posteriori. Los análisis de varianza correspondientes para cada factor, se presentan en el texto.

Mes	Longitud				
Jun	X				
Nov	X	X			
Jul	X	X			
May	X	X	X		
Oct	X	X	X	X	
Abr	X	X	X	X	
Ago	X	X	X	X	
Mar		X	X	X	
Dic		X	X	X	X
Sep			X	X	X
Ene				X	X
Feb					X

Mes	Peso			
Jun	X			
Oct	X	X		
Jul	X	X		
Ago	X	X		
Nov	X	X		
May	X	X		
Sep	X	X	X	
Dic	X	X	X	
Mar	X	X	X	
Abr		X	X	X
Ene			X	X
Feb				X

TABLA 3. Regresiones longitud- peso (peso= a \* longitud total <sup>b</sup>), estimadas mensualmente para la población de L. fuscus de la Isla Espiritu Santo, durante 1996 - 1997.

Mes	Constantes (± error típico)	P	Coefficientes de correlación y regresión	ANOVA
Agosto 1996	a= 0.97 ± 0.45 b= 1.86 ± 0.14	0.98 0.00	r= 0.80; r <sup>2</sup> = 0.64	F <sub>2,96</sub> = 169.1; P= 0.000
Septiembre	a= 2.23 ± 0.37 b= 1.59 ± 0.12	0.01 0.00	r= 0.79; r <sup>2</sup> = 0.62	F <sub>2,104</sub> = 168.5; P= 0.000
Octubre	a= 1.09 ± 0.37 b= 1.82 ± 0.09	0.18 0.00	r= 0.87; r <sup>2</sup> = 0.76	F <sub>2,112</sub> = 357.6; P= 0.000
Noviembre 1996	a= 1.05 ± 1.37 b= 1.88 ± 0.10	0.88 0.00	r= 0.88; r <sup>2</sup> = 0.77	F <sub>2,102</sub> = 337.5; P= 0.000
Diciembre	a= 3.04 ± 1.53 b= 1.52 ± 0.13	0.01 0.00	r= 0.76; r <sup>2</sup> = 0.57	F <sub>2, 98</sub> = 129.6; P=0.000
Enero 1997	a= 4.04 ± 1.45 b= 1.46 ± 0.12	0.00 0.00	r= 0.77; r <sup>2</sup> = 0.60	F <sub>2, 108</sub> = 154.8; P=0.000
Febrero	a= 2.48 ± 1.35 b= 1.60 ± 0.09	0.00 0.00	r= 0.84; r <sup>2</sup> = 0.70	F <sub>2,130</sub> = 300.9; P=0.000

Continúa Tabla 3...

<b>Mes</b>	<b>Constantes (<math>\pm</math> error típico)</b>	<b>P</b>	<b>Coefficientes de correlación y regresión</b>	<b>ANOVA</b>
Marzo	a= 6.11 $\pm$ 1.32 b= 1.30 $\pm$ 0.09	0.00 0.00	r= 0.77; r <sup>2</sup> = 0.59	F <sub>1,150</sub> = 218.5; P= 0.000
Abril	a= 1.21 $\pm$ 1.38 b= 1.84 $\pm$ 0.104	0.55 0.00	r= 0.87; r <sup>2</sup> = 0.75	F <sub>1,106</sub> = 315.4; P= 0.000
Mayo	a= 0.38 $\pm$ 1.42 b= 2.19 $\pm$ 0.11	0.01 0.00	r= 0.86; r <sup>2</sup> = 0.75	F <sub>1,132</sub> = 384.9; P= 0.000
Junio	a= 0.48 $\pm$ 1.30 b= 2.10 $\pm$ 0.08	0.00 0.00	r= 0.89; r <sup>2</sup> = 0.79	F <sub>1,102</sub> = 616.8; P= 0.000
Julio	a= 0.97 $\pm$ 1.41 b= 1.88 $\pm$ 0.11	0.94 0.00	r= 0.83; r <sup>2</sup> = 0.69	F <sub>1,131</sub> = 284.5; P= 0.000
<b>GENERAL</b>	<b>a= 1.142 <math>\pm</math> 1.100</b> <b>b= 1.832 <math>\pm</math> 0.003</b>	<b>0.16</b> <b>0.00</b>	<b>r= 0.845; r<sup>2</sup>= 0.714</b>	<b>F<sub>1,1144</sub>= 3607.5;</b> <b>P=0.000</b>

TABLA 4. Comparación de los valores de los parámetros del modelo de Von Bertalanffy, calculados para holoturoideos, a nivel mundial. ND: No se presentaron datos.

<b>Especie</b>	<b>Latitud</b>	<b>L infinta (cm)</b>	<b>K (anual)</b>	<b>M (anual)</b>	<b>Referencia</b>
<u>Holothuria atra</u>	11° N	32.4	0.11	1.02	Ebert, 1978
<u>Actynopyga echinites</u>	9° S	23.1	0.78	ND	Shelley, 1985
<u>A. echinites</u>	20° S	23.0 - 29.5	0.09 - 0.30	0.64	Conand, 1988
<u>A. mauritania</u>	20° S	34.0	0.12	1.45	Conand, 1988
<u>Stichopus japonicus</u>	34° N	36.7	0.33	ND	Hamano <u>et al.</u> , 1989
<u>Thelenota ananas</u>	20° S	66.3	0.20	0.50 - 0.63	Conand, 1990
<u>Stichopus chloronotus</u>	20° S	34.2	0.45	1.79	Conand, 1990
<u>Holothuria scabra</u>	5° S	29.0	0.52	ND	Pauly <u>et al.</u> , 1993
<u>H. pulla</u>	5° S	30.7	0.24	ND	Pauly <u>et al.</u> , 1993
<u>Opheodesma spectabilis</u>	5° S	32.6	0.18	ND	Pauly <u>et al.</u> , 1993
<u>Parastichopus parvimensis</u>	31° N	52.5	0.30	ND	Pérez Plascencia, 1995
<u>Isostichopus fuscus</u>	24° N	34.9 - 35.4	0.17	0.51	Herrero Pérezrul, en prep.
<u>I. fuscus</u>	24° N	36.1	0.18	0.51	Este informe

TABLA 5. Estadísticos descriptivos de la densidad poblacional (ind/min) de I. fuscus en todos los meses y localidades del estudio.

<b>Mes</b>	<b>Censos</b>	<b>Media (ind/min)</b>	<b>Error típico</b>
Agosto 1996	16	0.065	0.028
Septiembre	16	0.094	0.037
Octubre	16	0.066	0.021
Noviembre	16	0.069	0.021
Diciembre	16	0.074	0.019
Enero 1997	16	0.081	0.021
Febrero	16	0.138	0.026
Marzo	16	0.141	0.035
Abril	16	0.115	0.025
Mayo	16	0.114	0.040
Junio	16	0.137	0.027
Julio	16	0.177	0.034
<b>GENERAL</b>	<b>192</b>	<b>0.106</b>	<b>0.008</b>

<b>Localidad</b>	<b>Censos</b>	<b>Media (ind/min)</b>	<b>Error típico</b>
Ensenada Grande	48	0.066	0.089
Candelero	48	0.067	0.010
Isla Ballena	48	0.097	0.013
San Gabriel	48	0.194	0.023
<b>GENERAL</b>	<b>192</b>	<b>0.106</b>	<b>0.008</b>

ANEXO 1. Estadísticos descriptivos de la longitud y el peso drenado de la población de *I. fuscus* de la isla Espíritu Santo, generados en 1992-93 (Datos de CICIMAR- IPN, facilitados por la M.C. Ma. Dinorah Herrero Pérezrul).

<b>LONGITUD (CM)</b>					
<b>Mes</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Error típico</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Julio 1992	10	17.30	0.56	20	15
Agosto	29	19.28	0.38	24	14
Septiembre	20	18.65	0.65	26	15
Octubre	19	20.21	0.69	25	12
Enero 1993	27	19.85	0.42	24	16
Febrero	12	18.33	0.53	21	15
Marzo	13	18.31	0.29	20	16
Abril	28	19.04	0.51	26	13
Mayo	22	19.68	0.34	22	17
Junio	20	19.20	0.51	23	15
Julio	19	20.53	0.71	29	15
Agosto	20	19.15	0.53	24	15
Septiembre	20	19.25	0.38	22	17
<b>GENERAL</b>	<b>259</b>	<b>19.27</b>	<b>0.15</b>	<b>29</b>	<b>12</b>

<b>PESO (g)</b>					
<b>Mes</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Error típico</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Julio, 1992	10	349.84	15.07	447.8	253.7
Agosto	29	335.51	12.85	536.9	206.9
Septiembre	20	310.05	16.87	439.3	195.3
Octubre	19	315.06	16.20	471.9	184.0
Enero, 1993	27	365.20	16.29	493.1	202.0
Febrero	12	357.24	18.94	461.7	216.7
Marzo	13	359.17	14.82	450.0	277.3
Abril	28	361.84	22.52	642.9	108.4
Mayo	22	295.39	6.30	347.2	239.8
Junio	20	367.64	11.39	462.4	244.4
Julio	19	340.47	15.80	463.4	219.6
Agosto	20	311.96	18.16	480.3	120.3
Septiembre	20	334.25	14.86	454.3	240.1
<b>GENERAL</b>	<b>259</b>	<b>338.17</b>	<b>4.75</b>	<b>642.9</b>	<b>108.4</b>

ANEXO 2. Regresiones longitud- peso (peso=  $a \cdot \text{longitud total}^b$ ), estimadas mensualmente para la población de I. fuscus de la Isla Espíritu Santo, durante 1992-1993 (Datos de CICIMAR- IPN, facilitados por la M.C. Ma. Dinorah Herrero Pérezrul).

Mes	Constantes ( $\pm$ error típico)	P	Coefficientes de regresión	ANOVA
Julio 1992	a= 3.23 $\pm$ 1.02	0.02	$r^2 = 0.456$	P= 0.03
	b= 0.92 $\pm$ 0.36	0.03		
Agosto	a= 0.97 $\pm$ 0.50	0.06	$r^2 = 0.78$	P= 0.00
	b= 1.63 $\pm$ 0.17	0.17		
Septiembre	a= 1.91 $\pm$ 0.75	0.02	$r^2 = 0.59$	P= 0.00
	b= 1.30 $\pm$ 0.26	0.00		
Octubre	a= 2.66 $\pm$ 0.71	0.71	$r^2 = 0.52$	P= 0.00
	b= 1.02 $\pm$ 0.24	0.24		
Enero 1993	a= -0.28 $\pm$ 0.50	0.59	$r^2 = 0.86$	P= 0.00
	b= 2.06 $\pm$ 0.17	0.00		
Febrero	a= 0.75 $\pm$ 0.85	0.39	$r^2 = 0.79$	P= 0.00
	b= 1.76 $\pm$ 0.29	0.00		
Marzo	a= 3.20 $\pm$ 2.13	0.16	$r^2 = 0.13$	P= 0.24
	b= 0.919 $\pm$ 0.73	0.24		
Abril	a= -1.27 $\pm$ 0.61	0.04	$r^2 = 0.84$	P= 0.00
	b= 2.41 $\pm$ 0.21	0.00		



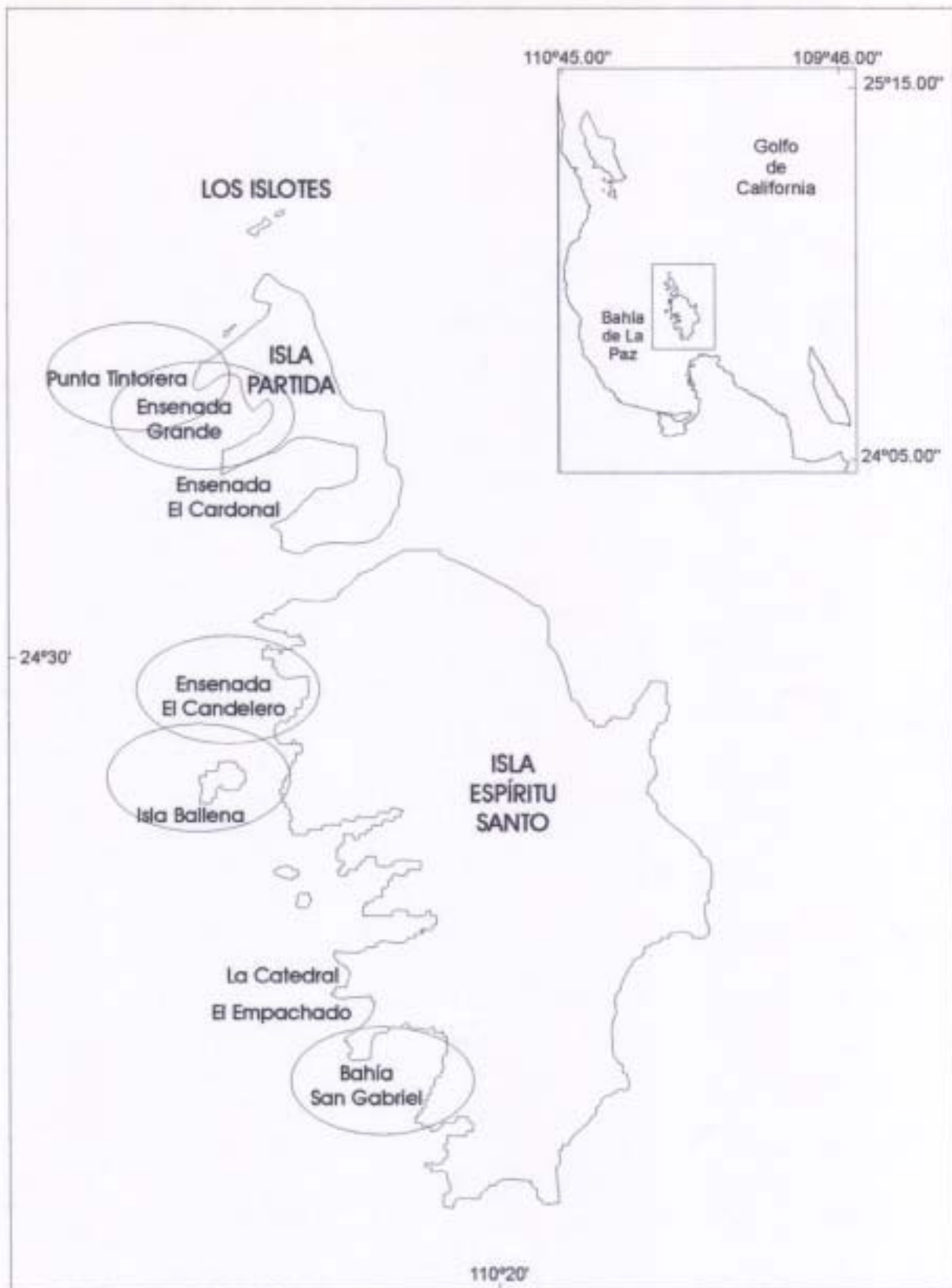
ANEXO 1; continúa...

<b>Mes</b>	<b>Constantes (± error típico)</b>	<b>P</b>	<b>Coefficientes de regresión</b>	<b>ANOVA</b>
Mayo	a= 2.79 ± 0.97 b= 0.97 ± 0.16	0.00 0.00	r <sup>2</sup> = 0.64	P= 0.00
Junio	a= 3.65 ± 0.67 b= 0.76 ± 0.23	0.00 0.00	r <sup>2</sup> = 0.38	P= 0.00
Julio	a= 2.42 ± 0.66 b= 1.13 ± 0.21	0.00 0.00	r <sup>2</sup> = 0.61	P= 0.00
Agosto	a= 0.01 ± 0.78 b= 1.93 ± 0.27	0.98 0.00	r <sup>2</sup> = 0.74	P= 0.00
Septiembre	a= 1.16 ± 1.13 b= 1.57 ± 0.38	0.32 0.00	r <sup>2</sup> = 0.49	P= 0.00
<b>GENERAL</b>	<b>a= 1.77 ± 0.25</b> <b>b= 1.36 ± 0.08</b>	<b>0.00</b> <b>0.00</b>	<b>r<sup>2</sup>= 0.50</b>	<b>P= 0.00</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación, conducida a lo largo de poco más de un año, requirió de la colaboración de un gran número de personas en todas sus etapas. Se agradece en particular el apoyo del técnico del proyecto, B.M. Carlos E. Cintra Buenrostro (Moss Landing Marine Laboratories), en todas las fases de la realización del estudio. La M.C. María Dinorah Herrero Pérezrul (CICIMAR- IPN, La Paz) fue una parte clave del equipo de trabajo al formar parte del personal de campo, proporcionarnos información valiosa para los análisis, y discutir nuestros resultados y conclusiones (en las cuales no necesariamente hay coincidencia). La labor de Zeida Foubert, Lázaro Cadena, Alejandra Mazariegos, Sergio S. González, Efraín Morales, Irán Suárez, Andrés López y otros estudiantes y pasantes de la carrera de Biología Marina (UABCS), quienes también estuvieron encargados de la medición y pesaje de ejemplares, fue vital. El Dr. Francisco Arreguín S. (CICIMAR) colaboró en el estudio al facilitarnos la última versión del paquete FiSAT, con la cual llevamos a cabo los análisis finales; estos también fueron discutidos y ejecutados bajo la mirada crítica de los M.C. Roberto Carmona y Carlos Villavicencio (UABCS). Por último, se agradece el apoyo del personal del Laboratorio de Ecología del Bentos de la UABCS, en particular, del M.C. Oscar Arizpe C., investigador titular del mismo, sin cuyo apoyo logístico este estudio no hubiera podido llevarse a cabo.

**Figura 1.** Area de estudio; Isla Espiritu Santo. Se indican todos los sitios de recolecta de ejemplares, y aquellos donde se llevaron a cabo los censos de la población de L. fuscus (señalados con círculos).

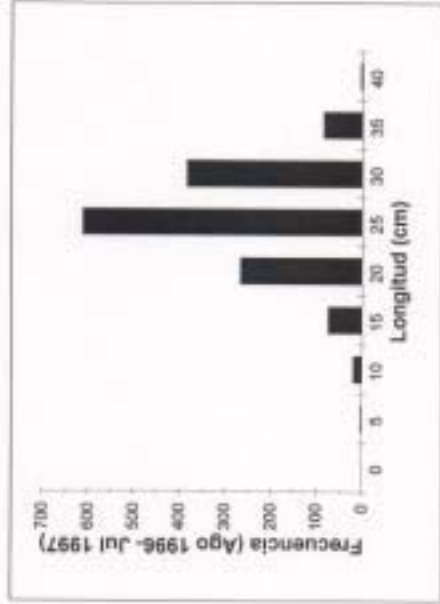
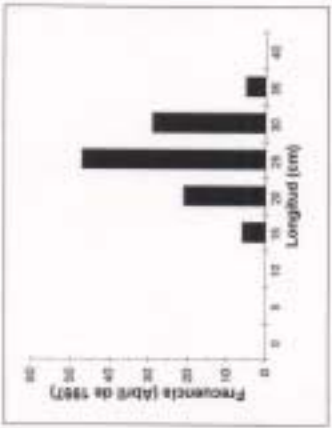
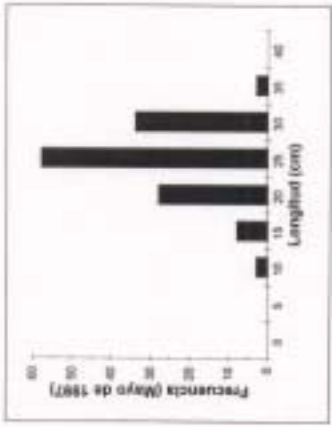
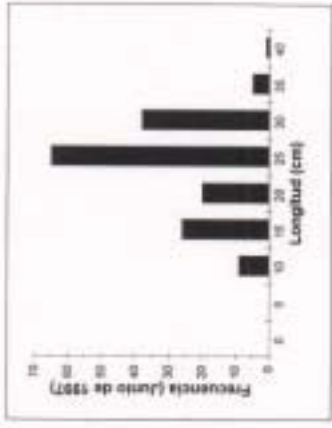
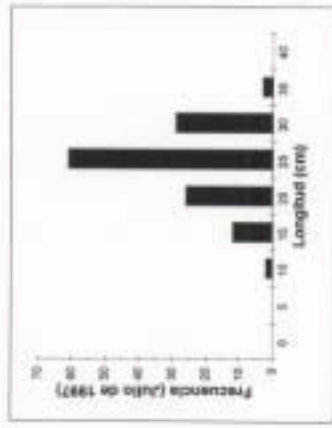


**Figura 1.** Área de estudio, señalando las localidades de recolecta de *L. fuscus*. Se indica con un círculo los lugares donde además se hicieron determinaciones de densidad poblacional.

**Figura 2.** Histogramas de longitud (cm) de la población de I. fuscus residente en la Isla Espiritu Santo, durante los meses de muestreo.

[2 hojas].

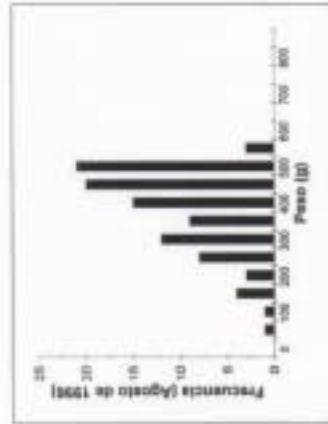
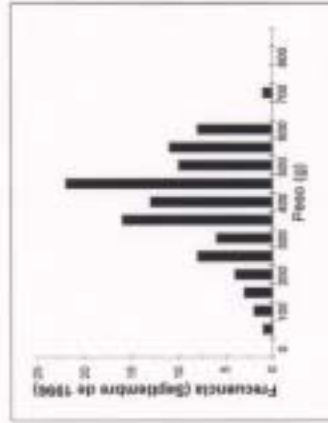
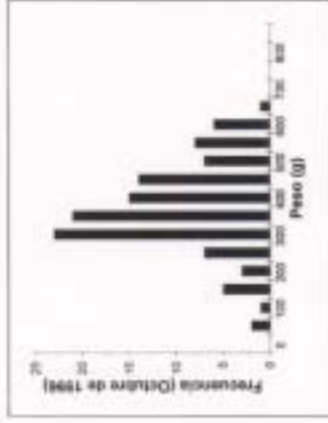
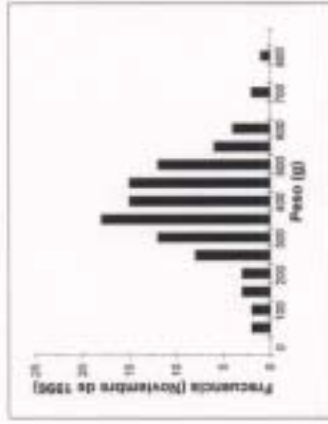
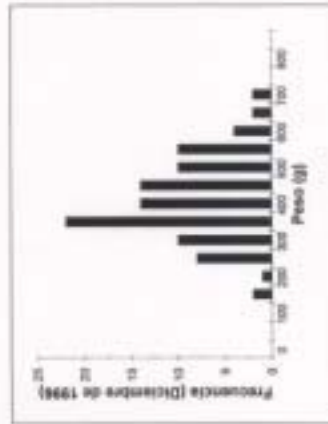
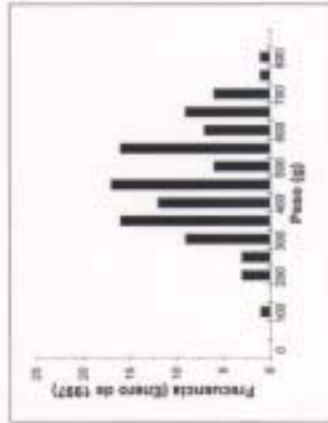
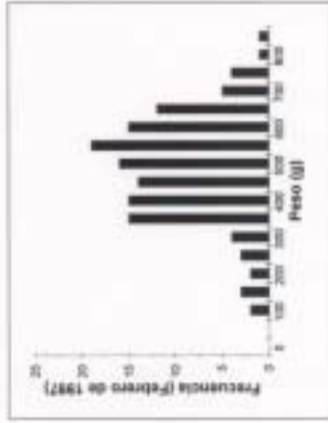
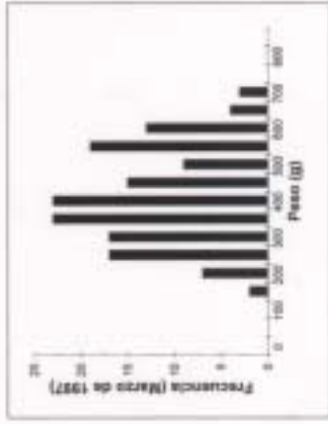


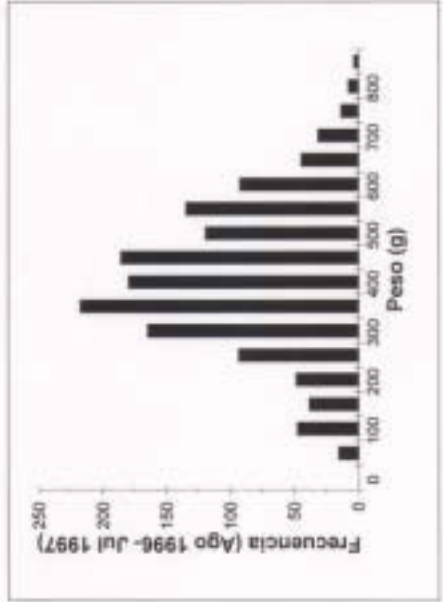
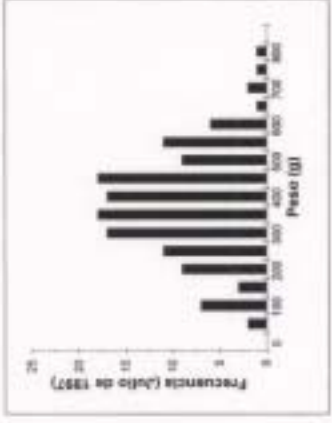
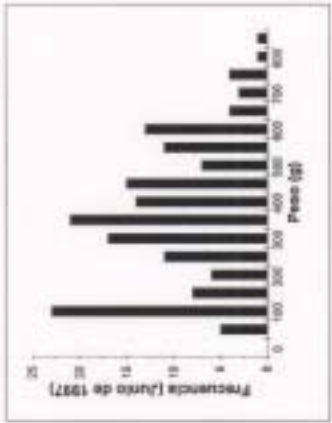
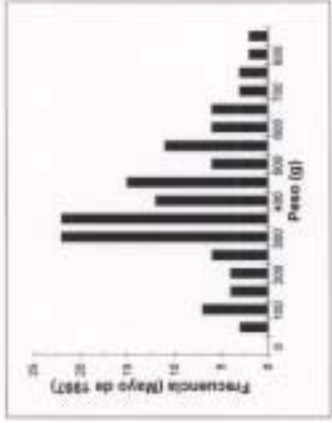
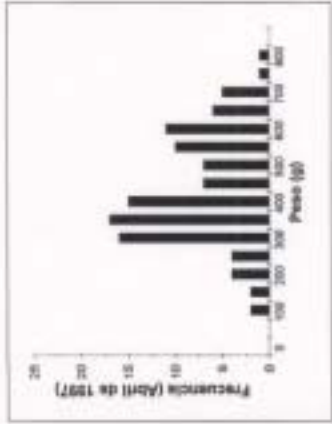


**Figura 3.** Histogramas de peso (g) de la población de I. fuscus residente en la Isla Espiritu Santo, durante los meses de muestreo.

[2 hojas]

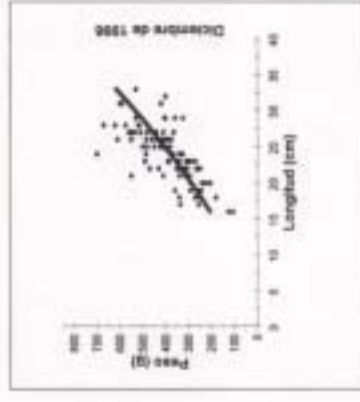
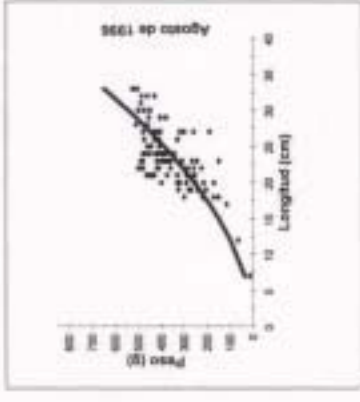
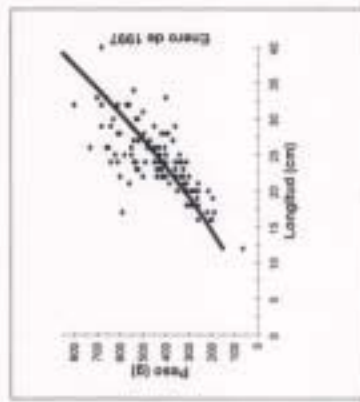
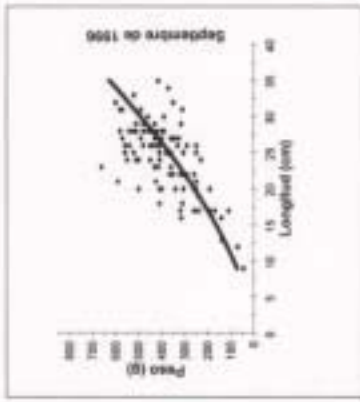
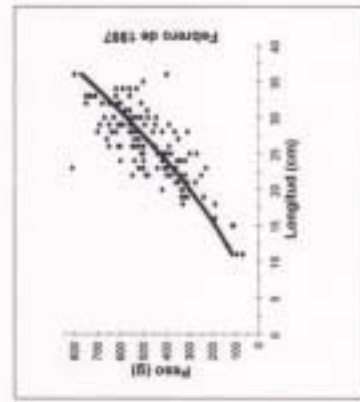
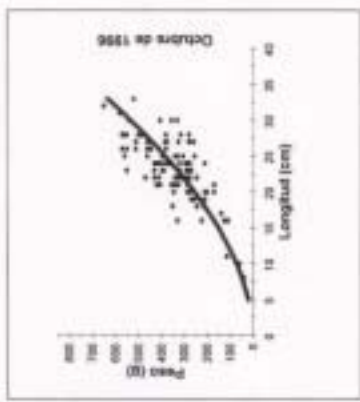
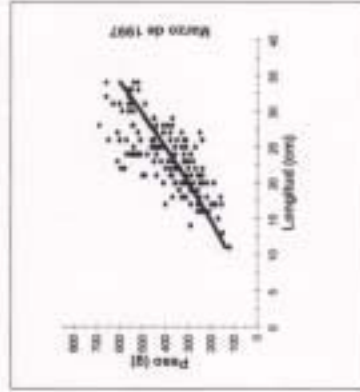
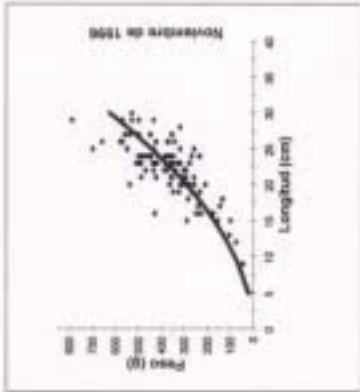


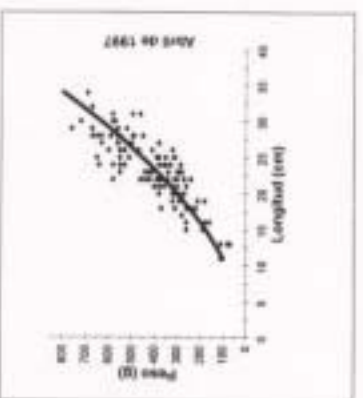
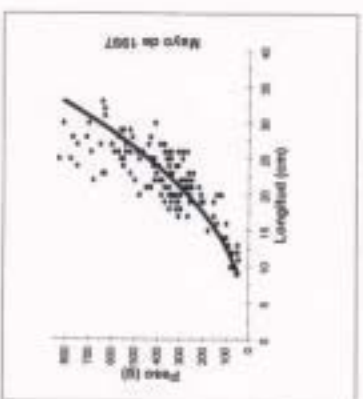
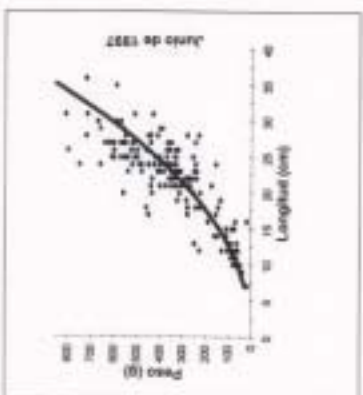
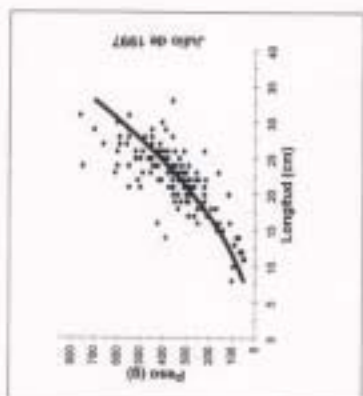
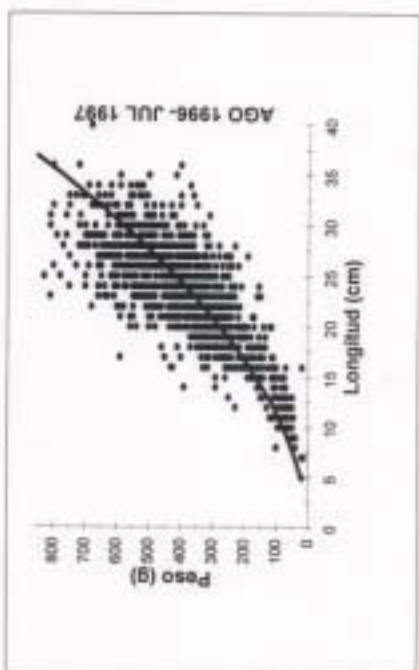




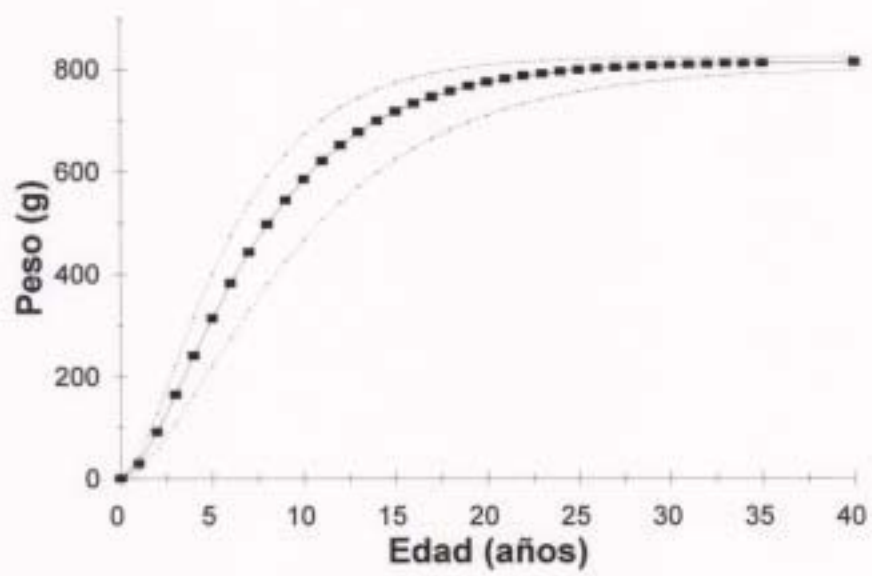
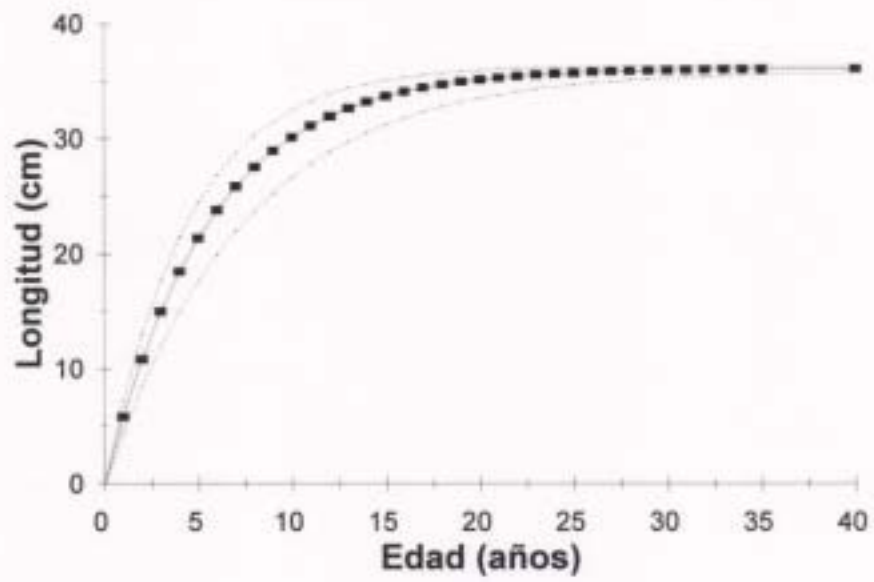
**Figura 4.** Curvas de la relación longitud- peso para la población de L.  
fuscus residente en la Isla Espiritu Santo, durante los meses de muestreo.

[2 hojas]





**Figura 5.** Curvas de crecimiento individual de L. fuscus en longitud (cm) y peso (g), obtenidas de datos de la población residente en la Isla Espiritu Santo (1996-1997).

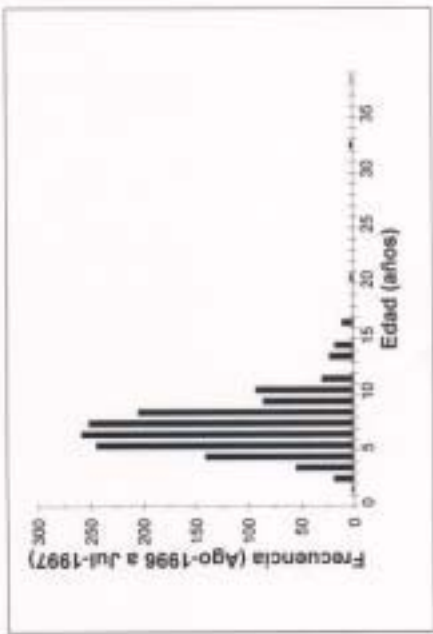
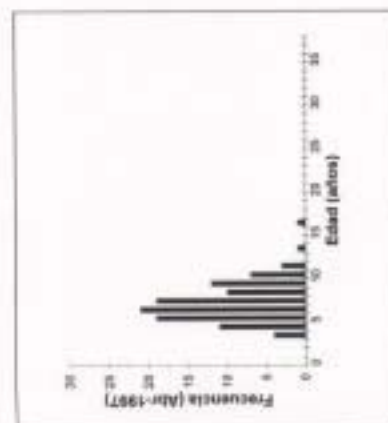
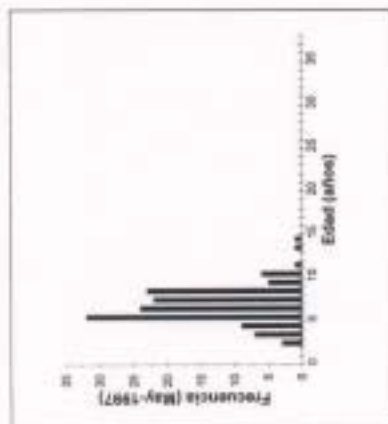
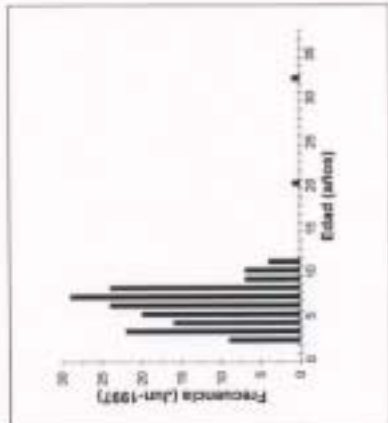
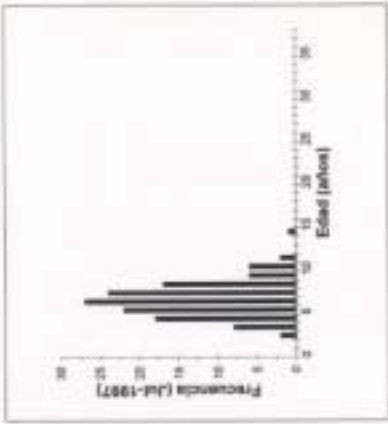


**Figura 6.** Histogramas de edades estimadas (años) de la población de L. fuscus residente en la Isla Espiritu Santo, durante los meses de muestreo.

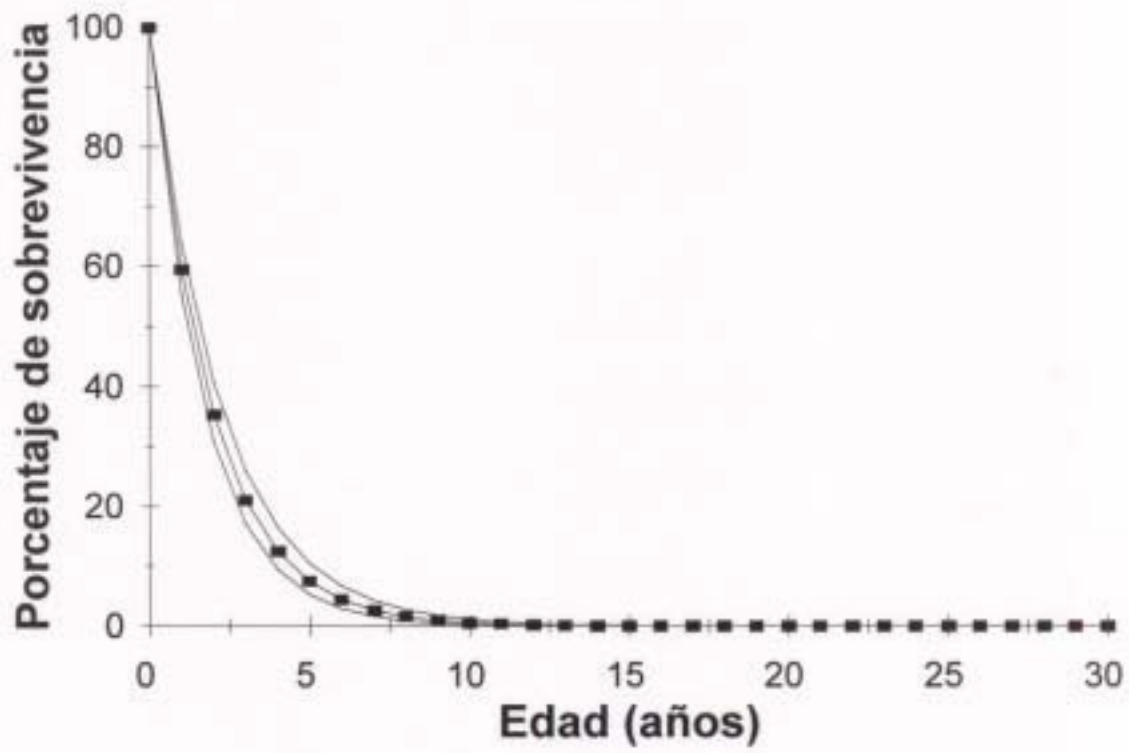
[2 hojas]



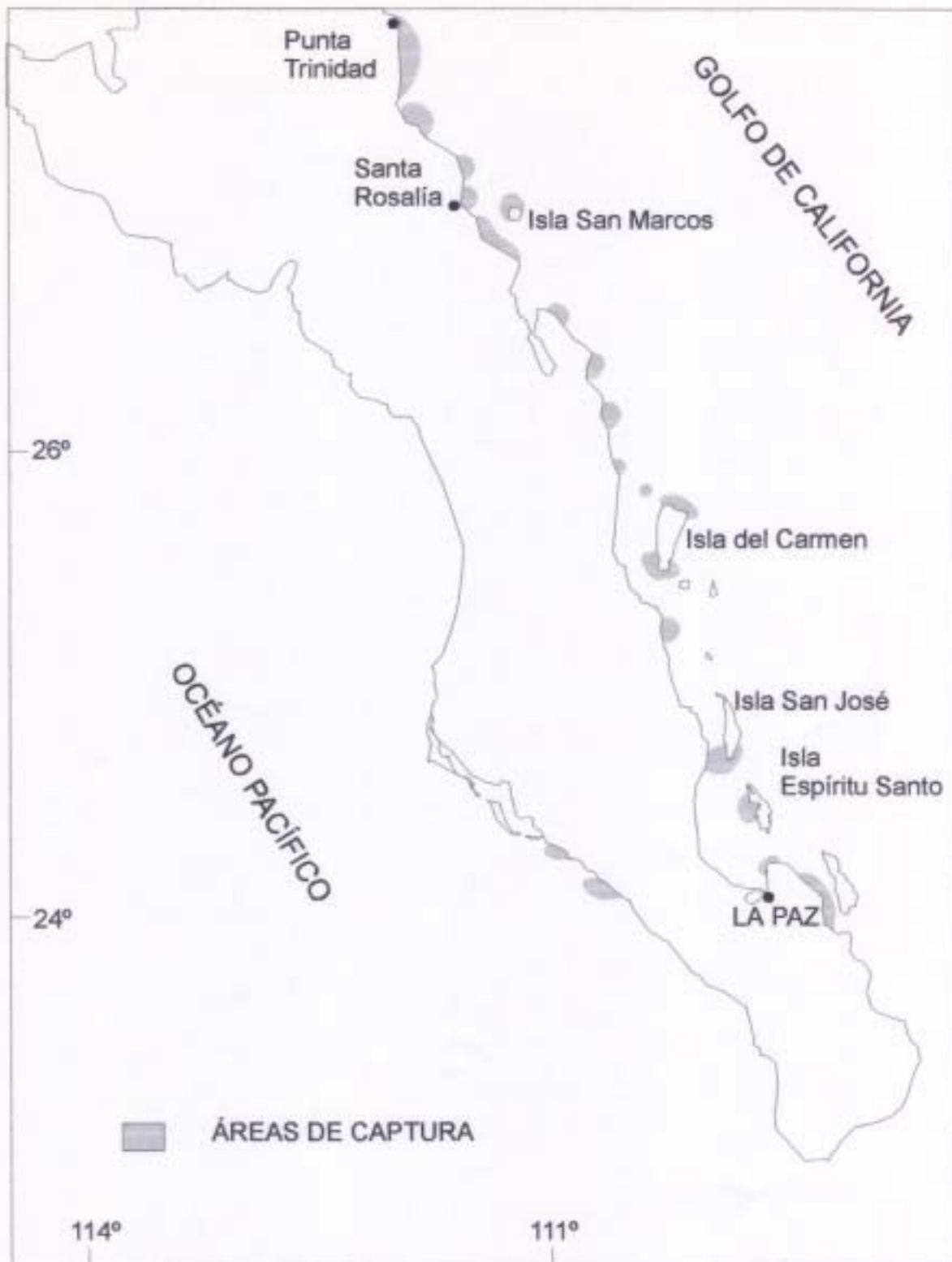




**Figura 7.** Tasa de supervivencia estimada (%) para una cohorte típica de I.  
fuscus, residente del área de estudio (datos de 1996-1997).

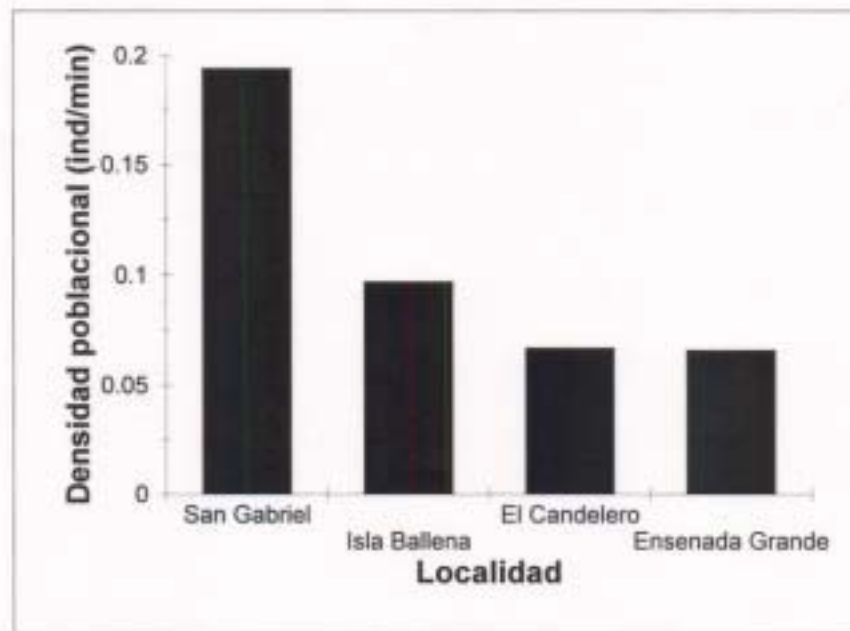
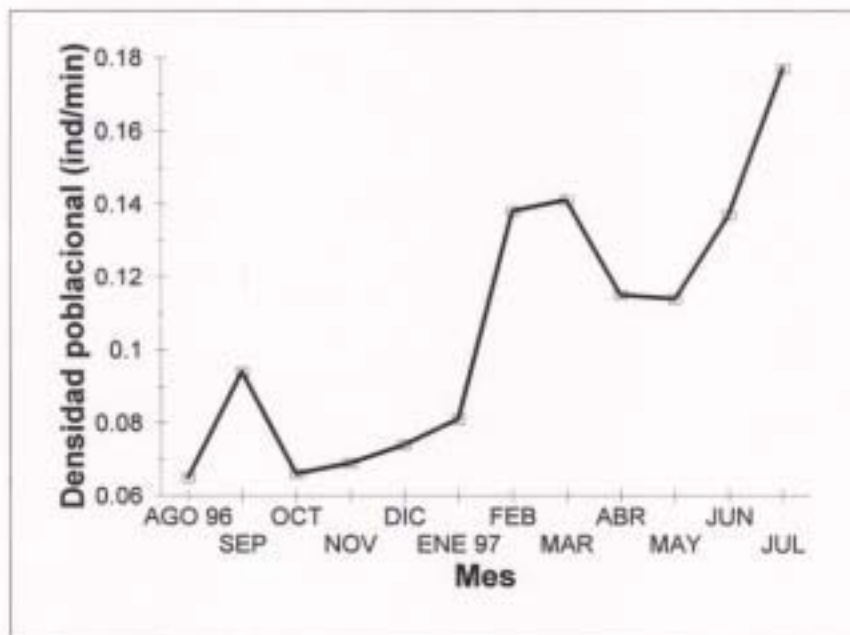


**Figura 8.** Areas de captura de I. fuscus en el estado de Baja California Sur (1990-1994).



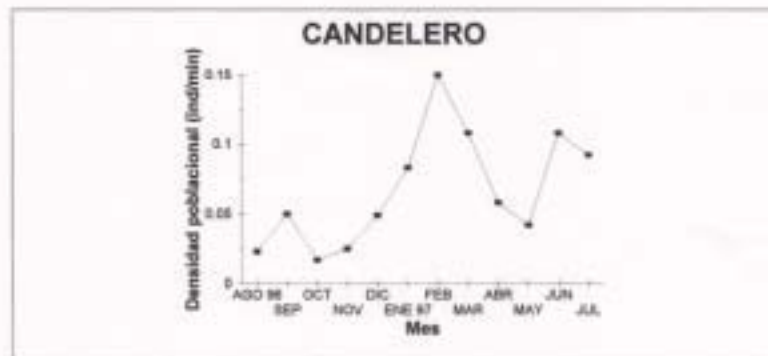
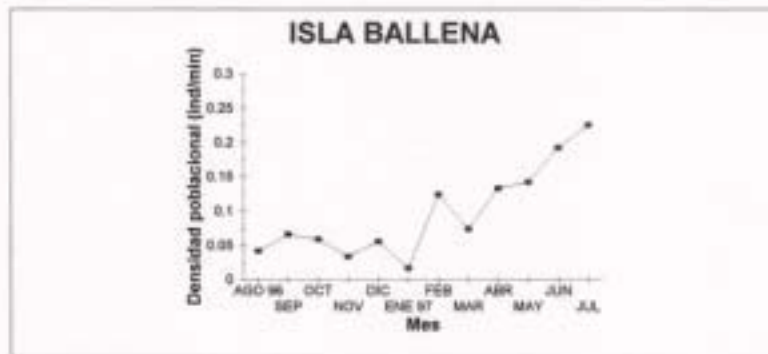
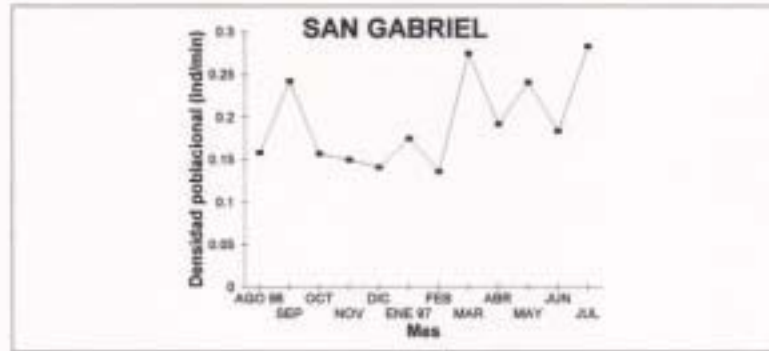
**Figura 8.** Áreas de captura de *I. fuscus* en el estado de Baja California Sur (1990-1994).

**Figura 9.** Densidad poblacional promedio de L. fuscus (ind/min) encontrada en la Isla Espiritu Santo durante los meses de muestreo, y cifras registradas en cuatro localidades específicas.





**Figura 10.** Densidad poblacional promedio de I. fuscus (ind/min) encontrada en cuatro localidades específicas de la Isla Espíritu Santo durante los meses de muestreo.



## TRABAJOS A SER GENERADOS A PARTIR DEL PROYECTO

Con base en los resultados descritos en el presente informe, se planea someter una serie de trabajos al respecto de los siguientes aspectos:

- Biología poblacional de I. fuscus en el sur del Golfo de California (1996-97).
- Problemática de la pesquería de pepino de mar en el Pacífico de México (un trabajo técnico, y uno de divulgación).
- Caracteres para la identificación de los pepinos de mar comerciales que habitan en el Pacífico de México.

Los manuscritos serán enviados a las revistas reconocidas y con arbitraje, durante los próximos meses; en adición, formarán parte de la tesis de Licenciatura en Biología Marina de la C. Alejandra Mazariegos R., titulada tentativamente "Distribución, crecimiento y mortalidad de Isostichopus fuscus (Ludwig, 1875) en el sur y centro del Golfo de California". El anteproyecto será registrado formalmente ante la UABCS en Octubre de 1997, y se planea que el examen sea conducido a más tardar en Marzo de 1998.