



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

ECOLOGÍA Y APROVECHAMIENTO DEL CARACOL
DEL TINTE *Plicopurpura pansa* EN LAS COSTAS
DEL PACÍFICO MEXICANO.

Tesis que como requisito para
obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS
Presenta
JESÚS EMILIO MICHEL MORFÍN

La Paz, BCS, México, Noviembre de 2000.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	6
Los colorantes naturales y su importancia etnohistórica	6
Ubicación taxonómica de la especie	7
Descripción Morfológica	8
Habitat y alimentación	10
Reproducción	10
Trabajos relativos a la especie en el Pacífico mexicano	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTÍFICO E HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN	15
5. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS POBLACIONALES Y RENDIMIENTO DEL TINTE DEL CARACOL <i>Plicopurpura pansa</i> EN LA BAHÍA DE NAVIDAD, JALISCO.	
Material y métodos	17
Resultados	18
Discusión	21

6. EFECTO DE LA EXTRACCIÓN SUCESIVA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL TINTE BAJO CONDICIONES EXPERIMENTALES	
Material y métodos	37
Resultados	40
Discusión	42
7. DENSIDAD POBLACIONAL, ESFUERZO Y RENDIMIENTO DEL TINTE EN VARIAS ÁREAS DEL PACÍFICO MEXICANO	
Áreas de estudio	52
Material y métodos	54
Resultados	55
Discusión	65
8. MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN	
Material y métodos.	96
Resultados.	101
Discusión.	107
9. CONCLUSIONES	121
10. RECOMENDACIONES	122
11. LITERATURA CITADA	123
12. ANEXO FOTOGRÁFICO	129

INDICE DE TABLAS

Capítulo 5

- 5.1. Proporción sexual y densidad del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en la costa de Jalisco, México (mayo 1993- enero 1995). 24
- 5.2. Parámetros de crecimiento y de la relación peso-longitud estimados para hembras y machos del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en Jalisco. 25
- 5.3. Estimaciones del crecimiento a partir de datos de captura-recaptura obtenidos a través de diferentes métodos incluidos en el programa Fisat. 26
- 5.4. Estimaciones de la Mortalidad natural anual (M), para la población del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* utilizando diversos métodos. 27
- 5.5. Valores estimados para la regresión ($Vol = aL^b$) entre la longitud de los caracoles en mm (L) y el rendimiento de tinte en ml (Vol), para el caracol de tinte. 28
- 5.6 Estimaciones de los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para diferentes estados del Pacífico mexicano. 29

Capítulo 6

- 6.1. Talla (mm), peso (g) y proporción sexual de los grupos de caracoles sometidos a diferentes regímenes de ordeñas. G7, ordeña cada siete días; G14, cada 14 días; G21, cada 21 días; G28, cada 28 días; GT, grupo testigo. 46
- 6.2. Volumen de tinte acumulado (ml) para cada grupo de caracoles durante el período de ordeñas. 47

Capítulo 7

- 7.1. Localidades de muestreo en orden cronológico y ubicación geográfica. 70
- 7.2. Densidad relativa y proporción sexual del caracol del tinte *P. pansa* en diversos puntos del Pacífico mexicano. 71
- 7.3 Valores comparativos de tallas del caracol del tinte *P. pansa* observadas en diversos puntos del Pacífico mexicano. 72
- 7.4 Valores promedio, mínimo y máximo para la talla y el volumen de tinte de la muestra de caracoles ordeñados en Isla Socorro. Junio de 1997. H: Hembras; M: Machos 73
- 7.5 Determinación de los rendimientos de tinte en relación con el número de caracoles, talla promedio, tiempo de duración del transecto (=minutos) y pendiente de playa para diferentes sitios del Pacífico mexicano. 74
- 7.6 Estimaciones de densidad relativa y proporción sexual realizadas por diferentes autores, en varios estados del Pacífico mexicano. 75

Capítulo 8

- 8.1 Parámetros de entrada del modelo de simulación y valores utilizados para las estimaciones del rendimiento del tinte en la costa de Jalisco. 112
- 8.2 Parámetros de control y valores de salida del modelo de simulación del rendimiento del tinte para la costa de Jalisco 113
- 8.3 Valores estimados por el modelo de simulación del volumen total de tinte (litros) en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación. 114

- 8.4 Valores estimados por el modelo de simulación del número total de madejas en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación. 115
- 8.5 Valores estimados por el modelo de simulación de la relación beneficio/costo para la extracción del tinte en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación. 116
- 8.6 Valores estimados por el modelo de simulación para la intensidad de pesca (número de veces que cada caracol es ordeñado en el período), de la extracción del tinte en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación. 117

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

- 2.1. Dibujo del caracol del tinte *Plicopurpura pansa*. 9

Capítulo 5

- 5.1. Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para el caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México (mayo 1993- enero 1995). 30

- 5.2. Histogramas bimensuales de distribución de frecuencias de tallas para hembras del caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México. 31

- 5.3. Histogramas bimensuales de distribución de frecuencias de tallas para machos del caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México. 32

- 5.4. Relación Longitud-peso para el caracol del tinte *P. pansa* en Bahía de Navidad, México. 33

- 5.5. Estimaciones del valor de la tasa de crecimiento (K) por el método de Shepherd, modificado por Pauly & Arreguín-Sánchez (1995) para hembras y machos del caracol del tinte *P. pansa*. 34

- 5.6. Porcentaje (bimensual) de reclutamiento para el caracol del tinte *P. pansa* en Jalisco. 35

- 5.7. Relación entre la longitud del caracol y el rendimiento del tinte extraído de caracoles hembras, machos y de ambos sexos. 36

Capítulo 6

- 6.1. Porcentaje de supervivencia para cada uno de los grupos de caracoles durante los períodos de ordeña. 48

6.2. Volumen de tinte promedio por grupo de talla, para el total de caracoles a la ordeña inicial (el número arriba de la barra indica el tamaño de muestra).	49
6.3. Anomalías en la producción promedio para cada ordeña y para cada grupo de caracoles.	50
6.4. Relaciones entre el volumen de tinte acumulado, la supervivencia y el producto volumen-supervivencia, con respecto a la frecuencia de ordeñas.	51
 Capítulo 7	
7.1 Puntos de muestreo en el estado de Baja California Sur, México.	76
7.2 Puntos de muestreo en el estado de Jalisco, México.	77
7.3 Puntos de muestreo en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México.	78
7.4 Puntos de muestreo en el estado de Oaxaca, México.	79
7.5 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Dorada, Jalisco.	80
7.6 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Carrizalillos, Jalisco.	81
7.7 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Braithwaite, Isla Socorro.	82
7.8 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Vargas Lozano, Isla Socorro.	83

7.9 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Binnars, Isla Socorro.	84
7.10 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Grayson, Isla Socorro.	85
7.11 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Blanca, Isla Socorro.	86
7.12 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Punta Pescadero, BCS (Julio 1997)	87
7.13 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Punta Pescadero, BCS (Mayo 1996, al Sur).	88
7.14 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Los Frailes, BCS.	89
7.15 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles en tres playas de Oaxaca.	90
7.16 Relación entre la talla y el volumen de tinte producido para el total de caracoles ordeñados en Isla Socorro.	91
7.17 Relación entre la longitud y el volumen de tinte producido para caracoles del tinte hembras y machos ordeñados en Isla Socorro.	92
7.18 Comparación de tallas, volúmenes de tinte, densidad relativa y proporción sexual en varios estados del Pacífico mexicano.	93

7.19 Relación entre la longitud promedio de los caracoles y el volumen promedio de tinte por playa. 94

7.20 Relación entre la longitud promedio de los caracoles y el volumen total de tinte por transecto. 95

Capítulo 8

8.1 Estimaciones del modelo de simulación de la producción de tinte (litros), la relación beneficio/costo y el número de madejas teñidas en función del número de pescadores, en una ordeña. 118

8.2 Isopletas de rendimiento pesquero calculadas por el modelo de simulación para la pesquería del caracol en Jalisco. 119

8.3 Análisis de sensibilidad de los parámetros de entrada del modelo de simulación. El eje Y indica en todos los casos el porcentaje de variación de cada parámetro con respecto al volumen de tinte promedio, al variar cada uno de los parámetros originales. 120

RESUMEN

El caracol del tinte *Plicopurpura pansa*, especie bien representada en la zona intermareal rocosa del Pacífico tropical americano, es considerada un recurso pesquero potencial por el tinte que de él se obtiene. Se realizó una estimación de los parámetros poblacionales de esta especie, a partir de una serie bimensual de distribuciones de frecuencia de tallas obtenidas entre 1993 y 1995, en una playa rocosa de la Bahía de Navidad, México. Se observó un crecimiento diferencial entre sexos, con una tasa de crecimiento más alta en las hembras. Se calculó la mortalidad natural a partir de diferentes métodos. El reclutamiento se presentó en los meses de septiembre a marzo, con una longitud media de los reclutas de edad I de 15 mm. Se estimó además, la relación existente entre la talla y sexo de los caracoles y el volumen de tinte obtenido, observándose una relación de tipo potencial en ambos casos. Con el fin de determinar el efecto de las ordeñas sucesivas sobre los caracoles y la variación en la cantidad de tinte producido, se realizó un experimento manteniendo cuatro grupos de organismos en condiciones de laboratorio. Se observó mortalidad en los grupos de caracoles que son ordeñados con frecuencias de 7 y 14 días, así como una disminución en el volumen de tinte producido. De una serie de muestreos realizados en 12 playas rocosas de los estados de Baja California Sur, Jalisco, Oaxaca e Isla Socorro, se encontró una proporción de sexos cercana a 1:1, la densidad presenta valores entre 0.6 y 1.7 caracoles/m² y se observa una relación potencial entre la talla promedio y el volumen de tinte obtenido. Por medio de entrevistas con los teñidores Mixtecos de la costa de Oaxaca y de ordeñas sobre madejas de hilo de algodón, se calculó el rendimiento por unidad de área, estimándose rendimientos cercanos a los 2.5 litros de tinte semana/pescador, lo que equivale a teñir 2.2 madejas/semana/pescador. Finalmente, se construyó un modelo de simulación estructurado, por edades y discreto en el tiempo para el recurso, en una hoja de cálculo a partir del cual es posible estimar los rendimientos potenciales de tinte, así como evaluar las estrategias de explotación más apropiadas. Se considera que es viable efectuar una explotación del tinte de esta especie, considerando dentro de las estrategias de manejo de la especie: un número limitado de teñidores, una talla mínima de 30 mm, un tiempo mínimo entre ordeñas de 21 días, la rotación de áreas rocosas y un cuidadoso manejo de los organismos durante la ordeña.

ABSTRACT

The dye purple snail (*Plicopurpura pansa*) is a conspicuous rocky-shore species in the tidal zone of tropical west America. It is considered a potential resource because of the dye it produces. Estimates of population density, sex ratio, growth parameters, mortality, and recruitment were obtained from bimonthly samplings from 1993 through 1995 on a rocky shore of west central Mexico. A different growth rate between sexes was observed. Estimates of the Natural Mortality coefficients are made by several methods. Recruitment to rocky shores occurs mainly from September through March. The life span was estimated as eleven years. Dye production related to size and sex was determined and is described by a power relation. Other snails produce dye, but *Plicopurpura pansa* dye extraction was done without killing the snail. Repetitive dye extraction is possible. The best time between each milking, dye yield versus milking frequency, and effect on survival was determined by repetitive milking snail groups several times. Mortality in the most frequently milked groups and dye yield reduction occurred. When milking frequently was less there was a better dye yield and 100% survival. These results suggest wild populations can be exploited using optimum extraction schedules. Samples in 12 rocky shores of the states of Baja California Sur, Jalisco, Oaxaca, and Isla Socorro were made, finding a sexual proportion near to 1 : 1 , density from 0.6 to 1.7 snails/m² and a power regression between medium length and dye yield. By interviews with the mixteco people in Oaxaca and milking snail over cotton mops, dye yield was calculated as 2.5 liters of dye by week/fisherman or 2.2 mops/week/fisherman. An age structured simulation model for purple snail was developed to obtain potential dye yield estimates and assessment strategies. In fact, dye purple snail could be a viable fishery, if a limited number of fishermen, minimum size of 30 mm, 21 days of minimum time between repetitive milking, rocky areas rotation and carefully management of purple snails during milkings is considered.

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO**

1. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos diversas culturas a lo largo del mundo, han utilizado diferentes productos de origen animal o vegetal para la obtención de colorantes. De todos los tintes naturales utilizados en la antigüedad, los obtenidos de los moluscos gasterópodos marinos fueron los más prestigiosos y la industria que se estableció en torno a ellos fue una de las más importantes y complejas. Algunas especies de los géneros *Purpura*, *Plicopurpura*, *Murex* o *Thais* fueron empleadas para la obtención de diferentes tonos de púrpura y azul, colores cuyo uso ha sido simbólicamente relacionado con las altas jerarquías y el poder.

Entre estos, es notable el caracol del tinte o púrpura *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853; Sinónimo: *Purpura pansa*), el cual es conspicuo de la zona intermareal rocosa del Pacífico Este. Se distribuye desde el extremo Sur de Baja California hasta el Sur de Colombia y las Islas Galápagos.

Esta especie se caracteriza por secretar un fluido que ha sido utilizado como colorante natural para la tinción de textiles, obteniéndose un tono púrpura intenso. Dicho fluido es producido en una glándula mucosa llamada glándula hipobranquial, al ser expulsado al exterior por el caracol y tener contacto con la luz solar y el oxígeno, este fluido sufre un proceso químico de foto-oxidación, cambiando desde un color blanco inicial hasta el tono púrpura final que le distingue.

Como característica distintiva con respecto a otras especies de moluscos productores, en los cuales es necesario romper la concha del animal y extraer la glándula que contiene el tinte, en *P. pansa* la extracción del tinte se realiza estimulando el pie y el opérculo del animal, sin requerirse el sacrificio de los organismos y por lo tanto es posible el obtener “ordeñas” sucesivas.

El empleo del color púrpura para la tinción de prendas de uso cotidiano y

ceremoniales, se remonta a la época prehispánica en Mesoamérica. En México, algunos grupos indígenas de la costa del Pacífico utilizan el tinte de este caracol, combinándolo con otros tintes naturales como los obtenidos de la grana cochinilla *Dactylopius coccus* y el índigo o añil, a partir de plantas del género *Indigofera*, para la confección de prendas de vestir ceremoniales.

En la década pasada, en las costas del Pacífico mexicano, el caracol púrpura fue sujeto de una redituable explotación comercial por parte de una compañía japonesa, para teñir kimonos de seda altamente apreciados en la cultura oriental. Sin embargo, dado que esta actividad se realizaba buscando obtener los mayores volúmenes de tinte, no se consideraba el tiempo transcurrido entre una ordeña y la siguiente, lo que ocasionó alta mortalidad por el mal manejo. Esta explotación terminó en 1988, al observarse una importante disminución en la densidad poblacional y una baja presencia de caracoles de tallas mayores, sin que existan registros de los volúmenes de tinte obtenidos.

En la actualidad *Plicopurpura pansa* se considera como una especie sujeta a protección especial, de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059-ecol-1994 y su tinte solo es utilizado por teñidores Mixtecos en la Costa de Oaxaca, para la tinción de vestimentas de uso tradicional.

A nivel mundial, en los últimos años se ha registrado una tendencia por utilizar de nuevo colorantes de origen natural, particularmente en países desarrollados, ya que se ha demostrado que algunos de los colorantes sintéticos presentan problemas dérmicos de sensibilidad.

Por lo tanto, es importante realizar estudios a partir de los cuales se esté en la posibilidad de contar con los elementos de decisión necesarios para valorar el uso de este recurso, en regiones donde históricamente no ha sido empleado, tomando en cuenta que existen indicios que permiten suponer que tiene un alto potencial económico.

Por tal motivo, se pretende considerar de manera integral diversos aspectos de la ecología y dinámica poblacional de esta especie, con el objeto de evaluar la factibilidad de una posible utilización del tinte extraído del caracol, y por consiguiente el desarrollo de una pesquería en el Pacífico mexicano, así como sugerir la forma más adecuada de explotación para lograr el manejo racional y sostenible de esta valiosa especie.

2. ANTECEDENTES

Los colorantes naturales y su importancia etnohistórica

Desde tiempos remotos los colores han tenido un fuerte significado para las diferentes culturas. Para teñir, el hombre primero utilizó las plantas. Entre las mejor conocidas y más ampliamente usadas estuvieron el añil (*Isatis tinctoria*) y el índigo (*Indigofera tinctoria*) de las cuales se obtiene un color azul. Los amarillos fueron proporcionados por el alazor o azafrán bastardo (*Carthamus tinctoria*) y la cúrcuma (*Curcuma spp.*); de la rubia (*Rubia tinctorium*) y la bija (*Bixa Orellana*), se obtenían los colores rojizos (Baranyovits, 1978).

Los tintes de origen animal fueron utilizados posteriormente y es notorio que todos esos tintes estuvieron en la escala de los colores rojo-púrpura, cuyo uso ha sido simbólicamente relacionado con la nobleza y las altas jerarquías militares y religiosas, como lo fueron: el púrpura de Tiro, obtenido de caracoles de los géneros *Murex spp.* y *Purpura spp.* (Baker, 1974), el carmín o crimson del insecto de Kermés (*Kermococcus vermilius*) y con el descubrimiento de América, la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) (Baranyovits, 1978; López, 1993; Mastache, 1996).

La cuna de la industria del teñido con púrpura estuvo en Fenicia donde, según Born (1937 en Baker, 1974), ésta actividad existió desde 1439 A.C., a partir del descubrimiento accidental de las propiedades tintóreas de los caracoles murícidos. Es a partir de la recolecta de caracoles en los mares Mediterráneo y de Mármara y la obtención del colorante, que floreció la ciudad de Tiro y la industria textil que se estableció en ella llegó a ser una de las más importantes y complejas de la antigüedad (Koren, 1995). El color púrpura obtenido fue muy superior a cualquier otro tinte rojo conocido de origen vegetal, de aquí su gran atracción. Sin embargo, la recolecta del caracol y la complicada técnica de tinción lo hacían un proceso muy laborioso, por lo que su rareza, y por lo tanto su alto precio, limitaba su uso a altos personajes de la realeza o la iglesia. Friedlander (1908 en Baranyovits, 1978) refiere que eran necesarios 12,000 caracoles *Murex pira*

obtener tan solo 1.4 g. de tinte de púrpura de Tiro, después de un complicado proceso de extracción.

Paralelamente, en América y desde épocas precolombinas, los pueblos indígenas de América Central utilizaban el caracol púrpura *P. pansa*, para obtener tinte púrpura y confeccionar vestimentas de uso ceremonial. Similarmente, el uso del insecto grana cochinilla en América, para el mismo propósito que los pueblos europeos utilizaban el Kermes, presentó un desarrollo independiente.

Existen algunos trabajos que refieren la utilización de caracoles productores del tinte por diferentes culturas, entre otros destacan los de Moore (1936; en Turok et al., 1988), Baker (1974), Baranyovits (1978), Turok et al. (1988), Ghiretti (1996), Mastache (1996), Rieff (1996), Turok (1996).

Ubicación taxonómica de la especie

La ubicación taxonómica de esta especie ha sido revisada por Keen (1971), Wellington y Kuris (1983) y Castillo-Rodríguez y García-Cubas (1987). Al respecto, Kool (1988), considera que existen suficientes diferencias morfológicas en anatomía, rádula y cápsulas ovígeras, con respecto a la especie tipo *Purpura persica*, para proponer la renovación del género *Plicopurpura* (Cossman) y la nueva combinación de *Purpura patula*, *P. columnellaris* y *P. pansa* dentro de este género.

En este sentido, Skoglund (1992), en la revisión de la obra de Keen (1971) para la Provincia Panámica considera la existencia de *Phcopurpura collumelaris* y *P. patula pansa*, esta última como una subespecie de *Phcopurpura patula* del Atlántico. Kool (1993) considera necesarios estudios de tipo molecular que pudieran demostrar el grado actual de divergencia.

Sin embargo, previo al trabajo de Kool (1993), Castillo-Rodríguez (1992) considera que existen diferencias ínter específicas entre *Plicopurpura patula* y *P.*

p. pansa y sugiere la *combinatio nova de Plicopurpura pansa* y que la designación de *Purpura pansa* permanezca como sinónimo. Asimismo, menciona que las especies *Plicopurpura patula*, *P. collumnellaris* y *P. pansa* comparten un carácter que las distingue como grupo único entre otras especies de géneros y familias de Muricidae, e incluso de Thaididae, que es la presencia de una hendidura dorsal, que denomina zoc, a todo lo largo de la cúspide central de la rádula, cuya adaptación mecánica o fisiológica aún es desconocida. Esta hendidura puede estar relacionada con un líquido que el animal inyecta a sus presas antes de ingerirlas (Castillo-Rodríguez, 1992).

De acuerdo con este último criterio, se considera como nombre válido para la especie el de *Plicopurpura pansa*. La sistemática para la especie indica que ésta pertenece a la Superfamilia Muricoidea, Familia Muricidae, Subfamilia Thaidinae, Género *Plicopurpura* y especie *pansa*.

Descripción Morfológica

La forma de la concha varía de oblonga a oval; espira generalmente baja; protoconcha con 2.25 vueltas; abertura grande de la concha, de forma elipsoidal u ovalada, que ocupa el 70 % de la altura total de la concha; labio externo de color claro, crenulado, con pigmentación alterna clarooscuro. Primera vuelta de la protoconcha, lisa; después de la segunda vuelta se presentan hendiduras pequeñas. Columela lisa que forma un ángulo de 45° en la parte inferior. Canal anal pronunciado y canal sifonal corto y superficial. Coloración externa de la concha gris pardo a café oscuro y la columela de color anaranjado con tonalidad blancoaporcelanizado, con tinte oscuro en la región parietal. El opérculo es una estructura córnea de color café rojizo, delgada, de forma elongada, con núcleo marginal que se observa mejor del lado interno o de adhesión al pie. Por el lado externo es de superficie lisa y opaca, con líneas horizontales endebles que corresponden a las del lado interno. El borde es liso (Kool, 1988; Castillo-Rodríguez, 1992) (Figura 2.1).

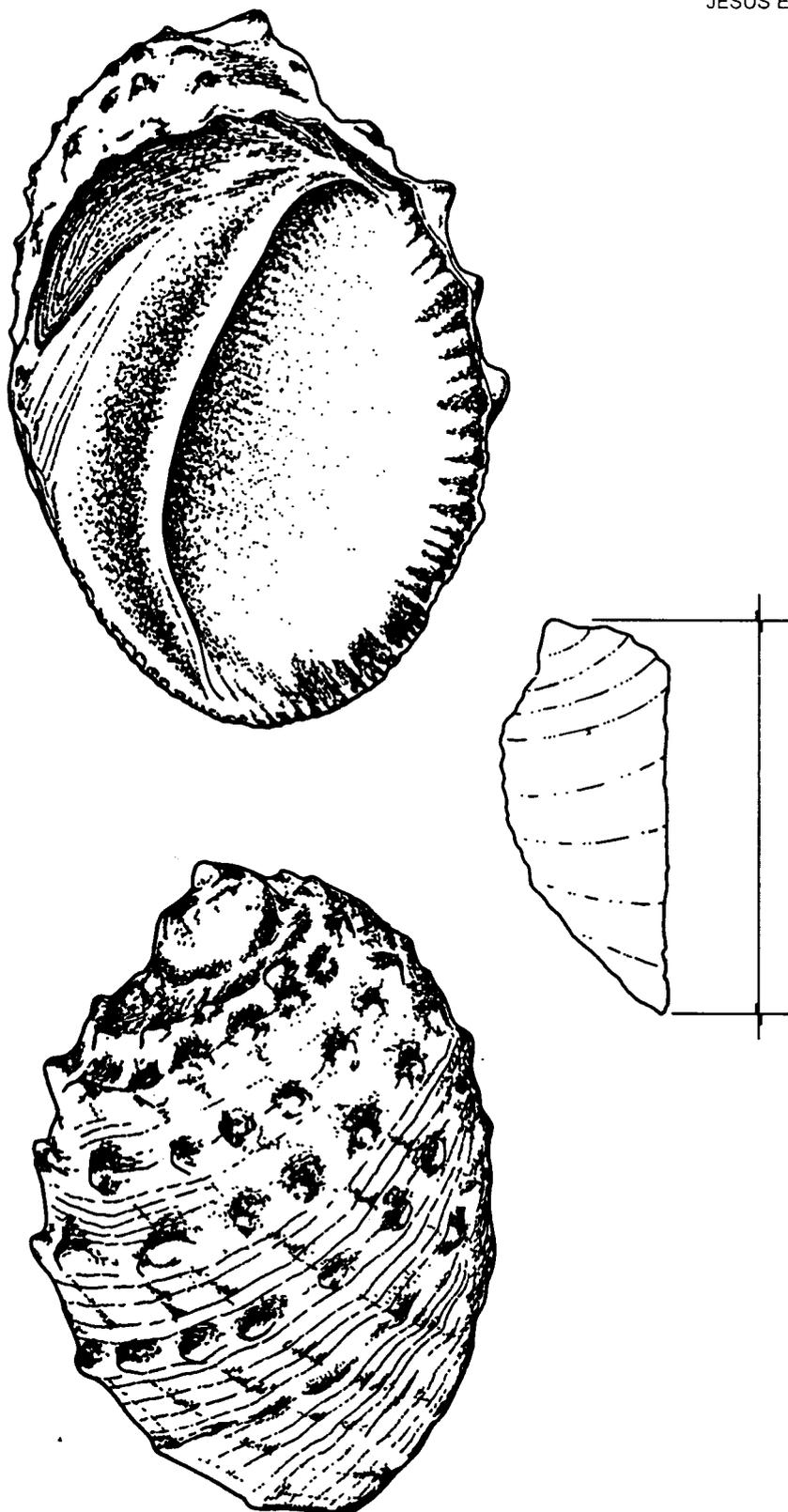


Figura 2.1 Dibujo del caracol del tinte *Plicopurpura pansa*.

Con respecto a la anatomía del caracol, la cavidad del manto retiene el patrón típico del grupo de los moluscos, que es una bolsa o manto que rodea a los sistemas de vida más importantes. En el complejo paleal se encuentra el ano, la abertura genital, un osfradio pequeño bípectinado y las branquias alargadas del lado izquierdo, cerca del canal sifonal, con aproximadamente 135 lamelas; por el lado derecho, cerca del ano, se localizan las glándula hipobranquial y el pene. El margen del manto tiene pliegues y alcanza a cubrir el par de tentáculos en donde se encuentran alojados los ojos; a ese nivel, por la parte media inferior, se encuentra la abertura bucal, de la cual emerge la proboscis, que en búsqueda de alimento se proyecta más de la mitad del tamaño de la concha (Kool, 1988; Castillo- Rodríguez, 1992).

Hábitat y alimentación

Son depredadores activos, carnívoros. Se encuentran comúnmente fijos sobre sustratos rocosos expuesto al oleaje en la zona intermareal. Su máxima abundancia se observa en la franja superior y media del nivel mesolitoral, muestra ciclos activos de períodos cortos relacionados con los cambios diurnos y del nivel de mareas (León-Álvarez, 1989, Aviles et al., 1990). Se alimentan de invertebrados íntermareales entre los que destacan los poliplacóforos (*Chiton spp*) y otras especies de gasterópodos (*Nerita spp.* y *Littorina spp*) (Turok et al., 1988; Castillo-Rodríguez & Amezcua-Linares, 1992).

Reproducción

El caracol del tinte es una especie dioica, de fecundación interna y desarrollo directo. Se observan cópulas durante todo el año pero el número máximo se presenta durante los primeros meses del año, coincidiendo con épocas de bajas temperaturas del agua, siendo variable en los diferentes estados del Pacífico de acuerdo a la latitud (Acevedo, 1995). Durante la cópula, el macho monta sobre la hembra en posición antero superior e inserta su pene en la bursa copulatoria para fecundar a la hembra. Posteriormente, las hembras depositan sus cápsulas con huevos entre las grietas de las rocas de la zona mesolitoral media.

Después de una etapa de desarrollo dentro de la cápsula sigue un periodo planctónico, cuya duración no ha sido determinada. Al final del año se observa la presencia de pequeños caracoles que se reclutan a la zona intermareal (Turok et al., 1988; Acevedo, 1995). La reproducción es probablemente el aspecto menos estudiado en el ciclo de vida del caracol.

Trabajos relativos a la especie en el Pacífico mexicano

Además de los estudios taxonómicos y ecológicos antes mencionados, existen diversos trabajos realizados principalmente en la costa del Pacífico mexicano sobre la ecología del caracol *P. pansa* o de especies afines.

Bartness et al. (1981), realizan un estudio comparativo sobre el efecto de la depredación y el fórrajeo en gasterópodos intermareales, incluyendo *P. pansa*, de zonas tropicales y templadas. Wellington y Kuris (1983) describen el crecimiento y las variaciones del género *Purpura* en la costa Este del Pacífico.

Acevedo y Hernández (1988), analizan algunos aspectos biológico-poblacionales y evalúan el grado de explotación tradicional y comercial de la población de caracol púrpura de Oaxaca. Turok et al. (1988) presentan los resultados de un estudio antropológico y biológico sobre el uso del caracol del tinte por parte de los Mixtecos en la costa de Oaxaca, resaltando la importancia del caracol en la cosmovisión de dicho pueblo.

Álvarez (1989), realiza estudios poblacionales sobre el caracol en varios puntos de la costa de Michoacán. Acevedo et al. (1990), determinan los aspectos poblacionales del caracol del tinte de la costa de Nayarit concluyendo que dicha población es susceptible de aprovecharse por los grupos sociales de la costa.

Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares (1992) presentan un trabajo de la biología y el aprovechamiento del caracol *P. pansa* en costas de Oaxaca, comprendiendo aspectos reproductivos y nutricionales del caracol y fauna de

acompañamiento, donde señalan que un factor importante en la disminución de la población es la creación de complejos turísticos.

Acevedo et al. (1992) analizan las poblaciones cercanas a Mazatlán, Sinaloa. Holguín (1993; 1994) presenta estimaciones de abundancia para Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo y Flores et al. (1994) para la costa de Guerrero.

Para la Costa del estado de Jalisco, Yáñez-Rivera (1989) realiza un estudio taxonómico sobre los gasterópodos de la zona intermareal rocosa. León-Alvarez (1989), León-Alvarez et al. (1990), Ríos-Jara et al. (1990, 1994), analizan la estructura poblacional del caracol en el área de la Bahía de Cuastecomates, al Sur del estado, registrando altas abundancias de hasta 2.7 individuos/m², determinando además la producción y el tiempo de regeneración del tinte, encontrando que la producción está en función directa de la talla y el sexo de los organismos.

De igual forma, para Jalisco, Michel-Morfín et al. (1992) y Reyes-Aguilera (1993), presentan una evaluación poblacional del caracol en diversos puntos de la costa de Jalisco. Fonseca (1998) calcula algunos parámetros poblacionales del caracol en Bahía de Banderas, Jalisco. Michel-Morfín et al. (en prensa) analizan algunos aspectos relativos a la foto-oxidación, producción y rendimiento del tinte, concluyendo que el tinte es un compuesto químico muy estable y que se pueden realizar algunas diluciones sin disminuir la calidad de la tinción.

Además, se han realizado algunos trabajos manteniendo caracoles en condiciones de cultivo, a fin de determinar aspectos reproductivos (Acevedo, 1995), de alimentación (Montiel, 1993; Memije, 1994; Rentería, 1996) o bien aspectos relacionados con el rendimiento del tinte (González, 1996).

Para caracoles productores de tinte en general y desde el punto de vista pesquero, solo se tiene conocimiento del trabajo de Martin et al. (1995), sobre el caracol *Bolinus brandaris* del Mediterráneo, el cual fue utilizado en la antigüedad para la extracción del tinte y actualmente se emplea únicamente como un recurso alimenticio en las costas españolas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA CIENTÍFICO E HIPÓTESIS

La característica particular del caracol *P. pansa* que permite la extracción repetida del tinte sin ser necesario el sacrificio del animal y el ser una especie bien representada en el litoral rocoso del Pacífico tropical mexicano, son elementos que permiten considerar su explotación a nivel comercial, sin embargo, aún existe la necesidad de llevar a cabo diversos estudios sobre este recurso a fin de definir satisfactoriamente la viabilidad de esta actividad.

No obstante ser una especie considerada actualmente bajo protección especial en las costas mexicanas, podría definirse una estrategia de explotación bajo la cual no se dañara el recurso y los rendimientos del tinte hicieran viable esta actividad. Existen evidencias de zonas de costa rocosa en el Pacífico mexicano en donde por la alta densidad poblacional y tallas, ésta explotación pudiera ser rentable y beneficiaría a un sector de la población. Además, cabría considerar que se trata de áreas, como los estados de Jalisco y Colima, en donde no existen grupos indígenas que históricamente hagan uso de este recurso. Esto se complementa con el interés manifiesto de algunos sectores o países, por revalorizar el uso de colorantes naturales en productos con un alto valor agregado, lo que pudiera reactivar el uso de este tinte.

Por lo tanto se pretende efectuar trabajos a profundidad en diferentes áreas y bajo diferentes enfoques metodológicos a partir de los cuales se tengan los elementos de decisión necesarios para definir la estrategia de explotación de ésta especie. De esta manera, se planteó la siguiente hipótesis de trabajo;

- Las características particulares y las abundancias del caracol del tinte *Plicopurpura pansa*, lo convierten en una especie susceptible de ser aprovechada a lo largo del litoral rocoso del Pacífico mexicano.

4. OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

GENERAL

Efectuar un análisis integral, sobre diversos aspectos de la dinámica poblacional, los relativos al rendimiento del tinte y los inherentes a la biología y ecología del caracol del tinte *Plicopurpura pansa*, con la finalidad de evaluar las estrategias de explotación de la especie.

PARTICULARES

- Realizar una evaluación de la densidad poblacional, en algunos puntos representativos de la costa del Pacífico mexicano.
- Determinar las principales características de la dinámica poblacional del caracol púrpura, tales como: crecimiento, reclutamiento, mortalidad y proporción de sexos.
- Determinar los aspectos relativos al proceso de producción, rendimiento y tiempo de recuperación del tinte del caracol, así como la variación en el volumen producido en función de la talla y sexo.
- Desarrollar un modelo de simulación que integre la información y realizar el análisis de sensibilidad del modelo, tomando en cuenta la variación inherente a los parámetros considerados.
- Formular y evaluar las estrategias de explotación de la especie considerando algunos indicadores bioeconómicos.

ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se abordó desde diferentes vertientes. En primer término, se plantearon una serie de actividades en una playa rocosa con muestreos periódicos a lo largo del tiempo, con el fin de determinar los principales parámetros de la población.

Por otro lado, resultó de suma importancia el conocer el efecto de las

ordeñas sucesivas en el rendimiento del tinte y en supervivencia del caracol, para lo cual se llevó a cabo un experimento con organismos en condiciones controladas.

Partiendo de la anterior información se estuvo en la posibilidad de construir un modelo de simulación para el recurso, con el fin de obtener estimaciones de los rendimientos y beneficios de esta actividad, a través del enfoque actual de la biología pesquera y el manejo de recursos. Posteriormente, se efectuó una serie de actividades en varios puntos del litoral rocoso del Pacífico mexicano, con el fin de generar información para retroalimentar y calibrar el modelo de simulación y por lo tanto validar los resultados obtenidos a través de él.

Teniendo una concepción integral del sistema, se definió la viabilidad social y económica del establecimiento de una nueva actividad pesquera en torno a la extracción del tinte y se analizaron y plantearon las estrategias de explotación de la especie, a través de las cuales se logre el mayor beneficio social y se obtenga el uso sostenible de el tinte obtenido de ésta especie.

5. ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS POBLACIONALES y RENDIMIENTO DEL TINTE DEL CARACOL *Plicopurpura pansa* EN LA BAHÍA DE NAVIDAD, JALISCO.

Desde el punto de vista pesquero, un aspecto de vital importancia para definir la viabilidad del uso y posibles estrategias de manejo de una especie es el conocimiento de los parámetros de la población, tales como crecimiento, mortalidad, reclutamiento y proporción sexual. Para esto, se decidió estudiar la dinámica poblacional de caracol púrpura en una playa rocosa del litoral del Pacífico mexicano. Para el caracol púrpura solo existen estimaciones del crecimiento realizadas para la costa de Oaxaca (Turok, et al., 1988), Michoacán (Álvarez, 1989) Nayarit (Acevedo et al., 1990) y el Norte de Jalisco (Fonseca, 1998). No se tiene conocimiento de alguna estimación de la mortalidad natural.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizó una serie de datos de frecuencias de longitud, obtenidos de manera bimensual, entre mayo de 1993 y enero de 1995, en la playa rocosa de Cuastecomates, en la Bahía de Navidad, Jalisco (19°13'29" N y 104° 43'45" O). En cada ocasión, se delimitó un transecto de 50 m de largo por dos metros de ancho, ubicado en la zona de rompientes y de manera paralela a la línea de costa. Éste transecto se ubicó en el nivel mesolitoral superior, debido a que la mayor presencia de caracoles se observa en éste nivel de la zona intermareal (León-Álvarez, 1989).

Se recolectaron todos los caracoles presentes, los cuales fueron ordeñados manualmente, despegando el animal de la roca y soplando sobre el opérculo para estimular así la expulsión del tinte. El fluido obtenido de cada caracol se virió en frascos de plástico oscuro para posteriormente determinar el volumen a través de pipetas volumétricas de 1 ml. Se estimó la longitud total (desde el ápice hasta el final del canal sifonal) de cada organismo por medio de un calibrador vernier y el

peso húmedo total con una balanza granataria. El sexo se determinó al observarse la presencia de pene o bursa copulatoria. Todos los caracoles se liberaron en el mismo sitio de recolecta.

Durante los primeros dos muestreos se marcaron todos los caracoles, con un número plástico adherido al labio interno con barniz transparente, con la finalidad de estimar el crecimiento a partir de métodos de captura-recaptura.

La relación longitud-peso se estableció ajustando una ecuación potencial. Se utilizó la prueba de comparación de pendientes para contrastar las diferencias entre sexos (Zar, 1996). Se calcularon los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy, la mortalidad y el reclutamiento a partir de las diferentes rutinas de análisis del programa FISAT (Gayanilo et al., 1995). Adicionalmente, se realizó una estimación de la mortalidad según diversos métodos considerados por Sparre y Venema (1992) y Chávez (1995).

Se determinó la relación existente entre la talla y el volumen de tinte producido por cada organismo a través de un análisis de regresión potencial. Se realizó una prueba de comparación de pendientes para contrastar las diferencias entre sexos (Zar, 1996).

RESULTADOS

Se recolectó un total de 964 caracoles a lo largo del período de estudio, de los cuales 380 fueron hembras y 288 machos. En los restantes organismos no fue posible determinar el sexo. En la tabla 5.1 se muestra la proporción sexual y la densidad por mes. La proporción hembras: machos para el período de estudio fue de 1: 0.75. A pesar de que la proporción sexual presentó una tendencia hacia las hembras en la mayoría de los meses, ésta varió entre 1 :1 (marzo de 1994) a 1: 0.53 (mayo de 1993). La densidad media para todos los meses fue de 1.7 caracoles/m². No se encontró una relación entre la densidad y la proporción

sexual.

El método para establecer el sexo no fue completamente efectivo en el campo, ya que solo se logró determinar el sexo en el 70% de los 964 caracoles recolectados. Esto al ser necesario determinar el sexo de los caracoles uno por uno, en una zona expuesta al embate de las olas y que debe ser realizado rápidamente para evitar la desecación y muerte de los caracoles. El método es particularmente difícil con caracoles de talla grande y esta situación podría afectar la proporción sexual.

La estructura de tallas se distribuye en un intervalo de entre 7.8 y 79 mm (media: 32 mm) para las hembras y de 9 a 76.4 mm (media: 28.9 mm) para los machos (Figura 5.1). En las figuras 5.2 y 5.3 se presentan las distribuciones de frecuencia de tallas observadas para cada mes de muestreo y para cada sexo respectivamente, las cuales fueron utilizadas para realizar las estimaciones de los parámetros de crecimiento aplicando las rutinas del programa FISAT. Es evidente un valor modal entre los 14 y 18 mm y que corresponde a los reclutas de la zona intermareal. Los caracoles de tallas mayores a los 50 mm son escasos y principalmente son hembras.

La figura 5.4 muestra la relación talla-peso para el total de los organismos considerados y para cada sexo. Las estimaciones del factor de condición (0.0003 y 0.0002) y el valor de la pendiente (2.85 y 2.9) para hembras y machos respectivamente sugieren un crecimiento de tipo isométrico. Se observa un buen ajuste a la ecuación de regresión potencial en ambos sexos. La prueba de comparación de pendientes indica que existen diferencias significativas en las ecuaciones obtenidas para cada sexo ($P < 0.02$).

A partir de las distribuciones de frecuencia bimensuales para cada sexo, se calculó la longitud asintótica (L_{∞}) y el coeficiente de crecimiento (K). Los valores se muestran en la tabla 5.2 donde es notorio un crecimiento diferencial entre los

sexos. Las hembras presentan una tasa de crecimiento anual mas alta (0.27) y un mayor valor para la L_{∞} (110 mm). Estos valores son consistentes con la información que muestran los histogramas de frecuencias de longitud para cada sexo.

La Longitud asintótica L_{∞} fue estimada por el método de Powell y Whetheral y las estimaciones de K por medio del método de Shepherd modificado por Pauly y Arreguín-Sánchez (1995), ambos como rutinas del programa FISAT (Gayanilo et *al.*, 1995). En la figura 5.5, se muestra el ajuste de la función del método de Shepherd (modificado) para la estimación de K.

A pesar de que se obtuvo un bajo número de recapturas ($n=9$), las estimaciones de crecimiento por los métodos de captura-recaptura, son consistentes con las obtenidas a través de distribuciones de frecuencias (Tabla 5.3). Debido al bajo tamaño de muestra, el cálculo se realizó sin considerar el sexo de los caracoles. A partir de la relación empírica entre la longevidad y la tasa de crecimiento (K), el estimado de la longevidad máxima dado por $3/K+t_0$, fluctúa entre los 11 y los 14 años de edad.

Partiendo del hecho de que la población de caracoles en esta playa rocosa no se encuentra sujeta a ningún tipo de explotación, se consideró que la mortalidad total (Z) es igual a la mortalidad natural (M). Por esta razón, diversos métodos fueron considerados y probados. Las diferentes estimaciones de mortalidad calculadas se presentan en la tabla 5.4, mismas que variaron entre 0.21 (donde $K = M$ de acuerdo con Chávez, 1995), a 1.47 por el método de curva de captura, a través del programa FISAT (Gayanilo et *al.*, 1995).

Las observaciones de campo realizadas durante los muestreos bimensuales indican que la estación reproductiva ocurre entre enero y mayo y se caracteriza por las cópulas entre caracoles y la presencia de puestas de huevos en las oquedades de las rocas. Observaciones adicionales de laboratorio sugieren

que el período de desarrollo larval dentro de las cápsulas es de entre dos y tres meses. Posteriormente, presentan un estado larval planctotrófico cuyo tiempo es desconocido, pero que se considera puede tomar cerca de seis meses.

El reclutamiento al intermareal rocoso de los caracoles de menor talla se muestra en la figura 5.6 a través del porcentaje de reclutas en los muestreos bimensuales. En esas series de datos, se observa que el reclutamiento ocurre de julio de 1993 a mayo de 1994, observándose las menores tallas de septiembre de 1993 a enero de 1994. Un segundo período de reclutamiento se observa en enero de 1995, pero éste pudo empezar antes (no se muestreó noviembre de 1994). La talla mínima observada fue de 7.8 mm y la máxima de 20 mm, con un promedio de talla de los reclutas de 15 mm. A partir de estos datos y de las estimaciones de los parámetros de crecimiento, la edad del grupo I (talla de reclutamiento) podría ser cercana a un año de edad después de la eclosión.

El rendimiento del tinte se incrementa potencialmente con la longitud tanto en hembras como en machos (figura 5.7, tabla 5.5). La prueba de comparación de pendientes indica que no existen diferencias significativas entre las pendientes del modelo calculado para cada sexo ($P > 0.1$). Sin embargo, es evidente la alta variación que se presenta en el volumen de tinte producido, particularmente en las tallas grandes (mayores a 50 mm.). El rendimiento de tinte promedio fue de 1.81 ml/l para las hembras, 1.23 ml/l para los machos y de 1.81 ml/l para todos los caracoles muestreados (hembras, machos y organismos de sexo no determinado).

DISCUSIÓN

La proporción sexual y la densidad del caracol pueden estar afectadas por cambios en la distribución espacial de los organismos. En el laboratorio y campo, se observaron algunos cambios en relación con la reproducción -agregaciones de machos alrededor de las hembras-, sin embargo a lo largo de este trabajo no se observó un gradiente de los caracoles en función de la talla, aunque el método de

muestreo no fue específico para determinar la distribución espacial. Los muestreos se realizaron en el nivel mesolitoral, por ser la zona intermareal con mayor presencia de caracoles (León-Álvarez, 1989).

Al comparar los estimados de crecimiento presentados en este trabajo, con resultados previamente obtenidos por otros autores a partir del método de Battacharia, se observan diferencias notables. Se estiman valores de K muy bajos (0.069 y 0.088 para hembras, por Turok et al. (1988) y Álvarez (1989), respectivamente) en Oaxaca y Michoacán. Estos valores sugieren una gran longevidad y es notorio que están en contraste con los estimados obtenidos por los mismos autores a través de métodos de marcado (2 mm/mes y 1.6 mm/mes). Sin embargo, las estimaciones de L_{∞} son coincidentes con las obtenidas en el presente trabajo.

Acevedo et al. (1990), estiman un valor de $K=0.13$ y una L_{∞} de 90 mm, para hembras de *P. pansa* en la costa de Nayarit. Fonseca (1998), en el Norte del estado de Jalisco y a partir del retrocálculo de tallas, calcula un valor de L_{∞} de 104.5 mm y un coeficiente de crecimiento $K=0.24$, datos que están en mayor concordancia con los calculados en este estudio para la población del sur de Jalisco. En general, en todas las estimaciones se observa que la L_{∞} presenta un valor más alto para las hembras (Tabla 5.6)

Estos resultados por un lado permiten sugerir que valores calculados a partir de métodos gráficos pueden estar subestimados, dado su contraste con las estimaciones de crecimiento hechas a partir de métodos de marcado. Y por otra parte, existe la posibilidad de que se presente un efecto de las condiciones del hábitat o latitudinales, entre otros, que se vean reflejados en la estructura de tallas y por lo tanto en los parámetros de crecimiento y mortalidad de la población.

Además, y dado que todas las estimaciones han sido realizadas a partir de métodos indirectos de determinación de edad, ya sean gráficos o electrónicos

como en este trabajo, resulta necesario que en el futuro se validen estas estimaciones a partir de observaciones del crecimiento sobre estructuras duras, las cuales reflejen cambios periódicos en el crecimiento. En esta vertiente, se abre una interesante e importante línea de investigación.

Con respecto a la mortalidad, esta se evalúa para el caracol púrpura por primera vez. Después de realizar las estimaciones por diversos métodos, se considera que los valores obtenidos por el método de curva de captura y de Jones y Van Zalinge, posiblemente están sobrestimados, al observarse que las estimaciones dadas por los otros métodos se encuentran entre el valor de K (0.25) y dos veces K (0.5). Esta diferencia pudiera atribuirse a posibles cambios en la distribución espacial y temporal de los organismos, que se reflejan como cambios en la estructura de tallas y que serían considerados como mortalidad por los dos primeros métodos mencionados.

La posible segregación por talla con respecto a la profundidad y los cambios estacionales en la distribución espacial son aspectos que explicarían la ausencia de tallas mayores a 75 mm y menores a 100 mm (L_{∞}) y la discrepancia observada entre los resultados de los diferentes métodos. Sobre este aspecto es conveniente llevar a cabo futuros trabajos de campo.

Desde el punto de vista pesquero, y dado que se eligió un sitio de la costa de Jalisco que se encuentra en un lugar de muy difícil acceso, por las condiciones fisiográficas y de oleaje de la zona, se considera que es una área con escasa o nula perturbación por parte de pescadores que ocasionalmente acuden a la costa rocosa para la recolecta de quitones (*Chiton articulatus*) u otras especies de moluscos de importancia comercial y entre las que incluyen también caracoles púrpura de tallas grandes. Por lo tanto, las estimaciones de mortalidad que se presentan corresponden a la mortalidad natural para el caracol en condiciones de nulo impacto humano y por lo tanto, se concluye que es válido el considerar que la mortalidad natural (M) será igual a la mortalidad total (Z).

Tabla 5.1 Proporción sexual y densidad del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en la costa de Jalisco, México (mayo 1993-enero 1995).

Mes	Proporción Sexual (%)		Densidad caracoles/m ²
	Hembras	Machos	
Mayo	65	35	2.0
Julio	58	42	1.3
Sep.	57	43	2.0
Nov.	54	46	2.1
Enero	58	42	2.0
Marzo	50	50	1.5
Mayo	59	41	1.5
Julio	57	43	1.2
Sep.	55	45	1.3
Ene.	56	44	1.5
Media	57	43	1.7

Tabla 5.2 Parámetros de crecimiento y de la relación peso-longitud estimados para hembras y machos del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* en Jalisco.

Parámetro (unidad)	Hembras	Machos
L_{∞} (mm)	110	102
K (anual)	0.27	0.21
W_{∞} (g)	198	134
b (g/mm)	2.85	2.90
a (g)	0.0003	0.0002

Tabla 5.3 Estimaciones del crecimiento a partir de datos de captura-recaptura obtenidos a través de diferentes métodos incluidos en el programa FISAT

Valor de K(anual)	L_{∞} (mm)	Método
0.26	110	Munro
0.26	110	Gulland & Holt
0.38	100	Appeldoorn

Tabla 5.4 Estimaciones de la Mortalidad natural anual (M), para la población del caracol del tinte *Plicopurpura pansa* utilizando diversos métodos.

Valores de M		
Hembras	Machos	Método
0.27	0.21	Alagaraja
0.36	0.27	Ault y Erhardt
0.47	0.38	Beverton y Holt
1.51	1.79	Curva de captura
0.27	0.21	Chávez
0.39	0.36	Hoenig
1.43	1.45	Jones y Van Zalinge
0.39	0.36	Rickther y Efanov

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
 CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
 DONATIVO

Tabla 5.5 Valores estimados para la regresión ($Vol = aL^b$) entre la longitud de los caracoles en mm (L) y el rendimiento de tinte en ml (Vol), para el caracol de tinte.

Atributo	Hembras	Machos	Total *
a	0.0001	0.0005	0.0002
b	2.43	2.06	2.38
r^2	0.52	0.25	0.52
n	63	38	124

* El total incluye caracoles hembras, machos y de sexo no determinado

Tabla 5.6 Estimaciones de los parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy para diferentes estados del Pacífico mexicano.

Estado	Hembras		Machos		Fuente
	L_{∞}	K	L_{∞}	K	
Sinaloa	109.0	0.14	70.5	0.17	Enciso et al., (1995)
Nayarit	90.0	0.13	75.3	0.14	Acevedo et al., (1990)
Jalisco	104.5	0.24	63.2	0.29	Fonseca (1998)
	110.0	0.27	102.0	0.21	Este trabajo
Michoacán	149.0	0.08	141.0	0.08	Álvarez (1989)
Oaxaca	101.0	0.06	72.0	0.09	Turok et al., (1988).

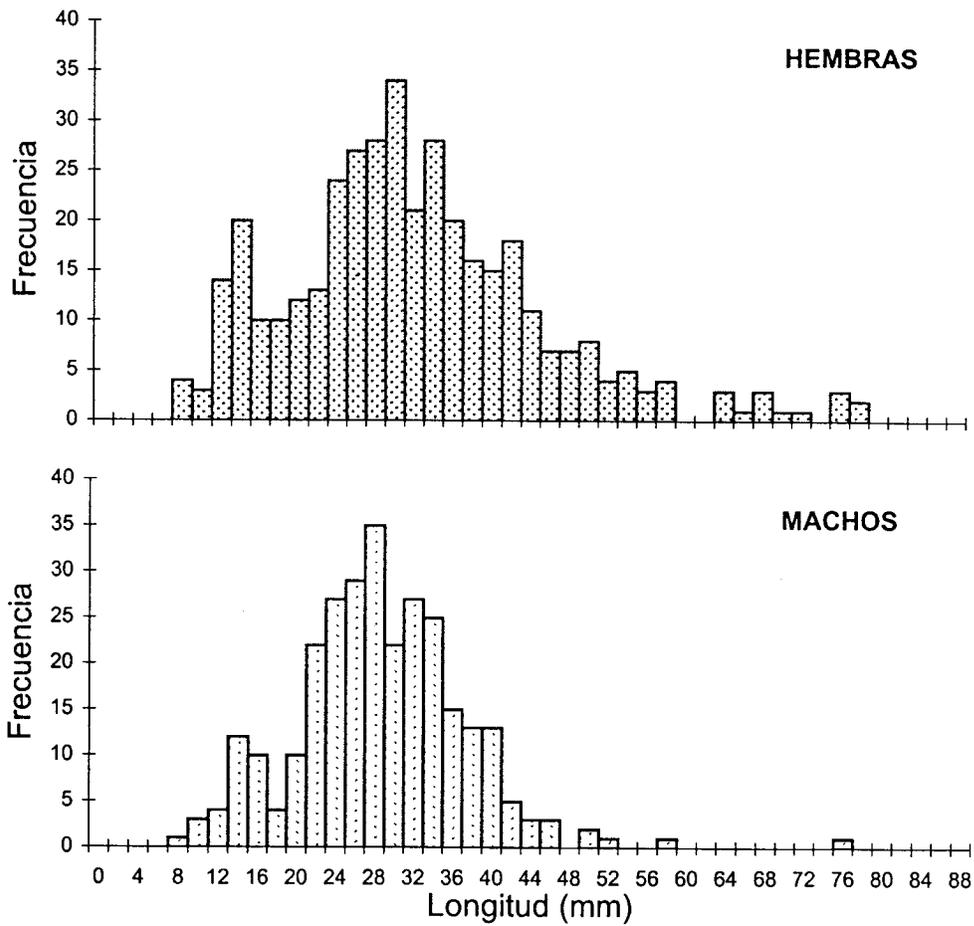


Figura 5.1 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para el caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México (mayo 1993- enero 1995).

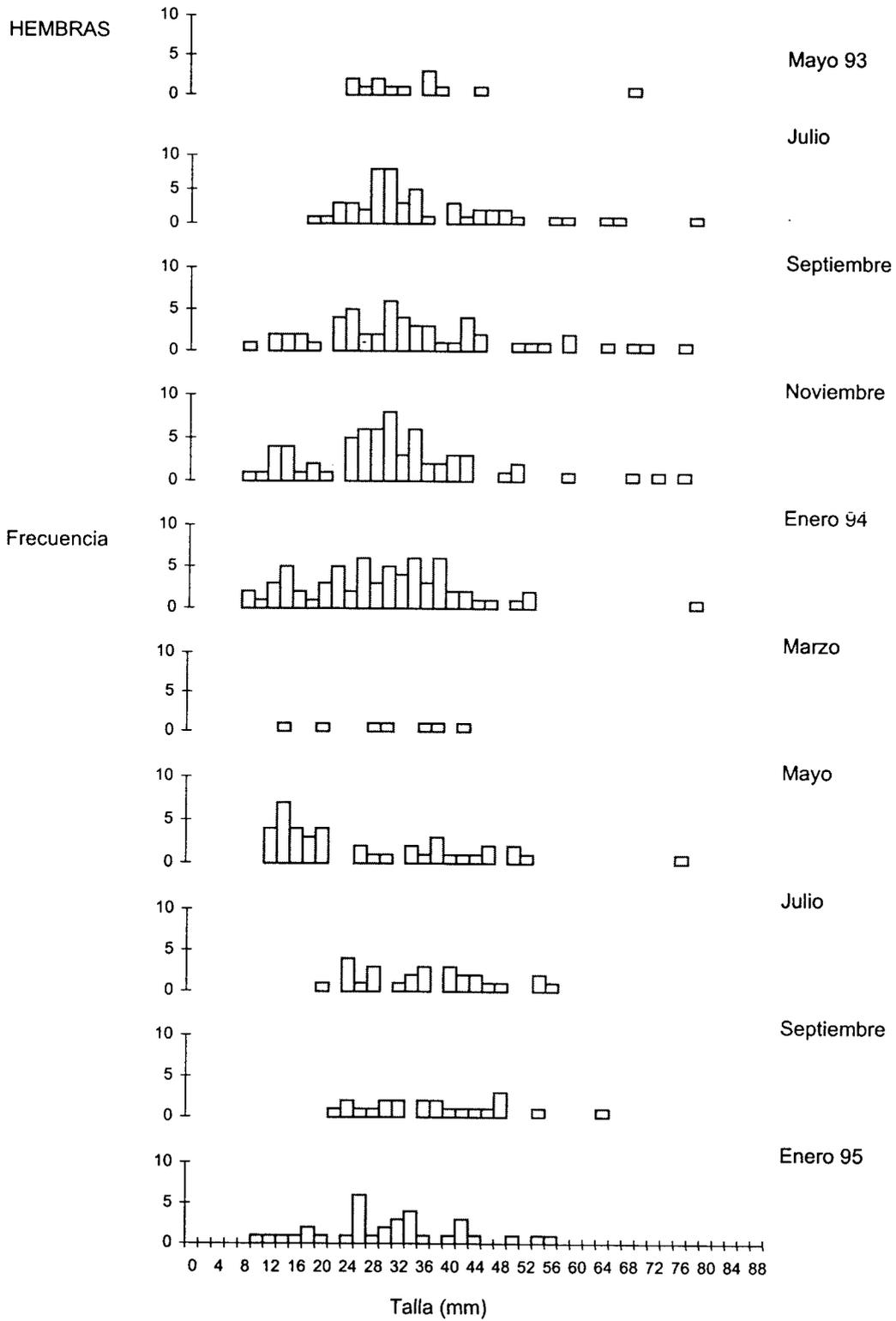


Figura 5.2 Histogramas bimensuales de distribución de frecuencias de tallas para hembras del caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México .

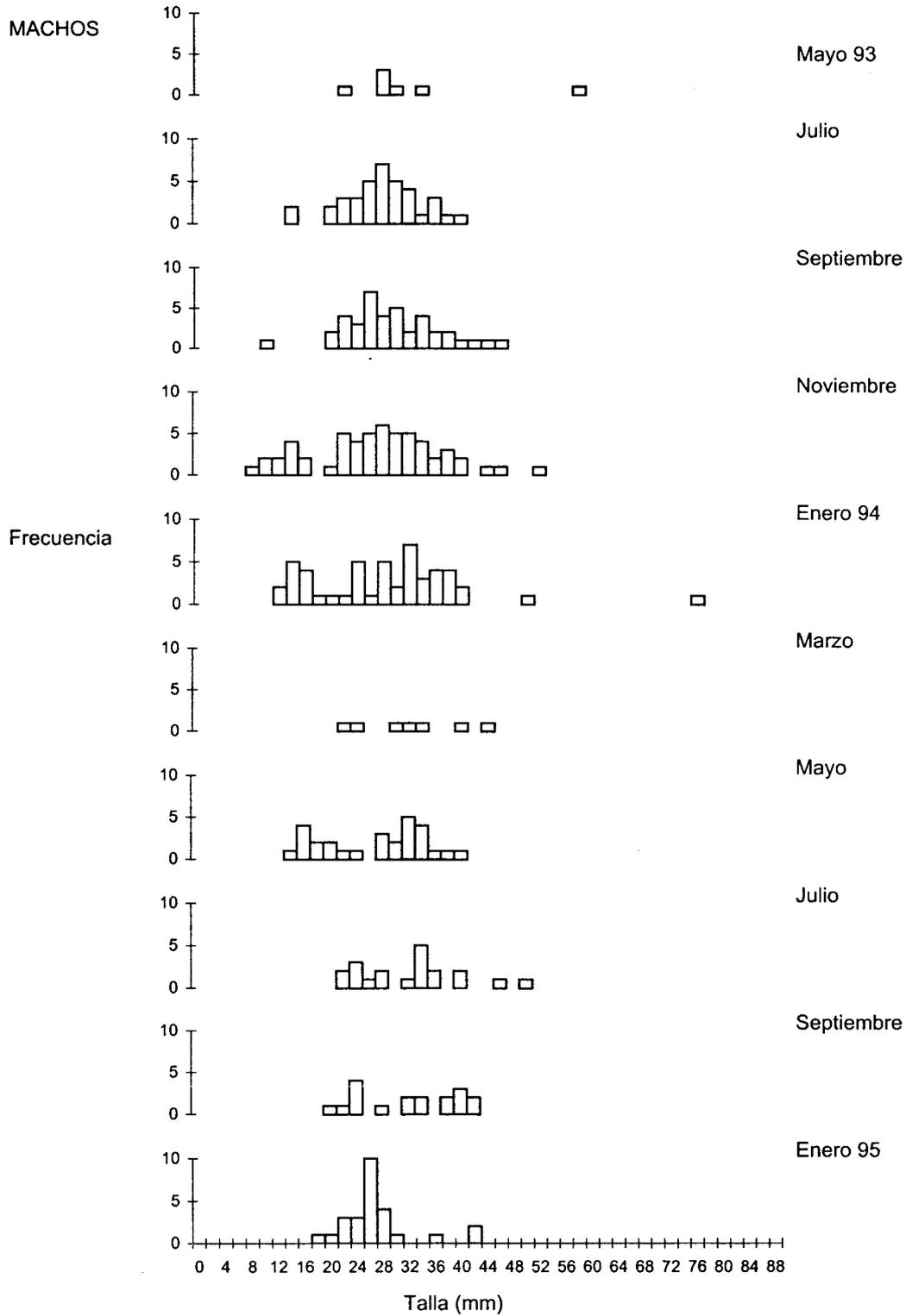


Figura 5.3 Histogramas bimensuales de distribución de frecuencias de tallas para machos del caracol del tinte *P. pansa* en la costa de Jalisco, México.

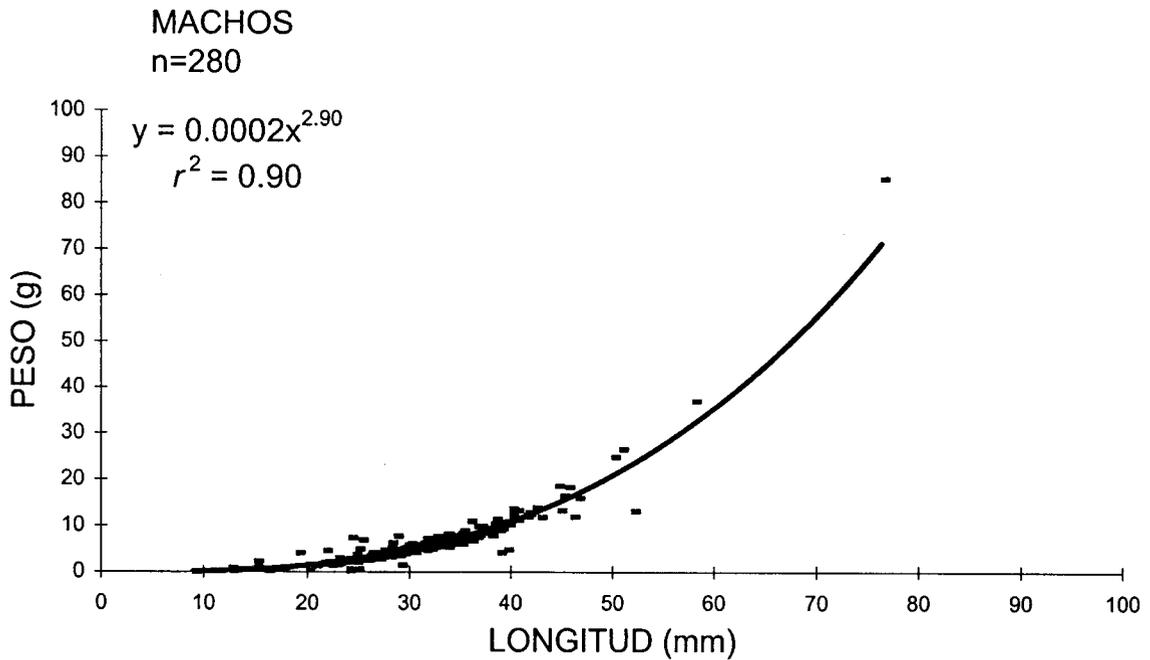
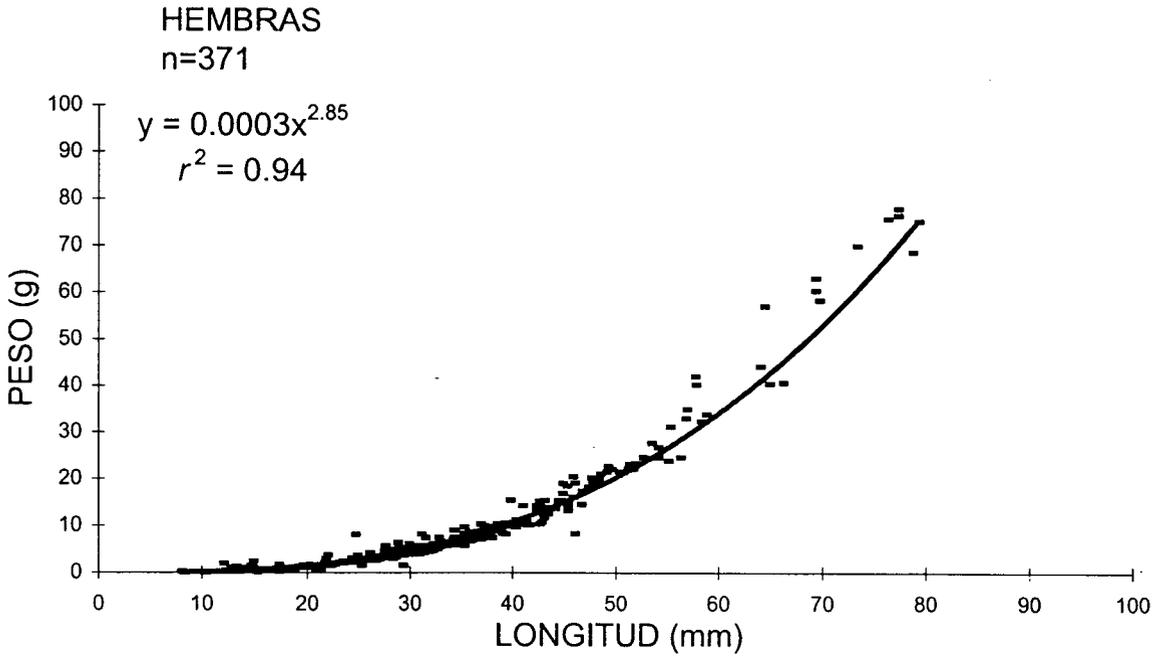


Figura 5.4 Relación Longitud-peso para el caracol del tinte *P. pansa* en Bahía de Navidad, México.

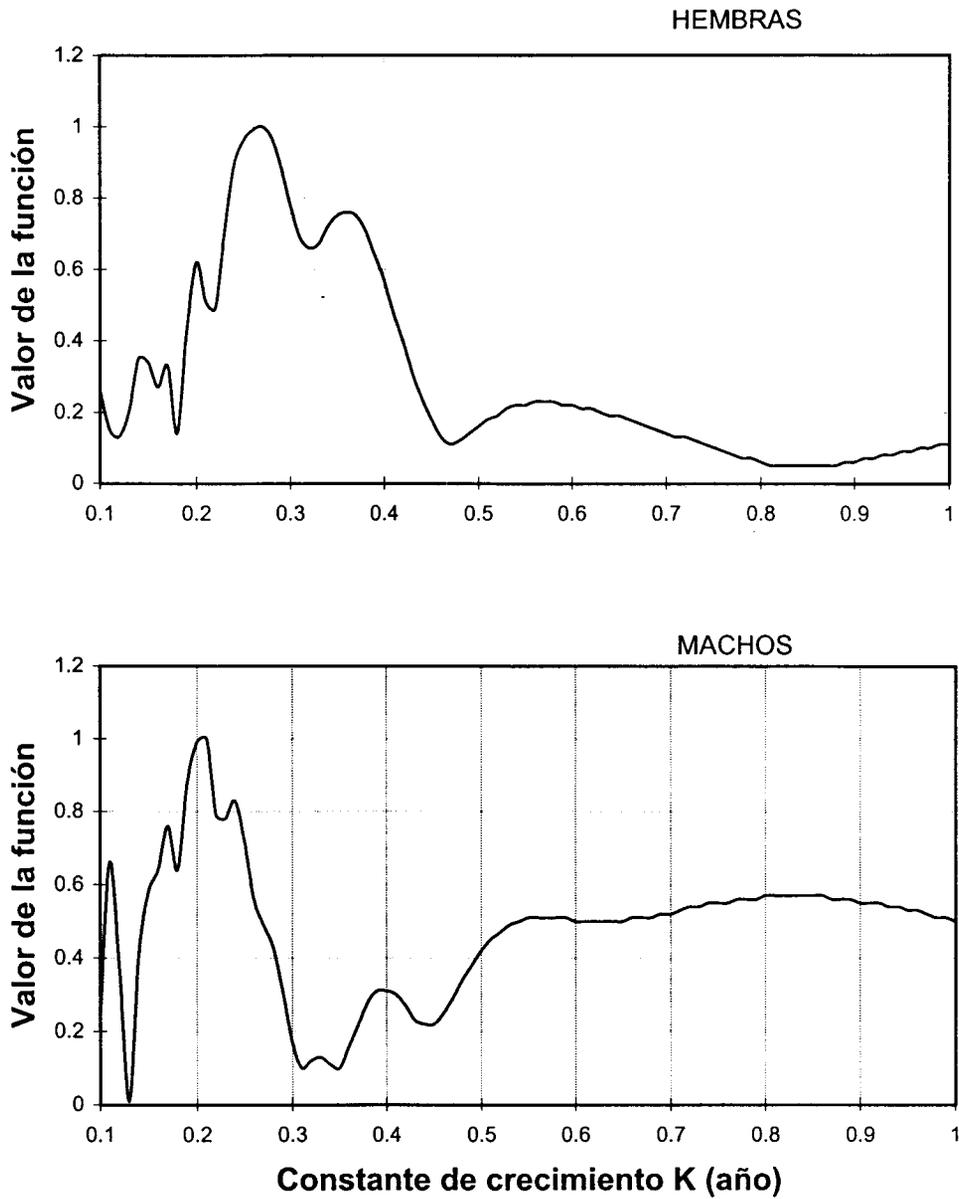


Figura 5.5 Estimaciones del valor de la tasa de crecimiento (K) por el método de Shepherd, modificado por Pauly & Arreguín-Sánchez (1995) para hembras y machos del caracol del tinte *P. pansa*.

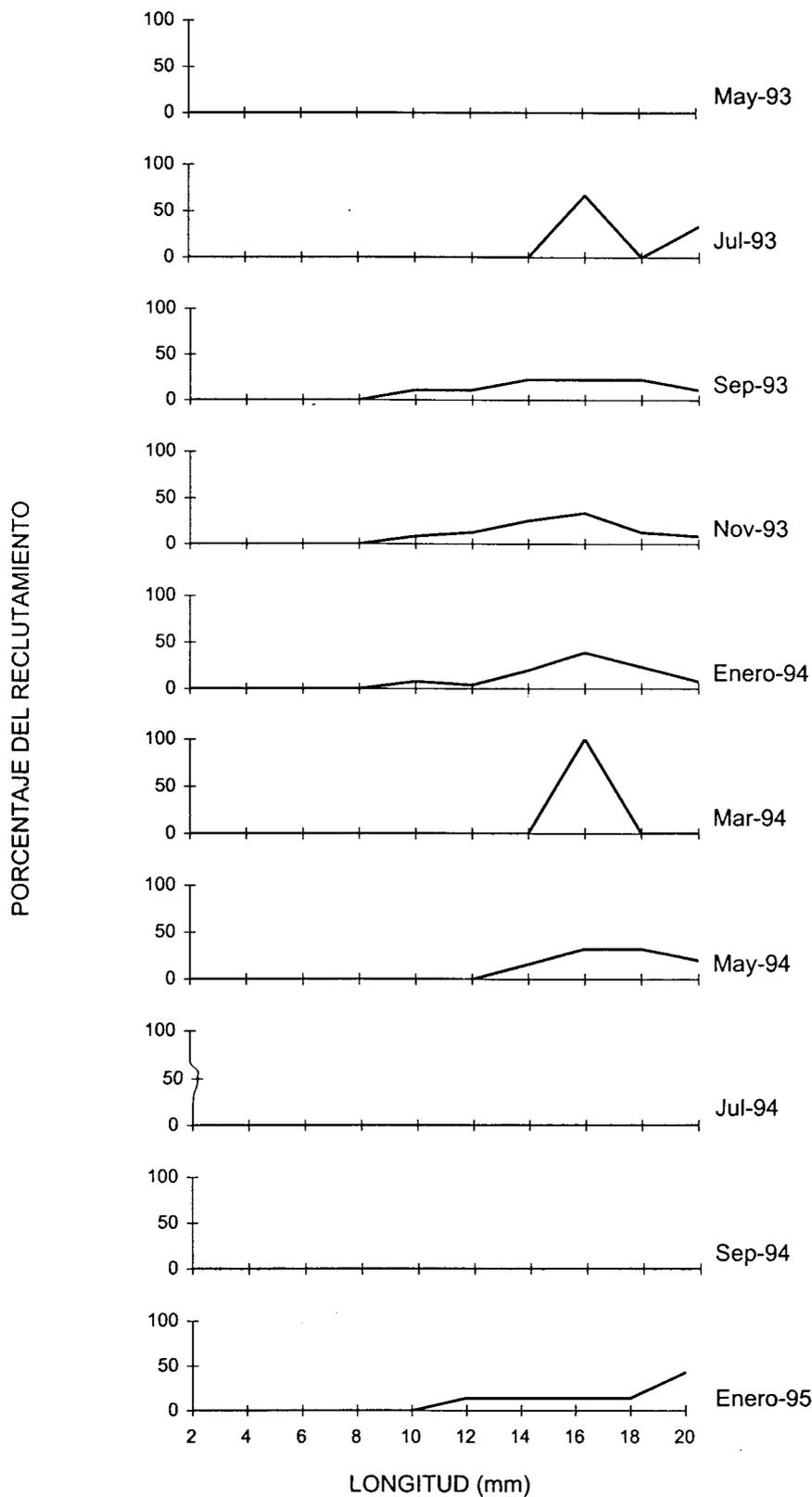


Figura 5.6 Porcentaje (bimensual) de reclutamiento para el caracol del tinte *P. pansa* en Jalisco

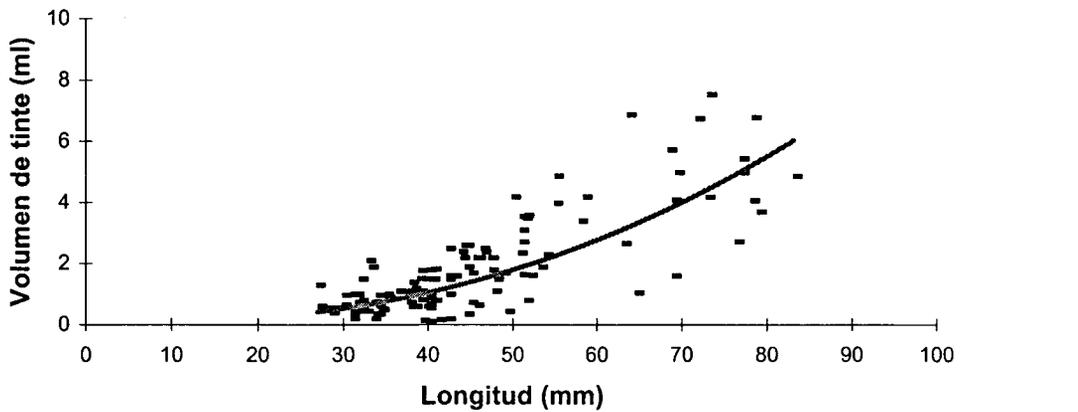
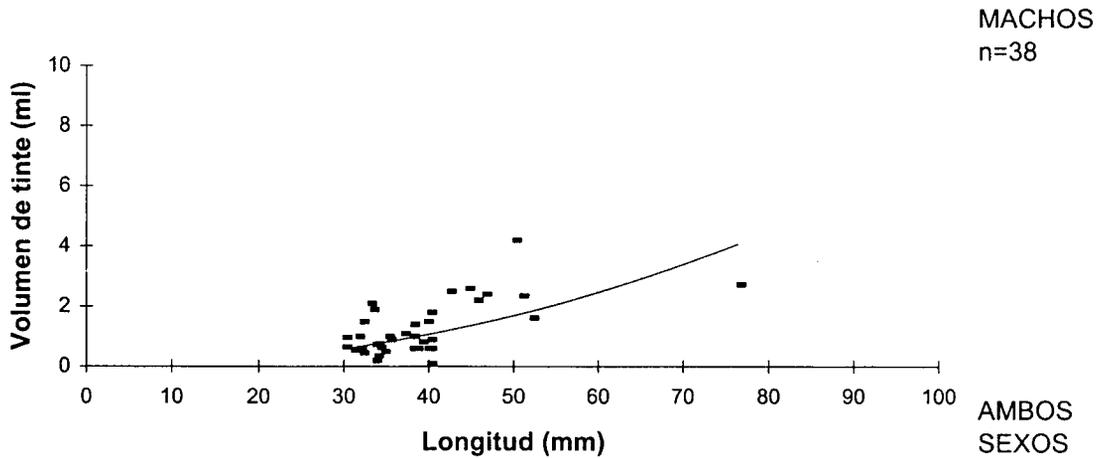
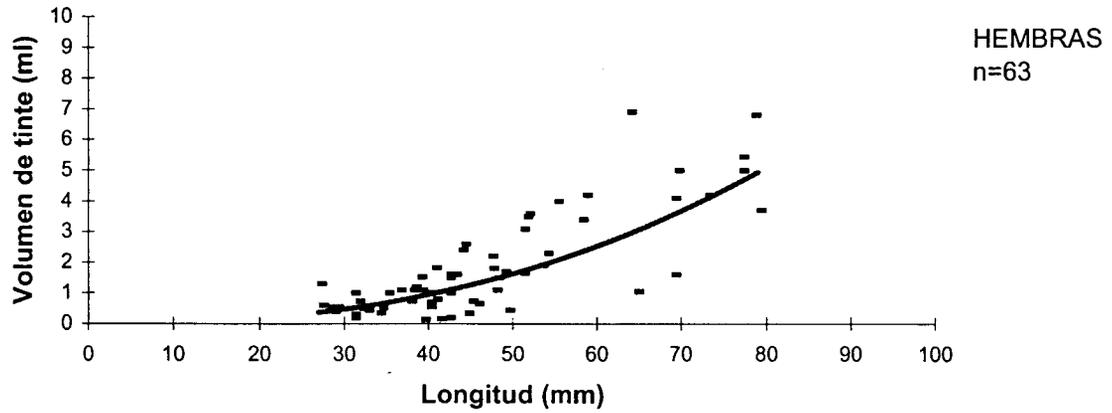


Figura 5.7 Relación entre la longitud del caracol y el rendimiento del tinte extraído de caracoles hembras, machos y de ambos sexos.

6. EFECTO DE LA EXTRACCIÓN SUCESIVA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL TINTE Y LA SUPERVIVENCIA DEL CARACOL BAJO CONDICIONES EXPERIMENTALES.

Con el propósito de determinar el período óptimo entre cada ordeña, los posibles cambios en el volumen de tinte producido en función de las ordeñas sucesivas, así como el efecto de estas ordeñas en la supervivencia de los caracoles, se condujo un experimento manteniendo grupos de caracoles bajo condiciones controladas y realizando ordeñas a diferentes períodos de tiempo. Este conocimiento incidirá directamente sobre el establecimiento de las estrategias de manejo de esta especie, al determinarse la posibilidad de realizar extracciones sucesivas de tinte y el tiempo entre cada ordeña, en que se logren los máximos rendimientos con la menor mortalidad inducida por la manipulación de los organismos.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectaron un total de 110 caracoles, a partir de muestreos de campo realizados en junio de 1997, en tres playas de la zona intermareal rocosa del Pacífico mexicano. En la Bahía Vargas Lozano en la parte sur de Isla Socorro, Archipiélago Revíllagígedo, en la Bahía de Cuastecomates, Jalisco y en Punta Pescadero, Baja California Sur. Se recolectaron caracoles de varios puntos geográficos con el fin de considerar la posible variabilidad inherente a las diferentes condiciones ambientales en que se presenta la especie.

Los caracoles se trasladaron en cámara húmeda al Laboratorio de Biología Experimental del CICIMAR, en la ciudad de La Paz, BCS, en donde se mantuvieron en una sala climatizada a 22 °C, repartidos en dos acuarios de fibra de vidrio de 200 l de capacidad. Cada uno de los acuarios contó con un sistema abierto con flujo semi-continuo de agua de mar filtrada. Dentro de ellos, se colocaron bombas sumergibles y piedras de diferentes tamaños con el fin de

proporcionar condiciones de sustrato y humectación similares a los que se encuentran los caracoles en su medio natural.

Los caracoles fueron alimentados diariamente a libre acceso, con trozos de calamar fresco, colocados sobre las rocas de los acuarios. Diariamente, se realizó el recambio total del agua y la limpieza de los acuarios a través de sifoneo y se retiraron los restos de alimento. Se llevó un registro diario de la temperatura de los acuarios.

Previo a cualquier manipulación, se dejó transcurrir un período de aclimatación de dos meses. Se formaron aleatoriamente cinco grupos, con caracoles de diferentes tallas y ambos sexos, los cuales fueron marcados con un color distintivo en el ápice, de acuerdo al grupo de ordeña al que pertenecían y un número plástico adherido, con barniz transparente en la concha del caracol. A partir de éstas marcas fue posible verificar diariamente la sobrevivencia de los caracoles.

Se registró la talla (desde la punta del espiral hasta el extremo anterior del canal sifonal) y el peso de cada caracol a través de un calibrador vernier electrónico y una balanza digital, equipados con software para la creación de las bases de datos correspondientes.

De esta manera, se colocaron 47 caracoles por acuario; dos grupos de 20 caracoles cada uno y 7 caracoles pertenecientes al grupo testigo. La diferencia en el número de caracoles con respecto a la recolecta fue debida a la mortalidad observada durante el traslado y en los días iniciales del período de aclimatación.

Los grupos fueron sometidos a una serie de ordeñas de acuerdo a un calendario establecido. Para la ordeña, se despegó cada caracol de las rocas o paredes del acuario, se eliminó el exceso de agua y se estimuló la expulsión del tinte soplando y presionando ligeramente sobre el pie y el opérculo. El tinte

obtenido de cada caracol se colocó de manera individual en viales eppendorf.

Todos los grupos fueron sometidos a una ordeña inicial el 28 de agosto de 1997. Posterior a la ordeña inicial, se tuvieron diferentes regímenes de ordeña en cada grupo. Uno de ellos se mantuvo como grupo testigo sin ser sometido a ninguna otra ordeña (GT). De los restantes grupos, el primero de ellos fue ordeñado cada siete días (G7), el segundo cada 14 días (G14), el tercero cada 21 días (G21), y el cuarto cada 28 días (G28), durante un período de tres meses a partir de la primera ordeña.

En cada ordeña se colectó el tinte producido por cada caracol y se evaluó el volumen producido. Para determinar el volumen de tinte se obtuvo una ecuación de regresión entre el volumen y el peso del tinte, a partir de los datos de la ordeña inicial. Posteriormente, se calculó el volumen producido por cada caracol, determinando el peso de los viales y aplicando la ecuación. Además, se llevó un control diario de la mortalidad registrada en cada uno de los grupos.

Después de transcurrido el período de tres meses de ordeñas, se determinó el sexo de cada uno de los caracoles, estimulando manualmente la salida del cuerpo del caracol de la concha y determinando la presencia de pene u orificio genital.

Para determinar si existieron diferencias en la conformación de los diferentes grupos se realizaron análisis de variancia y pruebas de comparación de medias entre la talla y el peso de los caracoles.

Se calculó el volumen promedio de tinte para todos los caracoles a la ordeña inicial y con respecto a este valor, se calcularon las anomalías en la producción por ordeña y para cada grupo.

Se estandarizaron los datos de producción de tinte dividiendo el volumen

producido entre la talla del caracol, con el fin de realizar comparaciones en la producción de tinte en los diferentes regímenes de ordeña. Se realizaron pruebas de normalidad y análisis de variancia comparando las ordeñas de cada grupo, y entre diferentes grupos, así como pruebas de comparación de medias a través de la prueba de Tukey (Zar, 1996). Los análisis se realizaron a través del programa STATISTICA para Windows 95.

Se ajustaron ecuaciones de regresión entre la talla y el volumen de tinte, y la frecuencia de ordeñas y el Volumen total de tinte obtenido. Para los datos de supervivencia a la ordeña se realizó un ajuste a la ecuación logística. Finalmente, se utilizó un polinomio para describir la relación entre la frecuencia de ordeñas y el producto del volumen total de tinte producido y la supervivencia.

RESULTADOS

La temperatura promedio durante el período de ordeñas fue de 24.5°C en los acuarios y de 22°C en la sala. La conformación de la estructura de tallas, pesos y proporción sexual de cada uno de los grupos de caracoles se presenta en la tabla 6.1. La talla mínima observada fue de 19.8 mm y la máxima de 61.1 mm. La talla promedio para todos los grupos fue de 35.1 mm. La prueba de comparación de medias no denota diferencias significativas entre los diferentes grupos ($P > 0.05$), tanto en talla como en peso. De igual forma, la proporción sexual observada en los diferentes grupos es cercana a una hembra por cada macho.

En la figura 6.1 se presentan los resultados de la supervivencia observada durante los tres meses del período de estudio, en cada uno de los grupos sometidos a diferentes regímenes de ordeña. Es evidente que en los grupos con períodos entre ordeñas de 21 y 28 días, no se presenta mortalidad. En contraste, en los grupos con una mayor frecuencia entre ordeñas, cada 14 días (G14), se observó una supervivencia total del 95% y el inicio de mortalidad a partir de la

novena semana (cuarta ordeña consecutiva). En el grupo sometido a ordeñas semanales (G7), se presentaron los valores más bajos de supervivencia (85%) y el deceso de organismos se registró a partir de la sexta semana (quinta ordeña consecutiva). No se observó relación entre la talla y la mortalidad.

Se registró la muerte accidental de un caracol del grupo testigo apenas a la segunda semana del período, ésta fue debida a que quedó atrapado dentro del tubo de succión de la cabeza de poder. Dado que los caracoles del grupo testigo no se retiraron del acuario hasta la ordeña final (doceava semana), no fue posible detectar su posición y liberarlo antes de su muerte. Por lo tanto, se considera que esta muerte fue debida a deficiencias técnicas del sistema de circulación del agua más que a las condiciones de experimento o menos aún, a las ordeñas.

Los resultados indican que existe un efecto moderado de la frecuencia de ordeñas sobre la supervivencia, sin embargo cuando se analizan los valores de la producción de tinte para cada grupo, la influencia de las ordeñas sucesivas adquiere notable importancia.

En la figura 6.2, se muestra el volumen promedio por grupo de talla. Se calculó el volumen promedio de tinte/caracol a partir de los datos de la primera ordeña y se obtuvo un promedio de 0.47 ml/caracol (error estandar 0.03). Cabe mencionar que en 12 de los 94 caracoles (12.7%) no fue posible estimular la expulsión del tinte. Se calculó una regresión de tipo potencial entre la talla de los caracoles (L) y el volumen de tinte (Vol) obteniéndose un valor del coeficiente de correlación de $r=0.64$ para la siguiente ecuación;

$$\text{Vol} = 0.0003 * L^{2.10}$$

La figura 6.3 muestra las anomalías en los valores obtenidos para el volumen promedio de tinte para cada grupo de caracoles en cada ordeña. En ella es posible observar como el período entre ordeñas es determinante para la recuperación del tinte. Así en el grupo G7, se observa una disminución en el

volumen de tinte producido. En contraste, en G21 y G28, se observa por el contrario, un aumento en la producción promedio a partir de la segunda ordeña.

La prueba de comparación múltiple no muestra diferencias significativas entre los diferentes grupos a la ordeña inicial ($P>0.05$), pero si registra diferencias significativas en la últimas ordeñas ($P>0.05$).

Por otra parte, si se considera el volumen total acumulado obtenido a cada régimen de ordeñas, es evidente que en G7 se obtiene la máxima cantidad de tinte en el período de tres meses, es decir, aún cuando los rendimientos individuales y por ordeña tiendan a ser menores, la mayor frecuencia de ordenas (12 en total), implica un mayor volumen acumulado. En G28 se presenta el comportamiento opuesto, altos valores individuales por ordeña pero menores valores acumulados (Tabla 6.2). Estos datos son relevantes si se piensa en un esquema de explotación intensiva del tinte de ésta especie. Sin embargo, sí se analizan los rendimientos de tinte conjuntamente con la supervivencia observada durante el período de estudio para cada uno de los grupos (figuras 6.4a y 6.4b) y se calcula el producto del volumen de tinte por la supervivencia (fig. 6.4c), los máximos rendimientos se obtendrían bajo una frecuencia de ordeñas de 10 días, lo que implicaría el suponer una cierta mortalidad por pesca, lo cual no sería válido como estrategia de manejo.

Sin embargo, si se contempla una explotación conservadora en donde se busque tener los más bajos valores de mortalidad inducida por las ordeñas sucesivas, se llega a la conclusión que el período óptimo interordeñas deberá de establecerse a partir de los 21 días.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos parten de la suposición implícita de una adecuada conformación de los grupos, dado que no se observaron diferencias en los

promedios de tallas o pesos, por lo que las inferencias se consideran válidas para los propósitos del estudio. De igual forma, la proporción sexual observada es similar para todos los grupos. Sin embargo, aún cuando se determinó el sexo de cada uno de los caracoles mantenidos en el experimento, se decidió no considerar esta variable dentro de los análisis al no existir dimorfismo sexual secundario, y por lo tanto no ser posible distinguir por sexos a los caracoles que serán recolectados y ordeñados. Es decir, en las actividades de tinción en la costa rocosa, los teñidores no distinguen si un caracol es hembra o macho y por lo tanto no existe selectividad hacia esta variable.

Cabe tomar en cuenta que los valores observados en este estudio, en cuanto a la producción de tinte con respecto a la talla, son consistentemente más bajos a los citados en otros trabajos a partir de caracoles en su medio natural (Ríos-Jara et al., 1994; Michel-Morfín et al., en prensa), pero coinciden con estudios previos en laboratorio (González, 1996).

Esta diferencia pudiera ser debida a dos factores, por un lado, el realizar las ordeñas en condiciones controladas permitió eliminar por completo el exceso de agua que se incorpora al tinte del caracol proveniente de la cavidad del manto. Durante los muestreos en la zona intermareal este proceso es muy difícil de realizar, dado que es una zona de difícil desplazamiento y altas condiciones de humectación, por lo que los datos de campo probablemente estén sobreestimados en cuanto al volumen real de tinte producido.

Por otra parte, cabría considerar que los datos obtenidos bajo condiciones experimentales, difieran de los valores correspondientes a las condiciones naturales, pues los caracoles eran alimentados con una dieta monoespecífica, en este caso trozos de calamar. Así, la condición nutricional de los caracoles experimentales pudiera variar, con respecto a la obtenida a partir de la diversidad de presas disponibles en sus actividades de alimentación en la zona intermareal, tales como quitones (*Chiton articulatus*) u otros invertebrados. Esto pudiera tener

un efecto sobre el mecanismo de producción del tinte, aún cuando no existen mas elementos para sustentar esta posibilidad. No obstante, aún bajo este posible efecto, la influencia de las ordeñas se manifiesta de acuerdo al diseño experimental y deberá de tomarse en consideración la tendencia en la producción en los diferentes regímenes de ordeña, mas que los valores absolutos obtenidos.

La función que este fluido (tinte), tiene para la fisiología del caracol es un punto que deberá de estudiarse a fondo bajo diseños experimentales específicos, ya que si bien se ha mencionado que se utiliza en la alimentación (Bandel, 1987 en Kool, 1993; Ríos-Jara et al., 1994) durante el período en que se mantuvieron los caracoles en condiciones de cultivo, no se presentaron evidencias del uso del tinte para este fin. En ninguna ocasión se detectaron rastros de tinte en el alimento que se retiraba de los acuarios. Sin embargo, Castillo-Rodríguez (1995) menciona que existen dos mecanismos de alimentación y probablemente se utilice el tinte para la inmovilización de presas vivas. En esta área se abren importantes perspectivas de investigación.

Se determinó la conveniencia de llevar a cabo el experimento a lo largo de un período de tres meses, considerando que históricamente ha sido el tiempo mínimo en que los teñidores Mixtecos de la costa del Pacífico mexicano dedican a esta actividad cada año (Turok et al., 1988), además de que en este tiempo se reflejaría el efecto de las ordeñas sucesivas. Sin embargo, pudiera evaluarse a futuro la posibilidad de efectuar ordeñas durante un mayor período de tiempo con la finalidad de aumentar los meses de ordeñas en el medio natural.

En este sentido, los teñidores Mixtecos han utilizado históricamente este recurso para la tinción directa de madejas de algodón, si bien efectúan sus recorridos por la costa de Oaxaca dejando transcurrir cuatro semanas entre cada ordeña, existen indicios de que esta actividad fue más intensa que en la actualidad y se llevó a cabo sin un efecto adverso sobre las poblaciones (Turok et al., 1988; Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares, 1992).

En resumen, los resultados sugieren que es posible llevar a cabo una explotación de la especie en su medio natural, tomando en cuenta que sí se respeta un período mínimo de 21 días entre cada ordeña, no se provoca mortalidad inducida por la manipulación. Esto pudiera constituir un elemento decisivo para la posible definición de la estrategia de explotación ya que de realizarse cuidadosamente la ordeña y teniendo cuidados posteriores con los caracoles, tales como protegerlos del embate de las olas y la desecación, al colocarlos en el mismo sitio de donde fueron previamente despegados para permitir que se sujete nuevamente a las rocas, es posible llevar a cabo una utilización de esta especie con un impacto sobre la población virtualmente nulo.

Tabla 6.1 Talla (mm), peso (g) y proporción sexual de los grupos de caracoles sometidos a diferentes regímenes de ordeñas. G7, ordeña cada siete días; G14, cada 14 días; G21, cada 21 días; G28, cada 28 días; GT, grupo testigo.

Parámetro	Grupos				
	G7	G14	G21	G28	GT
Talla promedio	35.5	36.0	36.3	34.7	32.4
Talla mínima	25.3	25.0	24.5	27.3	19.8
Talla máxima	53.3	51.8	61.1	51.3	52.5
Desv. std. talla	8.5	7.8	11.2	7.4	10.1
Peso promedio	7.8	8.3	9.0	6.9	8.1
Peso mínimo	2.5	2.6	2.8	2.9	1.4
Peso máximo	21.1	22.3	30.6	16.9	24.2
Desv std. peso	5.8	6.3	8.9	4.6	7.8
<i>n</i> hembras	11	10	9	11	6
<i>n</i> machos	9	10	11	9	8

Tabla 6.2 Volumen de tinte acumulado (ml) para cada grupo de caracoles durante el período de ordeñas.

Fecha	Semana	G7	G14	G21	G28	GT
5 septiembre	1	7.7				
12 septiembre	2	9.5	9.5			
19 septiembre	3	5.8		8.8		
26 septiembre	4	5.8	12.8		8.0	
3 Octubre	5	6.3				
10 Octubre	6	6.6	7.3	9.3		
17 Octubre	7	4.0				
24 Octubre	8	5.8	10.7		9.4	
31 Octubre	9	3.3		10.8		
7 Noviembre	10	7.8	7.3			
14 Noviembre	11	4.6				
21 Noviembre	12	5.4	10.5	13.5	11.9	6.5
Volumen de tinte acumulado		73	58.2	42.4	29.4	6.5

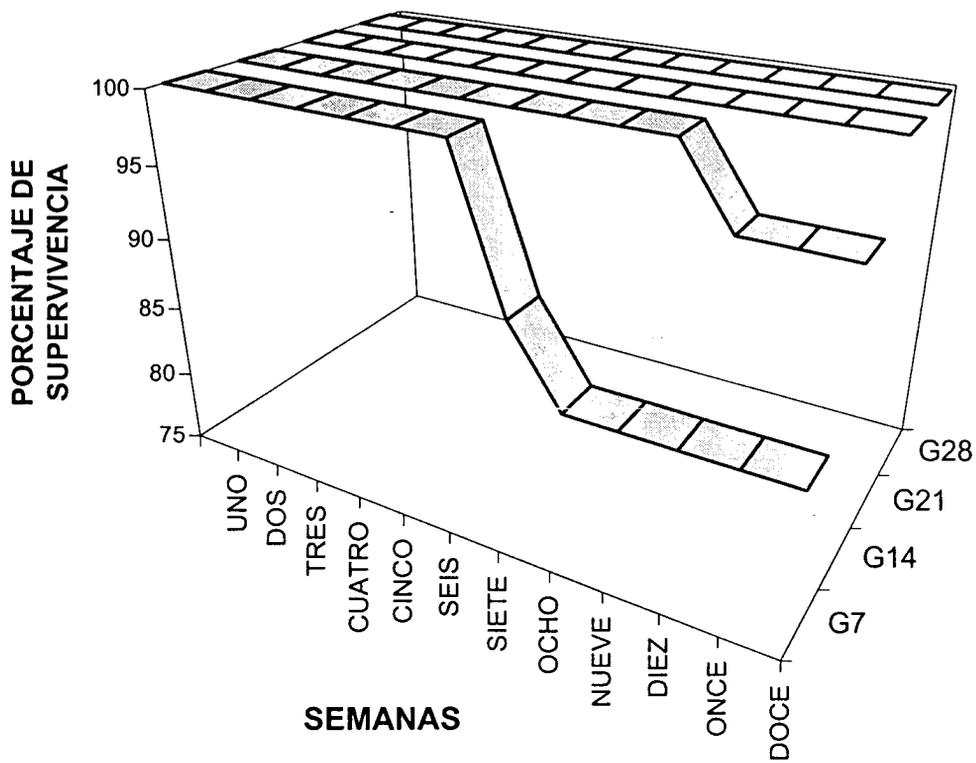


Figura 6.1 Porcentaje de supervivencia para cada uno de los grupos de caracoles durante los períodos de ordeña.

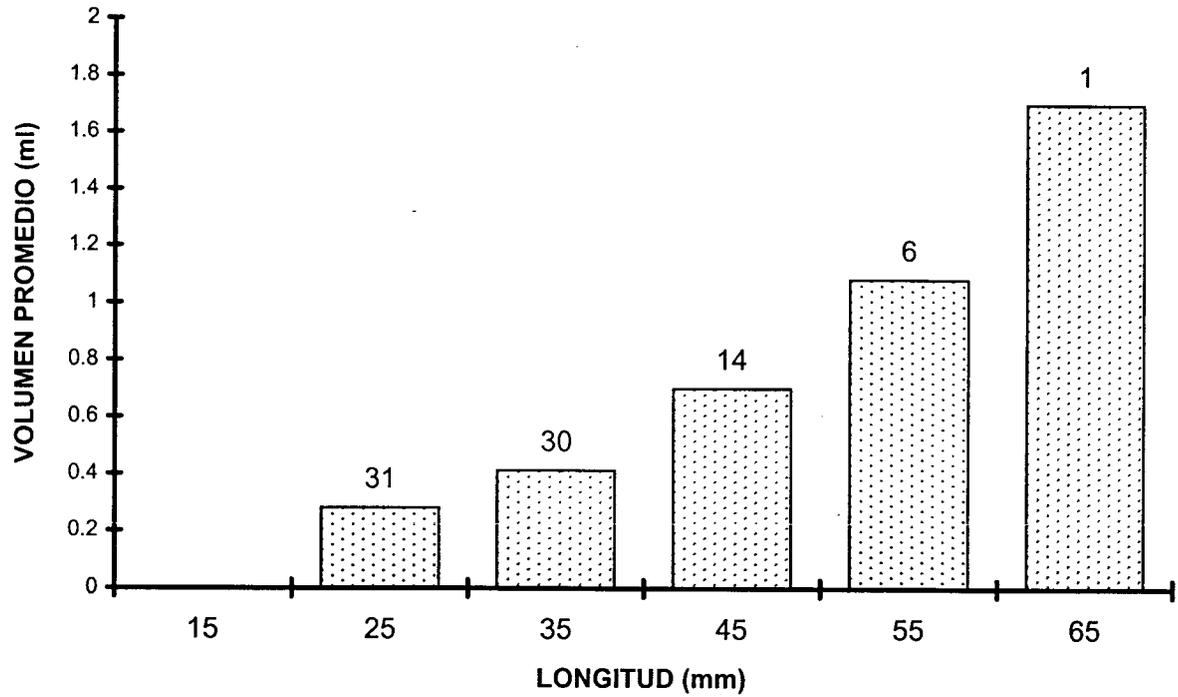


Figura 6.2 Volumen de tinte promedio por grupo de talla, para el total de caracoles a la ordeña inicial (el número arriba de la barra indica el tamaño de muestra).

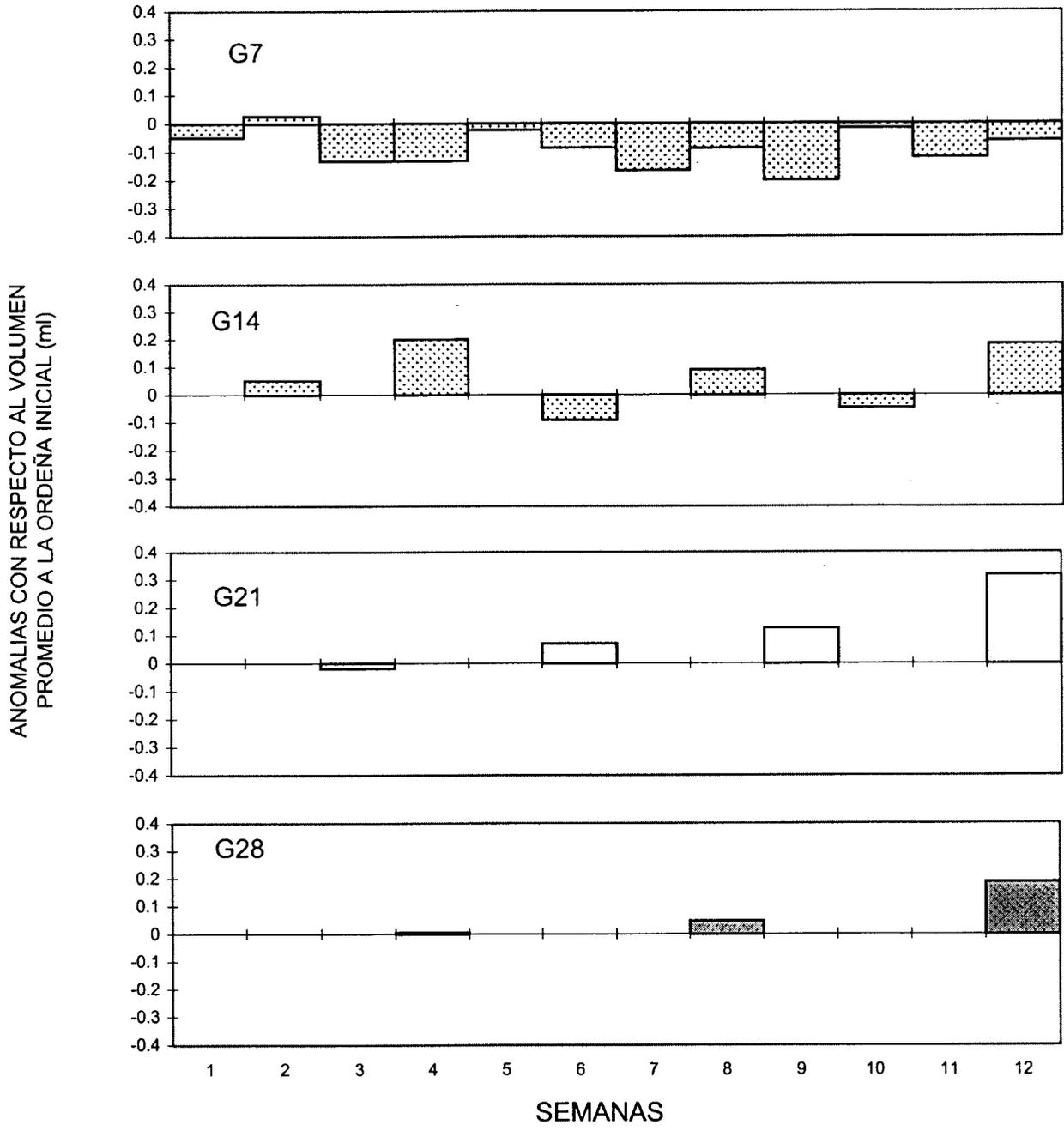


Figura 6.3 Anomalías en la producción promedio para cada ordeña y para cada grupo de caracoles.

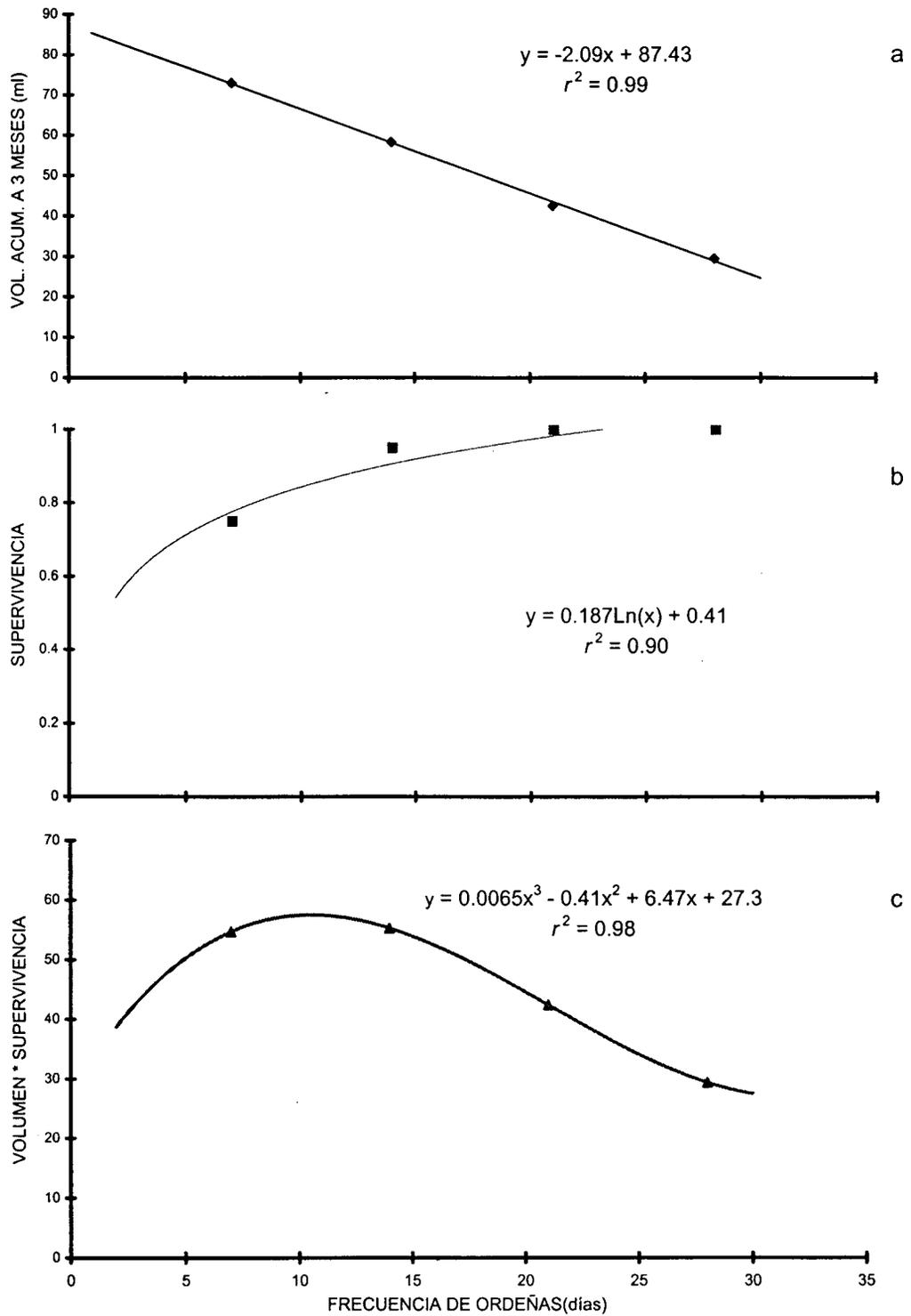


Figura 6.4 Relaciones entre el volumen de tinte acumulado, la supervivencia y el producto volumen-supervivencia, con respecto a la frecuencia de ordeñas.

7. DENSIDAD POBLACIONAL, ESFUERZO Y RENDIMIENTO DEL TINTE EN VARIAS ÁREAS DEL PACÍFICO MEXICANO

A fin de contar con información sobre las poblaciones del caracol en diversas localidades de la costa del Pacífico Mexicano y que pudiera utilizarse para la calibración del modelo de simulación, se realizaron una serie de muestreos de caracoles y colectas de tinte en playas rocosas de los estados de Baja California Sur, Jalisco, Oaxaca y en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo.

Se decidió realizar muestreos en los que se determinaran la densidad poblacional, estructura de tallas, proporción sexual, esfuerzo y rendimientos de tinte de la especie en varias áreas. Se definieron 12 sitios de muestreo en cuatro estados de la costa del Pacífico mexicano, los cuales se presentan a continuación.

ÁREAS DE ESTUDIO

Costa de Baja California Sur.

Para las características peninsulares de este estado, se consideró un sitio de muestreo en la costa del Pacífico y otro en la costa del Golfo de California. Los puntos considerados fueron Punta Pescadero en la costa oeste del estado y la porción rocosa de la playa de Los Frailes, en la costa del Golfo de California (Figura 7.1). Las dos son playas rocosas de alta exposición al embate de las olas.

Costa de Jalisco.

Se determinaron dos puntos de muestreo en la costa sur del estado de Jalisco; Playa Dorada y Playa Carrizalillos, ambas ubicadas dentro de la Bahía de Navidad (Figura 7.2). Son playas rocosas formadas por rocas ígneas y de alta exposición. Estos sitios se eligieron en base a estudios prospectivos previos realizados en la zona (Michel-Morfín et al., 1992; Reyes-Aguilera, 1993).

Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo

El Archipiélago de las islas Revillagigedo se localiza aproximadamente a unos 580 km al Oeste de las costas de Colima (Llinas et al., 1993). Está integrado por cuatro islas oceánicas de origen volcánico: Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida.

La Isla Socorro es la mayor de las cuatro. Tiene un diámetro máximo de 16 km en dirección NO-SE y una superficie aproximada de 167 km². (Troyo-Diéguez y Pedrín, 1994). Presenta poca variación fisiográfica en la costa; en general se caracteriza por estar constituida de roca ígnea consolidada con presencia de grandes cantos rodados y pequeñas playas arenosas o areno-pedregosas (Holguín, 1994).

Se determinaron cinco puntos de muestreo, eligiendo sitios cercanos a la base militar y por lo tanto accesibles por tierra, o bien cercanos a lugares de posible desembarque. Los sitios fueron, de Sur a Norte: Bahía Binnars (Playa Gringos), Bahía Vargas-Lozano, Bahía Braithwaite (La Braulia), Bahía Grayson (Palmasola) y Bahía Blanca (en su porción sur) (Figura 7.3).

Costa de Oaxaca

En la costa de Oaxaca se hicieron muestreos en playas rocosas de la bahías de Huatulco y en la zona cercana a Puerto Angel, áreas donde normalmente realizan sus recorridos de ordeña los teñidores de la población de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca. Las playas consideradas fueron de Sur a Norte: Copa!, Jicaral, Isla San Agustín, La Tijera y El Ahorcado. Todas son playas con sustrato rocoso de tipo ígneo extrusivo de alta dinámica y en zonas expuestas al embate de las olas, condiciones que favorecen la presencia de caracoles *P. pansa* (Fíg. 7.4).

Las fechas de muestreo en cada uno de los puntos considerados se muestra en la tabla 7.1.

MATERIAL Y MÉTODOS

En cada punto de muestreo se colocó un transecto de 50 m de largo y 2 m de ancho (100 m²), paralelo a la línea de costa, ubicado en la zona mesolitoral superior o media, que son las zonas donde principalmente se distribuye el caracol (León-Álvarez, 1989), dependiendo del nivel de la marea. Sobre dicho transecto, se realizó un censo de la zona delimitada y se tomo información de todos los caracoles *P. pansa*.

Simultáneamente a la recolecta, y con el objeto de evaluar la producción individual, se indujo manualmente la expulsión del tinte en algunos caracoles, despegando cuidadosamente el animal de la roca, soplando sobre el opérculo y estimulando ligeramente el pie del animal con el dedo pulgar. El tinte obtenido se conservó individualmente en frascos pequeños de plástico con tapón hermético. A cada frasco se le asignó un número correspondiente al caracol y el volumen de tinte se evaluó posteriormente. Se obtuvieron al menos diez ordeñas individuales por cada sitio.

Los restantes caracoles encontrados en el transecto fueron igualmente ordeñados, pero el tinte obtenido de éstos fue depositado en un envase común de plástico. A fin de obtener una estimación de los rendimientos del tinte con relación a una medida de esfuerzo, se determinó el tiempo transcurrido, el número total de caracoles y el volumen total de tinte obtenido en cada transecto.

Una vez realizada la recolecta de los caracoles, todos los ejemplares fueron medidos en su longitud total (desde el ápice hasta el final del canal sifonal). El sexo de cada organismo fue determinado observando la presencia de pene u orificio gonadal. Una vez realizado este proceso los caracoles se liberaron en la misma zona de donde fueron recolectados, en áreas protegidas del embate de las olas y a la sombra.

Se determinó la estructura de tallas, la densidad de caracoles por metro cuadrado, la proporción sexual, la pendiente de la playa y el tipo de sustrato. Además, se realizaron algunas observaciones sobre la actividad reproductiva, presencia de cápsulas ovígeras, actividad alimenticia de los caracoles y sobre la fauna asociada de invertebrados. Las actividades de campo se efectuaron en todos los casos entre las 8:00 y las 16 :00 horas, buscando realizar las recolectas en los períodos de marea baja.

El anterior procedimiento se efectuó en todas las playas, con excepción de los puntos de muestreo de la costa de Oaxaca. En este caso, se realizó un recorrido conjuntamente con un pescador de la costa quien se dedica a la eventual tinción de madejas. A partir de una madeja sin teñir, de hilo algodón y con un peso de 285 g, se contaron todos los caracoles que se utilizaron para teñir dicha madeja, así como el tiempo y el área de costa rocosa recorrida por el teñidor. Se consideró una muestra de caracoles de cada sitio para determinar la estructura de tallas. Dado que no existe dimorfismo sexual, esta variable no se considera al recolectar un organismo para extraer su tinte, por lo que el sexo de los caracoles no se determinó.

Además, se realizó una serie de entrevistas a los teñidores y tejedoras de la comunidad Mixteca de Pinotepa de Don Luís, Oaxaca con el fin de determinar el uso actual de tinte del caracol para la confección de vestimentas tradicionales. En esas entrevistas se buscó conocer el número de madejas teñidas cada año, los meses de tinción, el número de personas dedicadas a la tinción, el rendimiento, material y peso de la madeja.

RESULTADOS

Densidad relativa y proporción sexual

En la tabla 7.2 se presentan los resultados de la densidad relativa y la proporción de sexos de cada uno de los sitios de muestreo considerados en la

costa del Pacífico mexicano. En general, la densidad relativa promedio es de 0.86 caracoles/m² (desviación estandar=0.26) y la proporción sexual es cercana a una hembra por cada macho.

El valor más alto de densidad relativa se registró en Los Frailes, Baja California Sur, con 1.24 caracoles/m². El valor más bajo de densidad relativa se presento en Bahía Blanca, Isla Socorro, con 0.47 caracoles/m². La desviación estandar (d.e.) de la densidad relativa fue muy similar entre los estados.

Estructura de tallas

En las figuras 7.5 y 7.6 se muestran las distribuciones de frecuencia para los caracoles de la costa de Jalisco. Se observa una talla promedio de 30.4 mm en Playa Dorada (29.7 mm en las hembras y 30.9 mm en los machos), y de 35.6 mm en Playa Carrizalillos (36.7 mm en las hembras y 31.3 mm en los machos). La talla máxima se observó en caracoles hembras, de 47.8 mm para Playa Dorada y de 69.8 mm en Playa Carrizalillos. Se recolectaron en total 80 y 79 caracoles para cada playa respectivamente.

De igual forma, se presentan los histogramas de frecuencias de tallas para cada uno de los sitios considerados en la isla y para cada sexo (figuras 7.7 a 7.11). En general se observan valores modales arriba de los 30 mm y un mayor intervalo de tallas en hembras, lo que implica que una alta proporción de individuos mayores a los 50 mm pertenecen a éste grupo. En las hembras la talla mínima observada fue de 10.5 mm y la máxima de 95 mm. Para los machos, la talla mínima observada fue de 18 mm y la máxima de 73.2 mm .

En Playa Blanca y en la punta de la Bahía Vargas-Lozano se observa una mayor proporción de individuos de tallas mayores a los 50 mm. Cabe mencionar que la mayor talla observada en todos los muestreos realizados para este trabajo, se presentó para las hembras en Playa Blanca con un organismo de 95 mm y para los machos en la Bahía Vargas-Lozano con un caracol de 73.2 mm. De igual

forma, los máximos promedios de talla se presentan en estas dos localidades insulares, con 46.7 mm para Playa Blanca y 51.3 mm en Bahía Vargas-Lozano respectivamente (Tabla 7.3) .

Para la costa de Baja California Sur, se presentan los menores valores en la talla promedio ya que estos apenas son superiores a los 20 mm para ambas localidades. Se registró un valor medio de 23.8 mm para Punta Pescadero y de 26.3 mm para Los Frailes.

Cabe mencionar que en Punta Pescadero se realizaron dos muestreos, el primero comprendió los caracoles utilizados para el experimento de ordeñas sucesivas que se describió en el capítulo anterior, y un segundo muestreo, realizado al sur de la primera área rocosa considerada, para conocer algunos datos poblacionales y estimar el rendimiento por unidad de esfuerzo.

En los histogramas que se presentan en las figuras 7.12 a 7.14, es notoria la ausencia de tallas mayores a los 40 mm y una distribución de frecuencias similar entre las dos localidades de estudio. Se observa además que en general las hembras presentan mayor talla promedio.

Se decidió realizar los muestreos en estos sitios, después de un muestreo prospectivo, dado que el estado de Baja California Sur cuenta con pocas zonas costeras rocosas adecuadas para el establecimiento del caracol *P. pansa* y de presentarse, se encuentran en áreas con alta actividad turística y por consiguiente sujetas a impactos antropogénicos, como es el caso de la zona aledaña a Cabo San Lucas. Mas aún, se considera este estado como el límite septentrional en la distribución de la especie. A este respecto, y después de muestreos prospectivos efectuados en febrero de 1997 en las áreas aledañas a la Bahía de Loreto, se detectó la presencia de solo un caracol hembra de 34 mm de longitud, en un promontorio rocoso cercano a la población del Juncalito de Enmedio, en la Bahía

de Loreto, BCS, por lo que se considera esta zona el límite Norte en la distribución de la especie, dentro del Golfo de California (O. Holguín, Com. Pers.).

Para la costa occidental de Baja California, aún cuando no fue posible determinar este límite con precisión, se considera que se ubica al sur de Bahía Magdalena, BCS.

Finalmente, en lo que a histogramas de distribución de frecuencias se refiere, en la figura 7.15 se presentan los relativos a tres playas de la costa de Oaxaca. En este caso y dado que estos muestreos se realizaron conjuntamente con un teñidor, no se determinó el sexo de los caracoles. En general, se observan tallas promedio mayores a los 30 mm y la presencia de individuos mayores a los 50 mm de longitud. Las tallas mínimas están por arriba de los 20 mm.

Relación talla-volumen de tinte

La figura 7.16 muestra la relación entre la talla de los caracoles y el volumen de tinte producido por cada caracol en Isla Socorro, Col. Se ajustó una ecuación potencial de la forma $Vol = aL^b$ donde L es la talla de los caracoles y Vol el volumen. Se observa que para el total de los caracoles ordeñados en los cinco sitios de muestreo de la isla, se obtiene un buen ajuste a la ecuación, dado el valor de r^2 de 0.83.

Al realizar el ajuste del modelo para cada sexo (figura 7.17), es notorio que aún cuando el volumen de tinte producido es igual entre ambos sexos, al observarse valores similares para las ecuaciones de regresión para cada sexo, en las hembras se presentan mayores tallas. Así, las tallas de los caracoles machos ordeñados fueron siempre menores a los 60 mm, mientras que para las hembras se ordeñaron caracoles de hasta 95 mm.

Es importante considerar esta situación al estimar los rendimientos totales de tinte para áreas de costa en particular, ya que no obstante observarse una

proporción de sexos muy cercana al 1 :1, las hembras tendrían en promedio mayores rendimientos, por lo que, cualquier estimación deberá de considerar la distribución de frecuencias de tallas para cada sexo.

En la tabla 7.4 se presentan las tallas y volúmenes promedio, mínimo y máximo para cada uno de los sitios donde se ordeñaron caracoles púrpura en Isla Socorro. Se observa una relación directa entre la talla promedio y el volumen promedio de tinte obtenido. Las tallas mayores se presentaron en Playa Blanca con 57.6 mm y un volumen promedio de 6.21 ml/ind.. La menor talla promedio se presentó en Bahía Grayson con 43.9 mm y 1.07 ml/ind. En general, la talla promedio de los caracoles ordeñados para la isla fue de 49.8 mm con un volumen promedio de 3.59 ml/ind.

Cabe mencionar que los 70 caracoles ordeñados constituyeron una submuestra del total de los caracoles registrados (376), por lo que las tallas promedio se refieren a las observadas para este grupo y no para el total de la muestra.

Para Jalisco, los datos del rendimiento del tinte son presentados en el capítulo 5, considerando los datos de la Bahía de Navidad (figura 5.7). En Baja California Sur y Oaxaca el número de recolectas de tinte de forma individual fue muy bajo, debido al tipo de muestro que se utilizó, por lo que no se presentan los resultados de la relación talla-volumen.

Análisis comparativo

De manera gráfica se realiza una comparación entre los valores de tallas, volúmenes de tinte, densidad relativa y proporción sexual para las cuatro zonas consideradas en el Pacífico mexicano (Figura 7.18). En dicha gráfica se observan ciertas tendencias interesantes; en las tallas, el menor valor promedio y menor valor máximo se presentan en Baja California Sur, el mayor valor promedio se

observa en Oaxaca, seguido de Isla Socorro y Jalisco. Como se mencionó con anterioridad, la mayor talla se observó en Isla Socorro (hembra de 95 mm).

Los volúmenes promedio y su dispersión, siguen la relación descrita con anterioridad con la talla promedio de cada lugar. En la gráfica, el valor que se considera para Oaxaca es el valor promedio obtenido de los muestreos sobre madeja de algodón por lo que no se cuenta con valores máximo y mínimo.

La densidad relativa promedio para cada estado presenta valores similares, no obstante, en la Isla Socorro se observan dos playas (Vargas-Lozano y Blanca) con bajas densidades de caracoles por metro cuadrado, pero con los mayores valores de tallas para todos los sitios muestreados. En contraste, en Los Frailes, BCS, se registró la más alta densidad relativa (1.24) y un bajo valor de la talla promedio de los caracoles (26.3 mm) por lo que pudiera sugerirse una tendencia a que en playas con caracoles de tallas grandes la densidad relativa muestre valores más bajos y por el contrario, playas con individuos de tallas pequeñas presenten valores altos de densidad. Esta tendencia se ha observado en varias playas de la costa de Michoacán (Álvarez, 1989).

Finalmente, con excepción de Baja California Sur en donde se observa una proporción sexual ligeramente mayor hacia los machos, en las demás localidades (y en la mayoría de los puntos de muestreo) la proporción sexual es cercana a una hembra por cada macho o al predominio de hembras.

Determinación del esfuerzo

Se efectuaron nueve muestreos en igual número de sitios de costa rocosa para determinar el rendimiento de tinte por área y tiempo. Los resultados se muestran en la tabla 7.5. Los valores de rendimiento total por cada 100 m² presentan valores de entre 25 y 487 ml/100 m², con un promedio de 105 ml/100 m². El área de 100 m² corresponde a un transecto. Este valor representa el

volumen total de tinte recolectado de todos los caracoles presentes en el transecto.

El número de caracoles encontrados a lo largo de cada transecto varió entre 47 y 124 caracoles/100 m², con un promedio general para los 10 sitios de 82 caracoles/100 m². Estos datos conllevan a un volumen promedio de 1.5 ml/caracol de una talla promedio de 33.5 mm (Tabla 7.5).

Con respecto al tiempo de duración del transecto, este fluctuó entre los 35 y los 85 min, con una duración promedio de 53 min. La pendiente en las diferentes playas muestreadas varió entre los 17° y los 50°. No se observa una relación entre la pendiente de playa y el tiempo de duración del transecto.

A partir de estos resultados es posible hacer una serie de inferencias simples. Se supone que dado el régimen de mareas, es posible realizar actividades de recolecta de caracoles y extracción de tinte cuatro horas al día, durante cinco días a la semana. Si se considera un tiempo promedio de 53 minutos por cada 50 m lineales de costa rocosa, entonces sería posible recorrer una distancia de 250 m/día o 1,250 m/semana.

A partir de la estimación del tiempo y la distancia recorrida y considerando un promedio de 82 caracoles cada 53 m, sería posible ordeñar 370 caracoles/día/persona o 1850 caracoles/semana/persona. Esto conllevaría una estimación de 2770 ml de tinte/semana/persona. Pese a ser estimaciones lineales y muy simples, permiten una aproximación al rendimiento esperado y son de utilidad para retroalimentar el modelo de simulación.

En la figura 7.19 se presenta la relación observada entre la longitud promedio de los caracoles en cada sitio y el volumen promedio de tinte obtenido. Asimismo se muestra en la figura 7.20 la relación entre la longitud promedio y el

volumen total de tinte por transecto. En ambos casos se presenta un ajuste similar a la regresión potencial con un valor de r^2 cercano a 0.8.

Rendimiento del tinte sobre madejas

A partir del recorrido realizado en noviembre de 1998, acompañando a un teñidor mixteco, por áreas rocosas de las bahías de Huatulco, Oaxaca, se contabilizaron un total de 921 caracoles con una talla promedio de 37.3 mm. Estos caracoles fueron necesarios para teñir una madeja de algodón de 285 g de peso. Se ordeñaron caracoles en cinco sitios de las bahías, con un tiempo total de 1015 minutos y en una distancia de línea de costa estimada de 1300 m.

Estas estimaciones sugieren que una persona puede llegar a teñir aproximadamente dos madejas por semana de trabajo y que se requieren aproximadamente 1.25 l de tinte para teñir cada madeja, por lo tanto nuestras estimaciones indican que se podrían obtener cerca de 2.5 l de tinte a la semana/persona.

Entrevistas con teñidores y tejedoras de Oaxaca.

De las entrevistas realizadas a teñidores y tejedoras mixtecos de la población de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, en noviembre de 1998, se obtuvieron algunos datos relevantes que se presentan a continuación.

Las actividades de tinción se realizan cada año durante los meses de octubre a marzo. Ésta temporada inicia al término de la época de ciclones en el Pacífico oriental tropical y en ocasiones termina hasta el mes de marzo o aún antes, y corresponde a una época en que los caracoles en la costa de Oaxaca no se encuentran en su período reproductivo. La asociación de teñidores, previa reunión, determina la formación de grupos de teñidores y sus fechas de tinción. Estas personas, recogen madejas de algodón de entre las tejedoras del pueblo las cuales son teñidas por encargo, además de teñir las de su propia familia.

Las madejas son de algodón trenzado y las que se utilizan actualmente son de marca comercial. Existen en dos tamaños, de 140 g y 285 g de peso. Estos valores promedio se obtuvieron de pesar varias madejas en una tienda de abarrotes de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca. La madeja más utilizada es la grande (285 g). Con anterioridad se utilizaban madejas hiladas a mano con un tipo de algodón que a su vez se cultivaba en la zona (algodón *coyuchi*), pero su uso ha disminuido.

De acuerdo a información personal proporcionada por el Sr. Abacuc Avendaño, presidente de la Asociación de Teñidores de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, actualmente se tiñen alrededor de 15 madejas al mes y 60 madejas al año. Pertenecen 25 personas a ésta asociación. Sin embargo, no todos los años participa el total de los miembros en la tinción. En promedio, se forman grupos de 3 personas los cuales recorren la costa rocosa cercana a las bahías de Huatulco, en una o dos semanas al mes, esto dependiendo del número de madejas a teñir y el número de teñidores que forman el grupo. De darse el pago en efectivo por la tinción de la madeja, cada una de éstas tiene un valor de entre 200 y 300 pesos.

Sin embargo, en la misma zona de tinción, existe también la ordeña clandestina de caracoles por parte de personas de las localidades costeras cercanas a las bahías de Huatulco y Puerto Angel, Oaxaca. Es difícil evaluar el número de madejas y el número de personas que realizan ésta actividad.

Las tejedoras se encuentran agrupadas en asociaciones para la comercialización de sus confecciones, los cuales se tejen artesanalmente a través de telares de cintura. Para esto se combinan las madejas de hilo teñido con caracol con otras teñidas con el insecto del nopal, grana cochinilla (*Dactylopius coccus*), con añil (*Isatis tinctoria*) o bien de algodón *coyuchi* en su color natural (cercano al café). La tinción del azul añil se realiza siguiendo el proceso tradicional por una familia de Pinotepa de Don Luis y en el caso de las madejas de rojo

carmin se intercambian o compran con tejedoras de otros pueblos de la mixteca alta de Oaxaca. Todo este proceso se realiza de manera artesanal.

El rendimiento de cada madeja es variable, dependiendo de la prenda y los ornamentos que se confeccionen, pero como ejemplo, para un posahuanco ceremonial de 1 m de ancho por 2 m de largo, se requieren hasta dos madejas de hilo teñido con púrpura, además de hilo de cochinilla, añil y de algodón coyuchi y puede llevar varias semanas de trabajo. Esta prenda puede llegar a alcanzar un valor comercial, en la comunidad, de 2500 pesos.

El impacto de esta actividad dentro de la economía de la comunidad es importante ya que la mayoría de las mujeres de la comunidad mixteca complementan los ingresos familiares con la confección de tejidos o bien esta actividad se realiza para la confección de las prendas de vestir de la familia. Si bien aún continúa el uso de enredos o posahuanos dentro de la vestimenta habitual de las mujeres mixtecas, dado el costo de los materiales teñidos con colorantes naturales (caracol púrpura, grana cochinilla, etc) se emplean además hilos de algodón de colores similares de marca comercial. Con estos se confeccionan prendas de vestir para el uso habitual o bien para su venta, a un precio mucho menor que el que alcanza una prenda hecha con colores naturales. Un posahuanco como el antes descrito, tejido con hilo comercial tendría un valor de 200 pesos en el mercado de Pinotepa de Don Luis..

De hecho, el uso de prendas de vestir confeccionadas con hilos teñidos por colorantes naturales está reservado para las festividades importantes de la comunidad.

Por otra parte, a través de las asociaciones de tejedoras la comercialización de este tipo de productos a partir de exposiciones artesanales realizadas se ha dado con el apoyo del Gobierno Estatal e Instituciones Federales y privadas, en varias ciudades del país.

DISCUSIÓN

Las estructuras de tallas observadas a lo largo de los cuatro estados del Pacífico mexicano denotan un aumento en las tallas promedio hacia el Sur. Esto es, en Oaxaca e isla Socorro se observan las mayores tallas promedio e individuales. Esto pudiera tener relación con la afinidad biogeográfica tropical de la especie, por lo tanto las abundancias y tallas serían mayores hacia el centro de su distribución geográfica.

Además, consistentemente se observó en todas las playas de muestreo, que las hembras presentan tallas mayores en promedio que los machos y que la proporción sexual de las poblaciones en su estado natural es cercana a un macho por cada hembra. Esto tiene implicaciones importantes en la definición de las estrategias de explotación de la especie, ya que por una parte denota un crecimiento diferencial entre los sexos, tal y como se pone en evidencia en los resultados del capítulo 5 y por otra parte, y con respecto al rendimiento de tinte, éste será mucho mayor en sitios con presencia de individuos de tallas mayores a los 50 mm, en función de la relación potencial que se establece entre la longitud del caracol y el volumen de tinte obtenido.

Las densidades relativas observadas presentan valores promedio cercanos a 0.84 caracoles/m² en un intervalo que varía desde 0.44 (Playa Blanca, en Isla Socorro) hasta 1.7 observado en la playa de Cuastecomates, en la Bahía de Navidad, Jalisco (resultados del capítulo 5). Valores promedio similares han sido observados en estudios particulares a estados de la costa del Pacífico, tales como Oaxaca donde Turok et al. (1988) observan un promedio para 10 playas, de 0.74 caracoles/m². Para la costa de Michoacán, Álvarez (1989) obtiene para tres puntos de la costa un promedio de 0.88 caracoles/m². En Sinaloa, Enciso et al. (1995) registra 1.14 caracoles/m² y para Jalisco, Reyes-Aguilera (1993) en 10 playas rocosas del sur obtiene una densidad promedio de 1.6 caracoles/m²,

mientras que Fonseca (1998) en una playa del norte del estado, registra 1.14 caracoles/m² (Tabla 7.6).

En todos los estudios se utilizó el mismo tipo de muestreo basado en transectos lineales en la zona intermareal rocosa, por lo que esos resultados pueden ser comparables con el presente y por lo tanto, ofrecen en conjunto un adecuado panorama del estado de las poblaciones del caracol en el Pacífico mexicano. Durante estos muestreos se han considerado diferentes tipos de playas rocosas y grado de exposición al oleaje, con los consecuentes cambios en las condiciones fisiográficas, por lo que se considera que se tiene bien representada la variabilidad ambiental de las playas donde se presenta el caracol. Esto permite concluir que el caracol *P. pansa* es una especie bien representada en el litoral del Pacífico mexicano y susceptible de ser aprovechada.

Por otro lado, con la excepción de los puntos considerados en Isla Socorro, en donde el efecto antropogénico sobre las poblaciones es virtualmente nulo, dadas las condiciones de lejanía y restricciones en el acceso a la isla, en los demás puntos considerados cabría valorar la posibilidad de que existiera un efecto variable de la pesca incidental de moluscos comestibles en la zona intermareal, sobre la densidad y proporción sexual del caracol. Este último punto en función de que los individuos de tallas mayores, con mayores posibilidades de ser hembras, serían más apreciados y buscados por los pescadores como alimento.

De aquí la importancia de contar con estimaciones realizadas sobre poblaciones silvestres con escaso o nulo impacto, como las presentes en Isla Socorro, a fin de comparar con poblaciones de la costa continental del Pacífico mexicano. Sobre todo en el caso de que se establezca a futuro una actividad pesquera en torno a la extracción del tinte del caracol. Zonas insulares o continentales de acceso restringido, podrían constituir un punto de referencia muy importante para evaluar el impacto de uso del caracol, además de constituir zonas de reserva de la variabilidad genética.

Otro posible efecto sería el relativo a los cambios en la distribución espacial de los caracoles por efectos reproductivos u otra variable ambiental. León-Alvarez (1989), refiere cambios espacio-temporales en el nivel mesolitoral asociados a la reproducción. Sin embargo, dado el tipo de muestreo que se utilizó en este estudio, no fue posible determinar la distribución espacial del caracol, por lo que es conveniente abordar este aspecto a futuro bajo un diseño metodológico específico. De igual forma, conviene analizar a fondo la posible relación entre la talla promedio de los caracoles y la densidad relativa de la playa.

Con respecto a los rendimientos de tinte, tanto de manera individual como por unidad de área y tiempo, conviene tomar en cuenta la posibilidad de un error inherente a la forma de ordeña del caracol. Esto es, una fracción del volumen considerado como tinte, pudiera corresponder a agua presente en la cavidad del manto y que es expulsada junto con el tinte al momento de estimular al caracol, pero cuyo volumen estaría en relación a la talla del caracol, o bien, agua que se incorpora a partir de la alta humectación que se tiene en la zona de rompientes.

De cualquier manera, aunque se pudiera presentar esta sobre estimación, la relación potencial entre la talla de los caracoles y el volumen de tinte se observa en ambas estimaciones. Mas aún, de presentarse la tinción directa sobre madejas de hilo de algodón u algún otro material, la incorporación de agua pudiera hasta cierto punto aumentar el rendimiento, como lo sugieren Michel-Morfín et al. (en prensa) quienes probaron diferentes proporciones de tinte:agua. En el mismo sentido, la práctica que realizan algunos teñidores de humedecer la madeja con agua salada previo a la tinción, indicaría que el agua pudiera actuar como un solvente y permitiría un teñido más uniforme de la madeja.

Con respecto a las estimaciones que se presentan para el rendimiento por persona/semana/área, estas serán de utilidad para determinar si la actividad de extracción del tinte del caracol puede constituirse como una opción viable de uso

comercial de la especie. Sobre todo al no estar disponible la información histórica sobre la pesquería que se estableció inicialmente en el estado de Oaxaca en 1984 y que se extendió posteriormente a Michoacán, Jalisco y Colima hasta su veda total en 1988. La poca información existente indica que fue una actividad altamente rentable para los concesionarios de los permisos e incluso para los pescadores que realizaban la extracción del tinte (Turok et al., 1988; Castillo-Rodríguez y Amezcua-Linares, 1992), lo que es confirmado por los mismos pescadores entrevistados recientemente en Jalisco.

En la costa de Oaxaca continúa dándose el uso tradicional de este recurso. Aún cuando el uso de hilos teñidos por colorantes naturales ha disminuido en función del uso de colorantes sintéticos de menor precio, es una actividad importante dentro de la comunidad de Pinotepa de Don Luis y que da inicio a una cadena productiva que incluye a los teñidores y a las tejedoras; y aún de otras comunidades en las cuales se da la comercialización o trueque de madejas y vestimentas teñidas de color púrpura. Es una actividad que se ha realizado desde tiempos ancestrales y que tiene un profundo arraigo en la comunidad.

Existe conocimiento de que en la antigüedad, la extracción del tinte se realizaba por otros grupos de la costa del Pacífico mexicano e incluso por pueblos de comunidades cercanas al Golfo de Nicoya en Costa Rica, sin embargo en la actualidad solamente continúa su uso en Oaxaca, México (Turok, 1996). A partir de 1988, y en virtud de una serie de denuncias presentadas por los teñidores de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca por la disminución en los niveles poblacionales del caracol como resultado de las actividades de los concesionarios, es que se determina la restricción del uso del caracol púrpura (Anónimo, 1988) y actualmente es considerado como especie bajo protección especial y de uso reservado a comunidades indígenas (Anónimo, 1994). Los teñidores de esta comunidad realizan sus actividades bajo un permiso de pesca de fomento expedido por la Dirección General de Administración de Pesquerías de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos naturales y Pesca y el cual es renovado

cada dos años.

Este permiso establece que deberá darse la ordeña y tinción en el mismo sitio de recolecta, siguiendo el método tradicional, con un tamaño mínimo de los caracoles de 30 mm y considerando la rotación de las áreas de explotación.

Tabla 7.1 Localidades de muestreo en orden cronológico y ubicación geográfica.

Fecha	Sitios de muestreo	Estado
Junio -14-1997	Playa Dorada.	Jalisco
Junio -15-I 997	Payá Carrizalillos.	Jalisco
Junio -19-I 997	Bahía Binnars.	I. Socorro
Junio -20-I 997	Bahía Braithwaíte.	I. Socorro
Junio -21-I 997	Bahía Grayson.	I. Socorro
Junio -22-I 997	Bahía Blanca.	I. Socorro
Junio -23-I 997	Bahía Vargas-Lozano	I. Socorro
Julio – 14-1997	Pta. Pescadero.	BCS
Marzo-I 6-I 998	Los Frailes.	BCS
Mayo- 05-1 998	Pta. Pescadero (Sur)	BCS
Nov - 18 -1998	Playa Copal.	Oaxaca
Nov - 18- 1998	Playa Jícaral.	Oaxaca
Nov. - 17 -1998	Isla San Agustín.	Oaxaca

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
 CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
 DONATIVO

Tabla 7.2 Densidad relativa y proporción sexual del caracol del tinte *P. pansa* en diversos puntos del Pacífico mexicano.

Estado	sitio	Densidad relativa ind/m ²	Proporción Sexual		
			Hembras: Machos		
BCS	Pta. Pescadero	0.87	35	65	(1.0: 1.85)
	Pta. Pescadero *	0.66	38	62	(1.0: 1.60)
	Los Frailes	1.24	43	57	(1.0: 1.30)
Jalisco	Dorada	0.80	57	43	(1.0: 0.70)
	Carrizalillos	0.79	48	52	(1.0: 1.01)
I. Socorro	Braithwaite	1.2	49	51	(1.0: 1.05)
	Vargas-Lozano	0.82	51	49	(1.0: 0.95)
	Bidders	0.58	50	50	(1.0: 1.0)
	Grayson	0.73	53	47	(1.0: 0.90)
	Blanca	0.47	55	45	(1.0: 0.80)
Oaxaca	Copal	1.20	n.d.	n.d.	
	Jicaral	0.93	n.d.	n.d.	
	Isla San Agustín	0.64	n.d.	n.d.	

* muestreo de Mayo 1998

n.d. ; No determinado.

Tabla 7.3 Valores comparativos de tallas del caracol del tinte *P. pansa* observadas en diversos puntos del Pacífico mexicano.

Estado	sitio	Talla (mm)		
		Promedio	Mínima	Máxima
BCS	Pta Pescadero	29.7	19.8	40.0
	Pta Pescadero (al Sur)	23.8	16.0	37.3
	Los Frailes	26.3	15.0	42.3
Jalisco	Playa dorada	30.4	12.3	47.8
	Playa Carrizalillos	35.5	23.2	69.8
Isla Socorro	Bahía Braithwaite	28.2	15.4	78.5
	Pta. Vargas-Lozano	51.2	15.5	91.0
	Bahía Binnars	28.8	10.5	70.0
	Bahía Grayson	32.1	15.0	51.0
	Playa Blanca	46.7	22.5	95.0
Oaxaca	Playa Copal	33.0	26.0	74.0
	Playa Jicaral	34.0	22.0	57.0
	Isla San Agustín	33.5	23.2	69.8

Tabla 7.4 Valores promedio, mínimo y máximo para la talla y el volumen de tinte de la muestra de caracoles ordeñados en Isla Socorro. Junio de 1997. H: Hembras; M: Machos.

Sitio	Talla (mm)			Volumen (ml)			Sexo	
	Prom	Min	Max	Prom	Min	Max	H	M
Braithwaite	50.1	25.5	78.5	3.24	0.2	11.4	10	2
Vargas-Lozano	48.7	39.5	68.0	3.60	0.7	11.0	6	10
Binnars	46.6	24.7	70.0	2.96	0.2	11.0	6	10
Grayson	43.9	36.9	47.5	1.07	0.2	2.70	9	4
Blanca	57.6	38.0	95.0	6.21	0.5	19.9	14	3
Total	49.8	24.7	95.0	3.59	0.2	19.9	49	21

Tabla 7.5 Determinación de los rendimientos de tinte en relación con el número de caracoles, talla promedio, tiempo de duración del transecto (=minutos) y pendiente de playa para diferentes sitios del Pacífico mexicano.

	Numero caracoles	Volumen total (ml)	Volumen prom. (ml)	Talla prom. (mm)	Pendiente playa	Tiempo transecto ‘
Los Frailes	124	50.0	0.4	26.3	18	60
Pescadero	66	25.0	0.4	23.0	20	50
P. Dorada	80	35.0	0.4	30.4	17	35
Carrizalillos	79	64.0	0.8	35.5	20	55
La Braulia	120	69.9	0.5	28.2	25	55
B. Vargas	82	487.7	5.9	51.2	50	85
P. Gringos	58	78.8	1.3	28.8	20	50
Palmasola	73	48.8	0.7	32.1	48	50
P. Blanca	47	160.7	3.4	46.7	17	40
Promedio	81	135.0	1.9	36.1	28	53

Tabla 7.6 Estimaciones de densidad relativa y proporción sexual realizadas por diferentes autores, en varios estados del Pacífico mexicano.

Estado	Densidad relativa (ind/m ²)	Proporción sexual		Fuente
		Hembras	Machos	
Sinaloa	1.14	1.0	0.7	Enciso et al. (1995)
Nayarit	2.27	1.0	1.3	Acevedo et al. (1990)
Jalisco	1.60	1.0	1.2	Reyes-Aguilera (1993)
	1.14	1.0	0.7	Fonseca (1998)
Michoacán	0.88	1.0	1.3	Álvarez (1989)
Oaxaca	0.74	1.0	0.8	Turok et al. (1988)

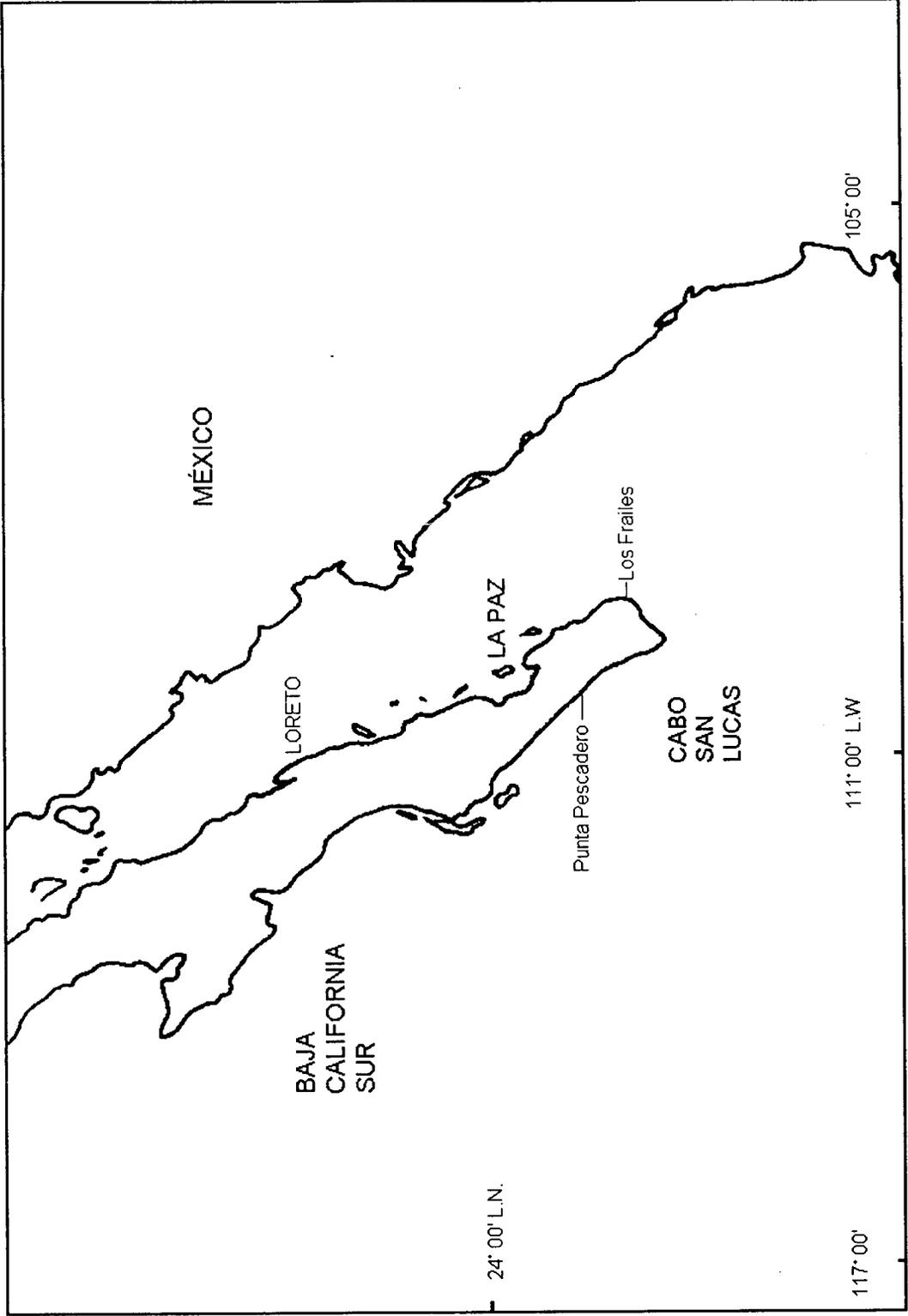


Figura 7.1 Puntos de muestreo en el estado de Baja California, Sur, México

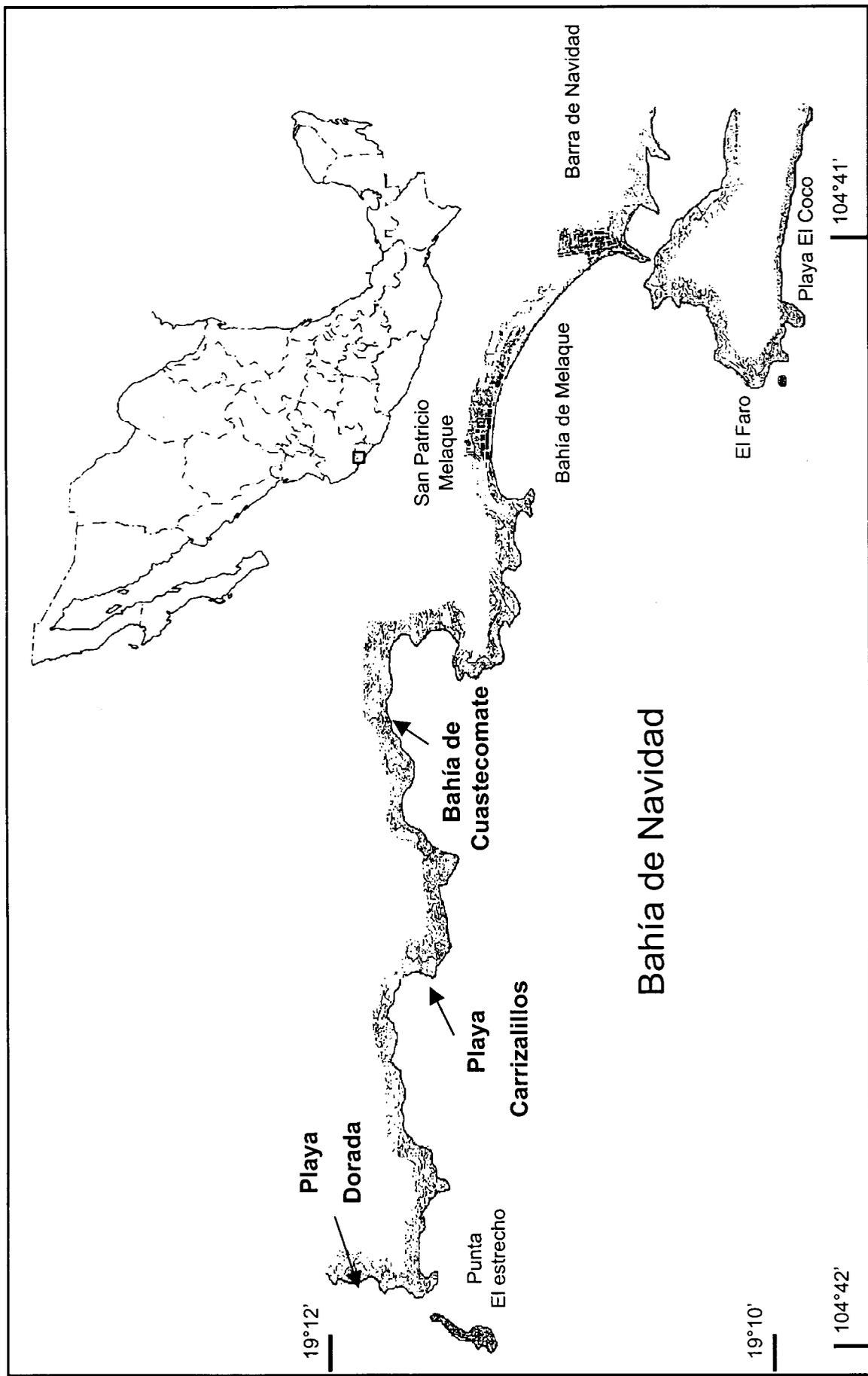
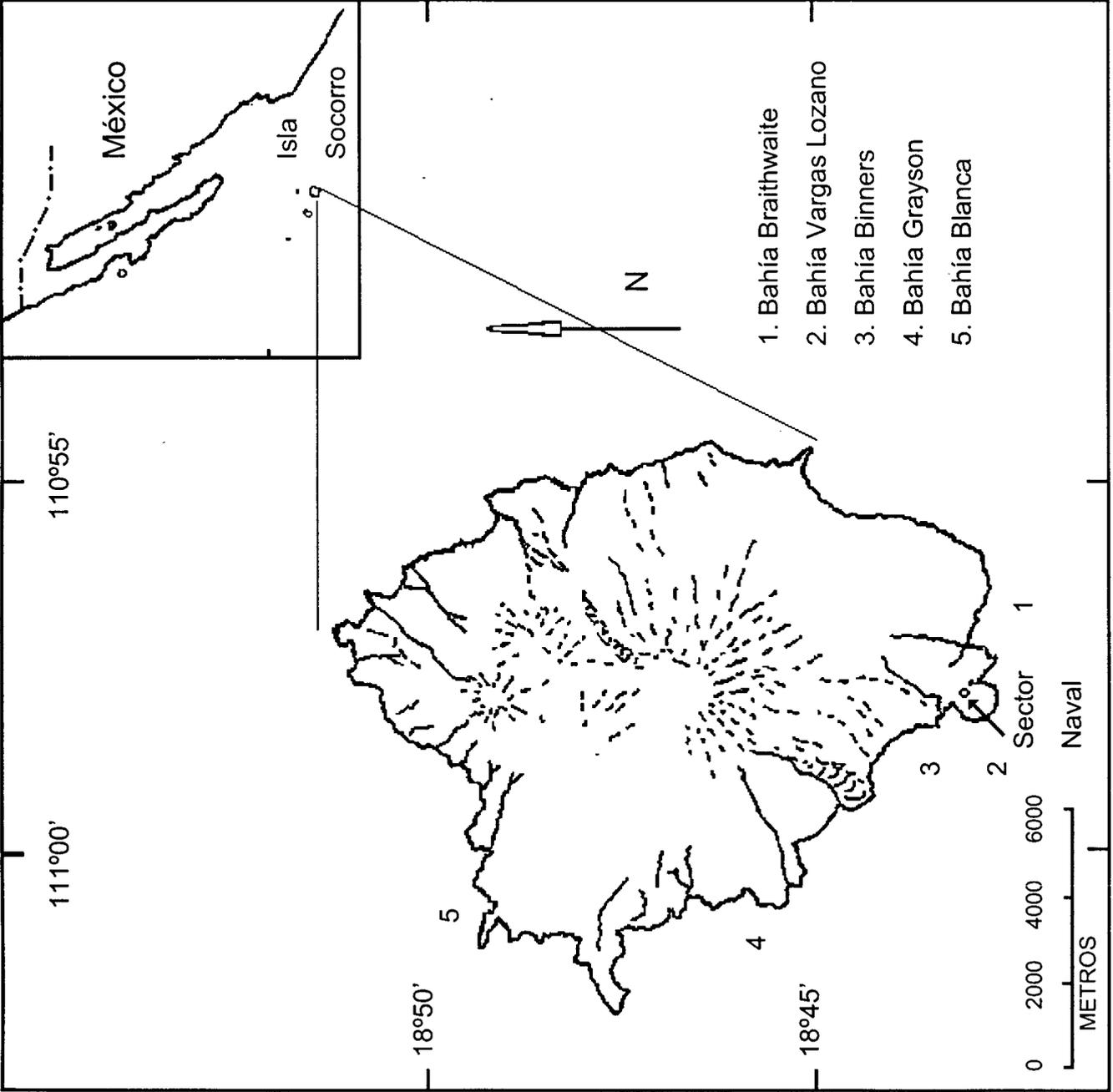


Figura 7.2 Puntos de muestreo en el estado de Jalisco, México



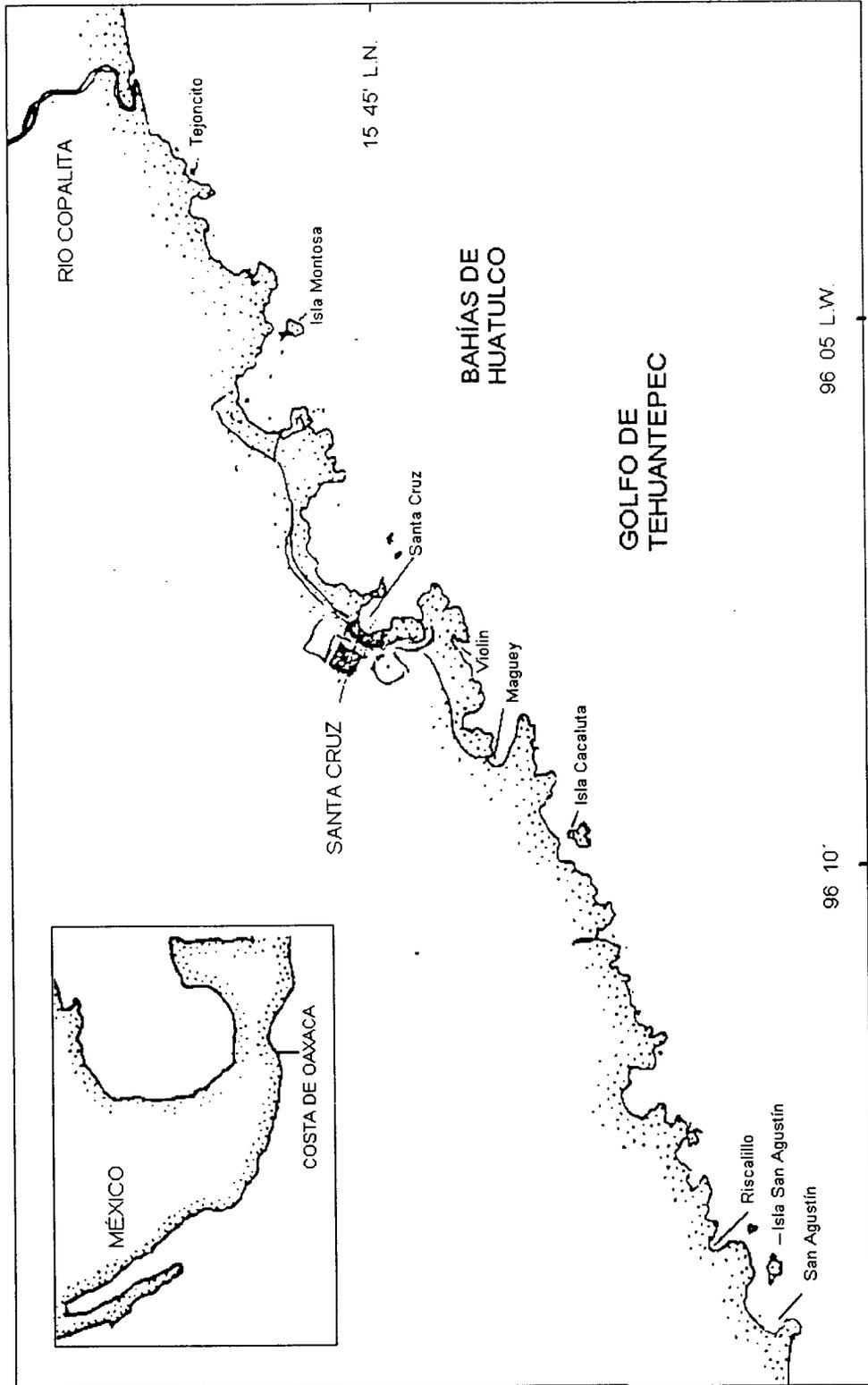


Figura 7.4 Puntos de muestreo en el estado de Oaxaca, México.

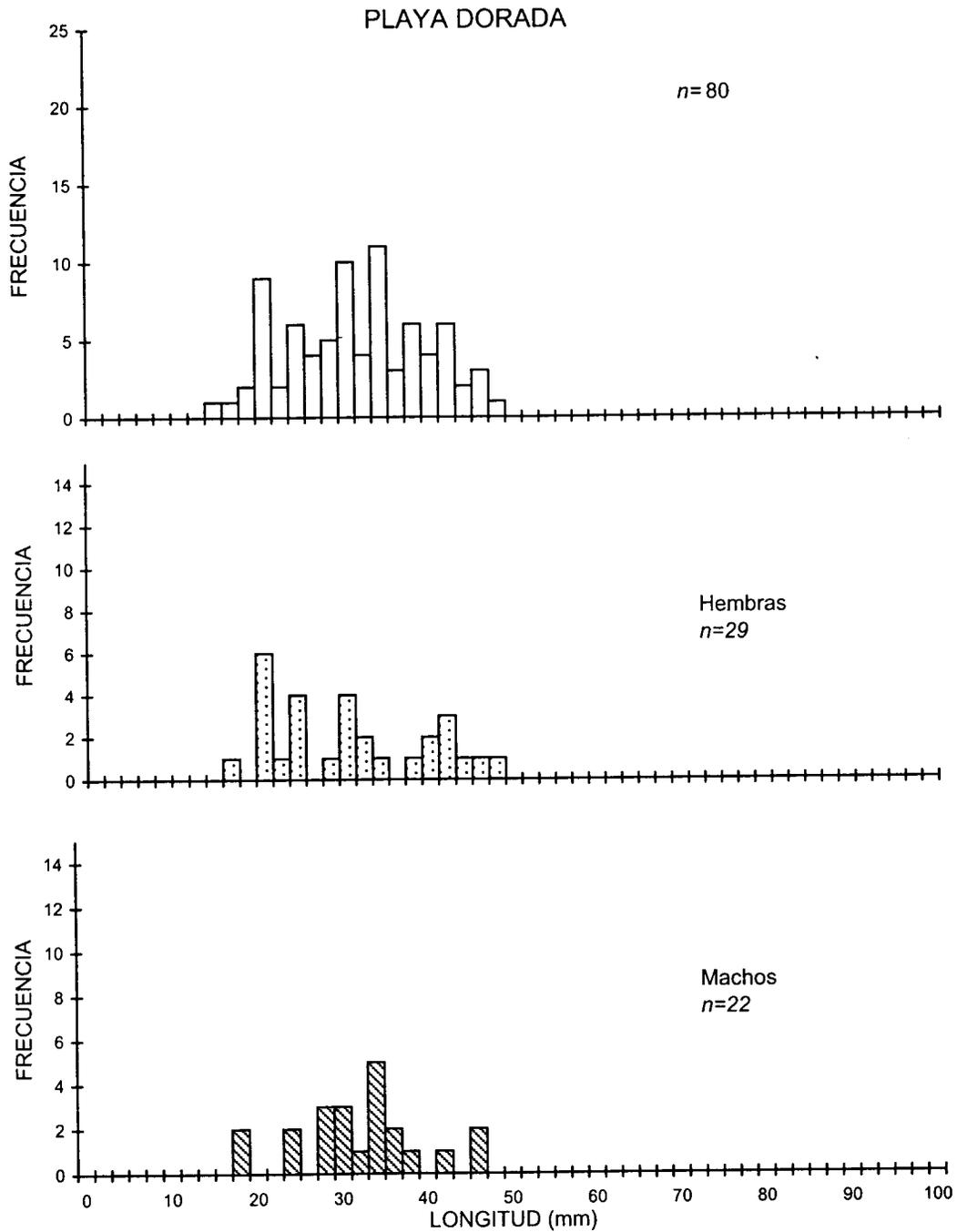


Figura 7.5 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Dorada, Jalisco.

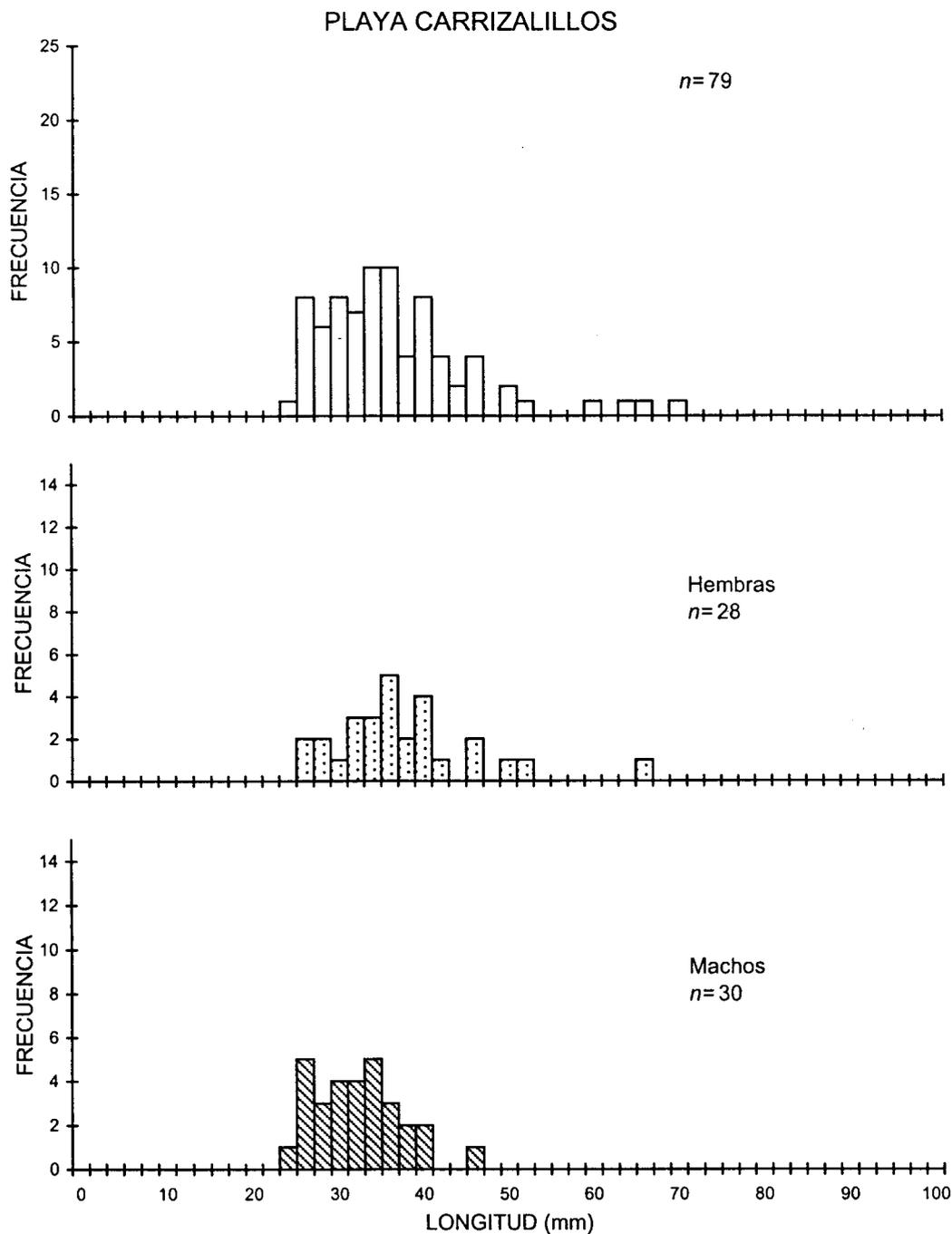


Figura 7.6 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Carrizalillos, Jalisco.

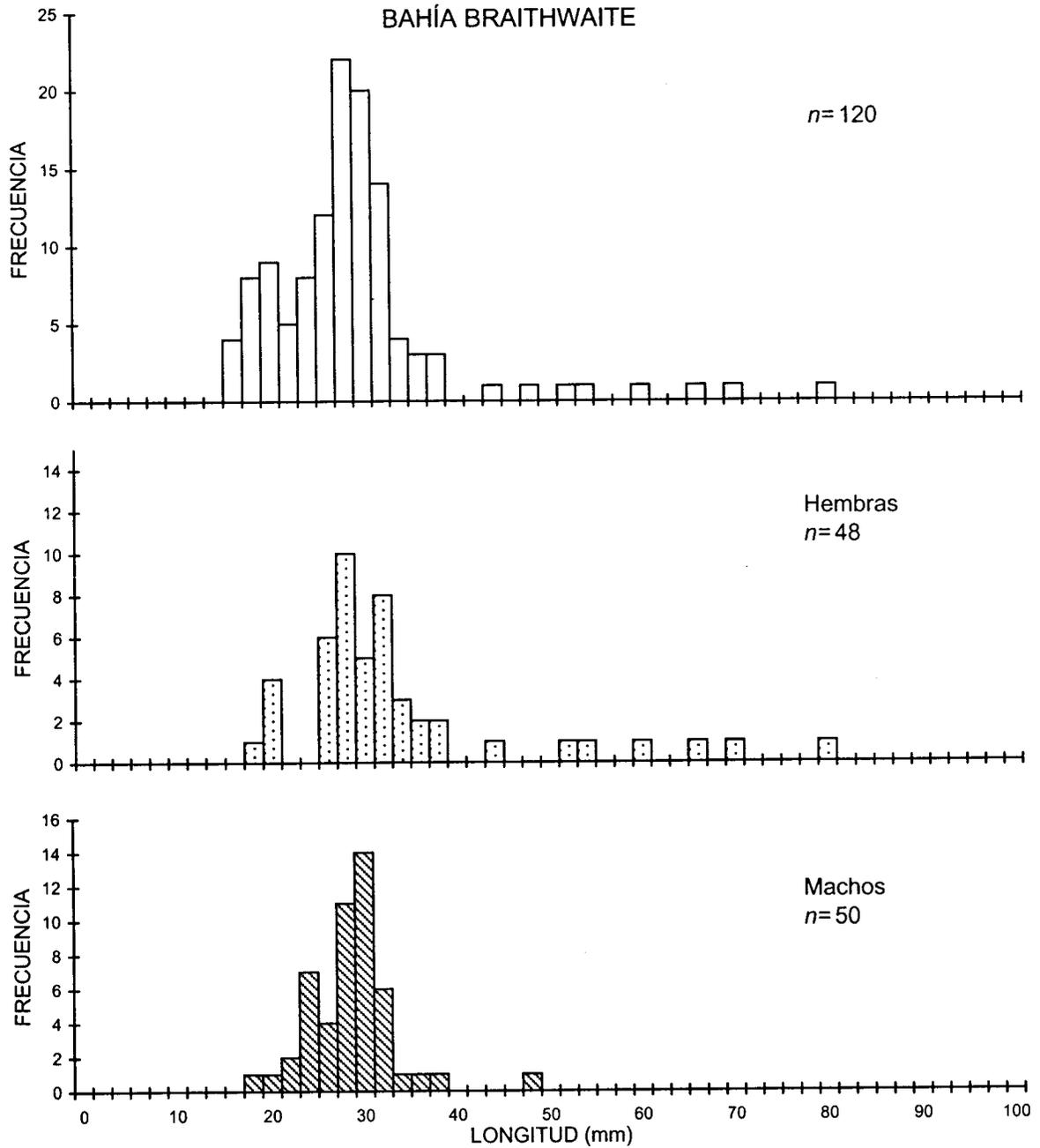


Figura 7.7 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Braithwaite, Isla Socorro.

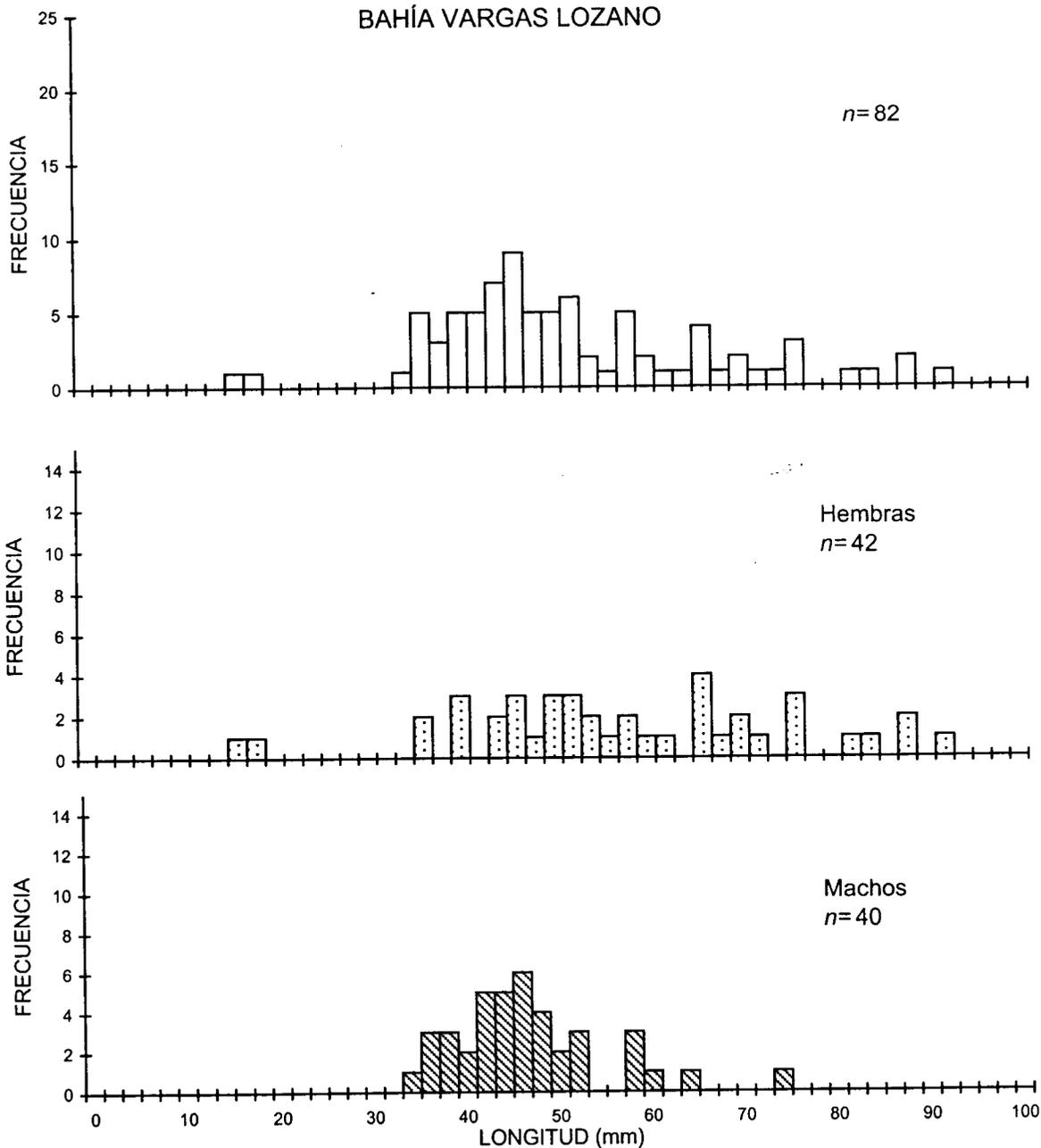


Figura 7.8 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Vargas Lozano, Isla Socorro.

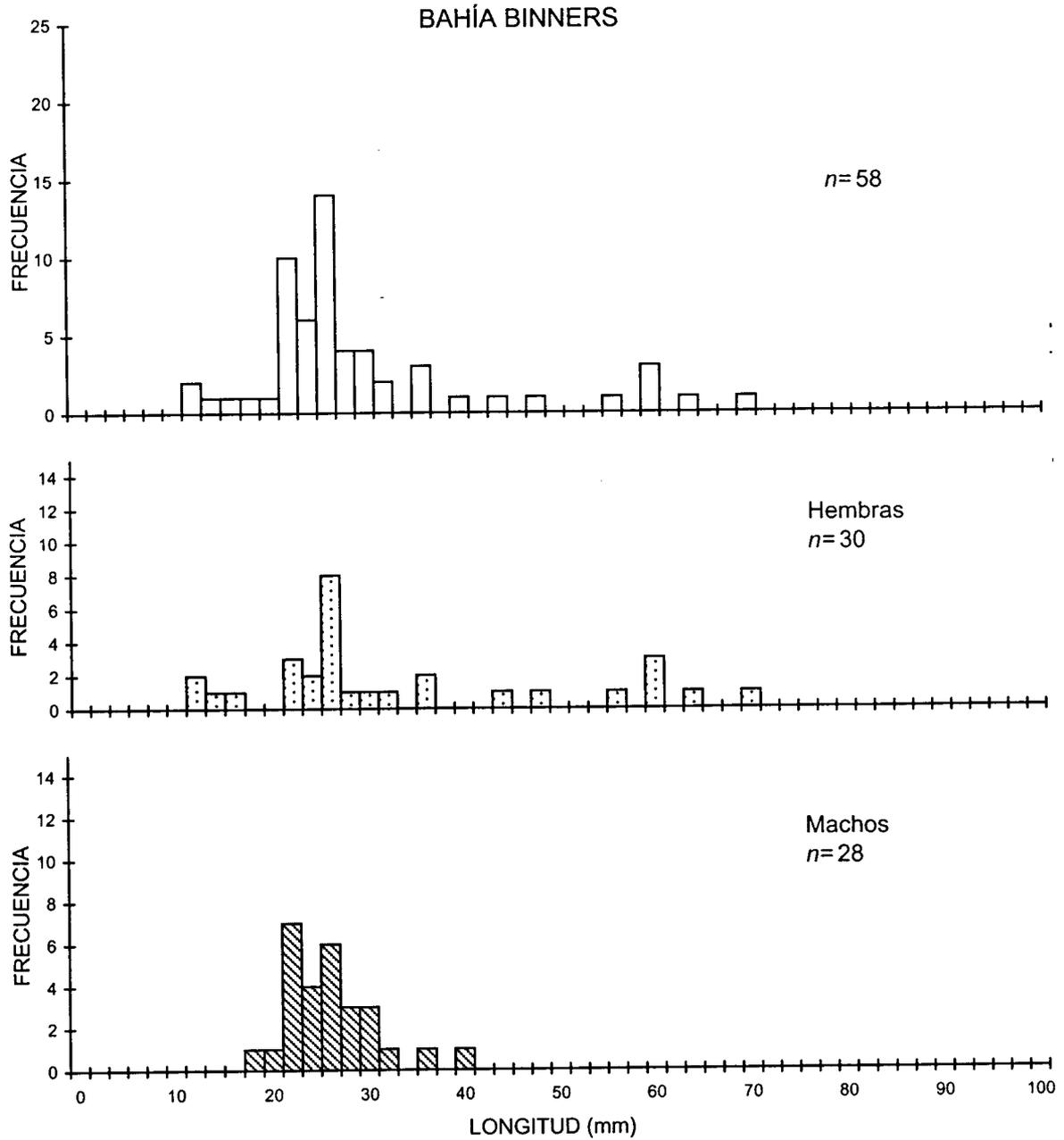


Figura 7.9 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Binnars, Isla Socorro.

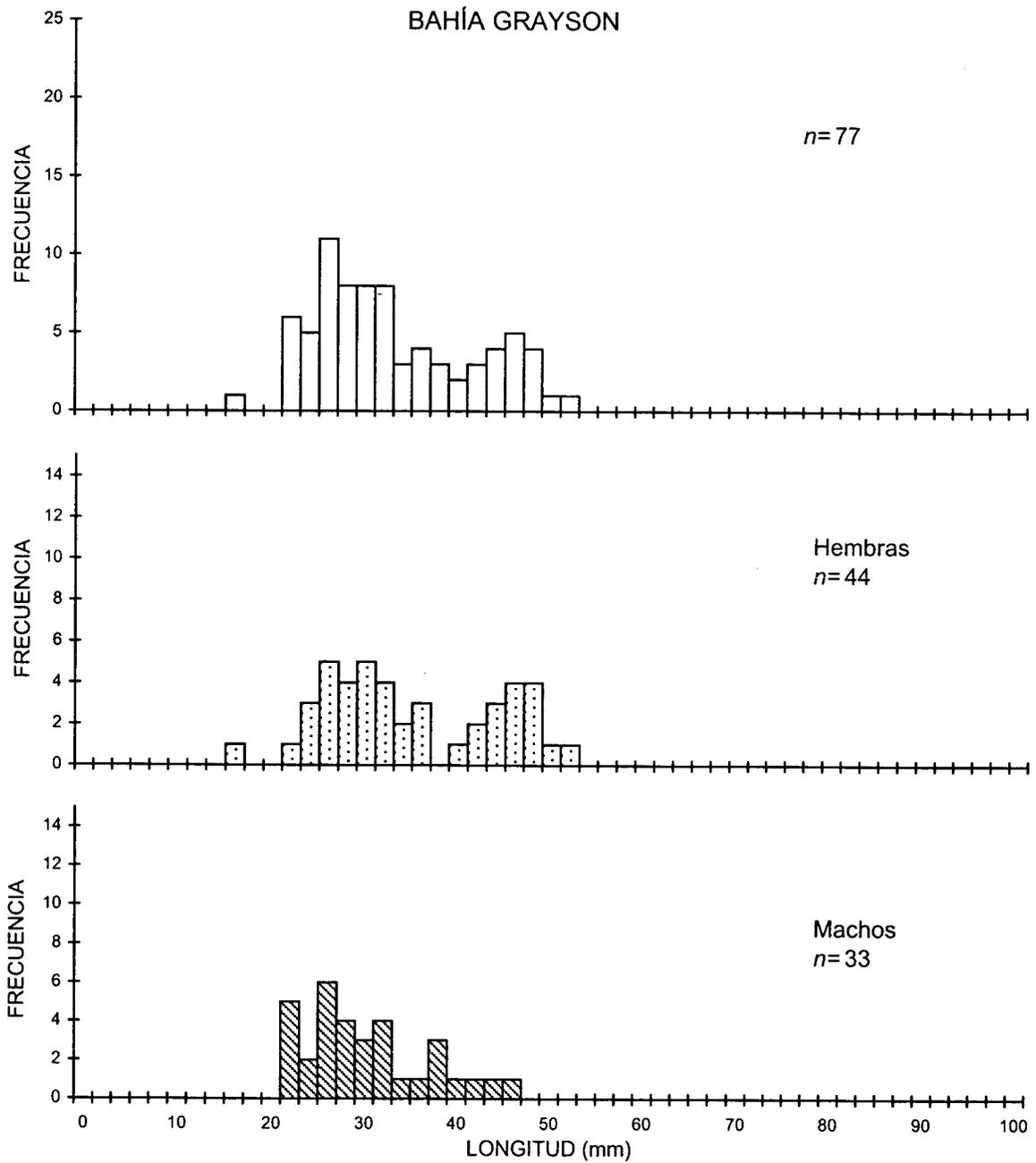


Figura 7.10 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Bahía Grayson, Isla Socorro.

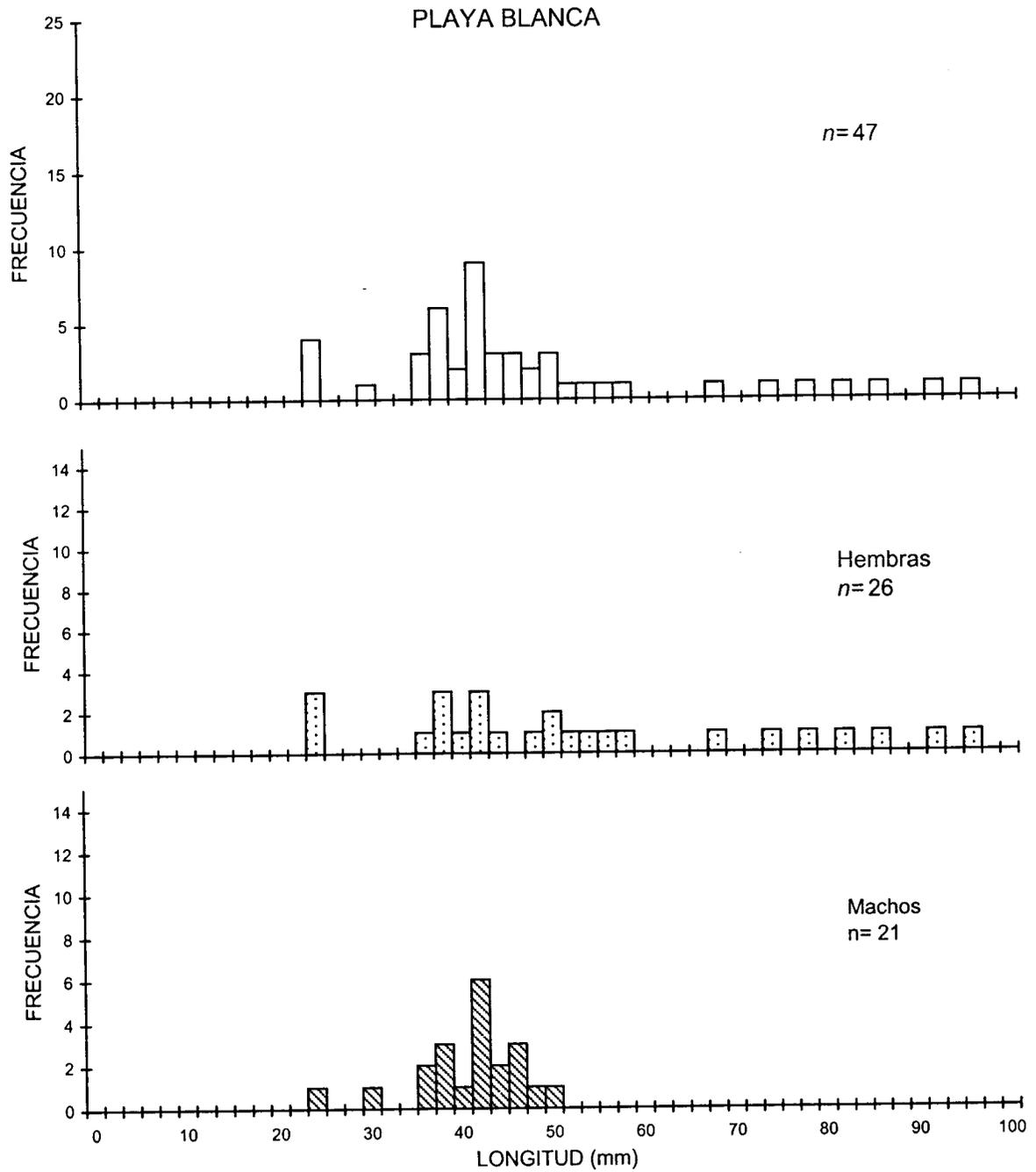


Figura 7.11 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Playa Blanca, Isla Socorro.

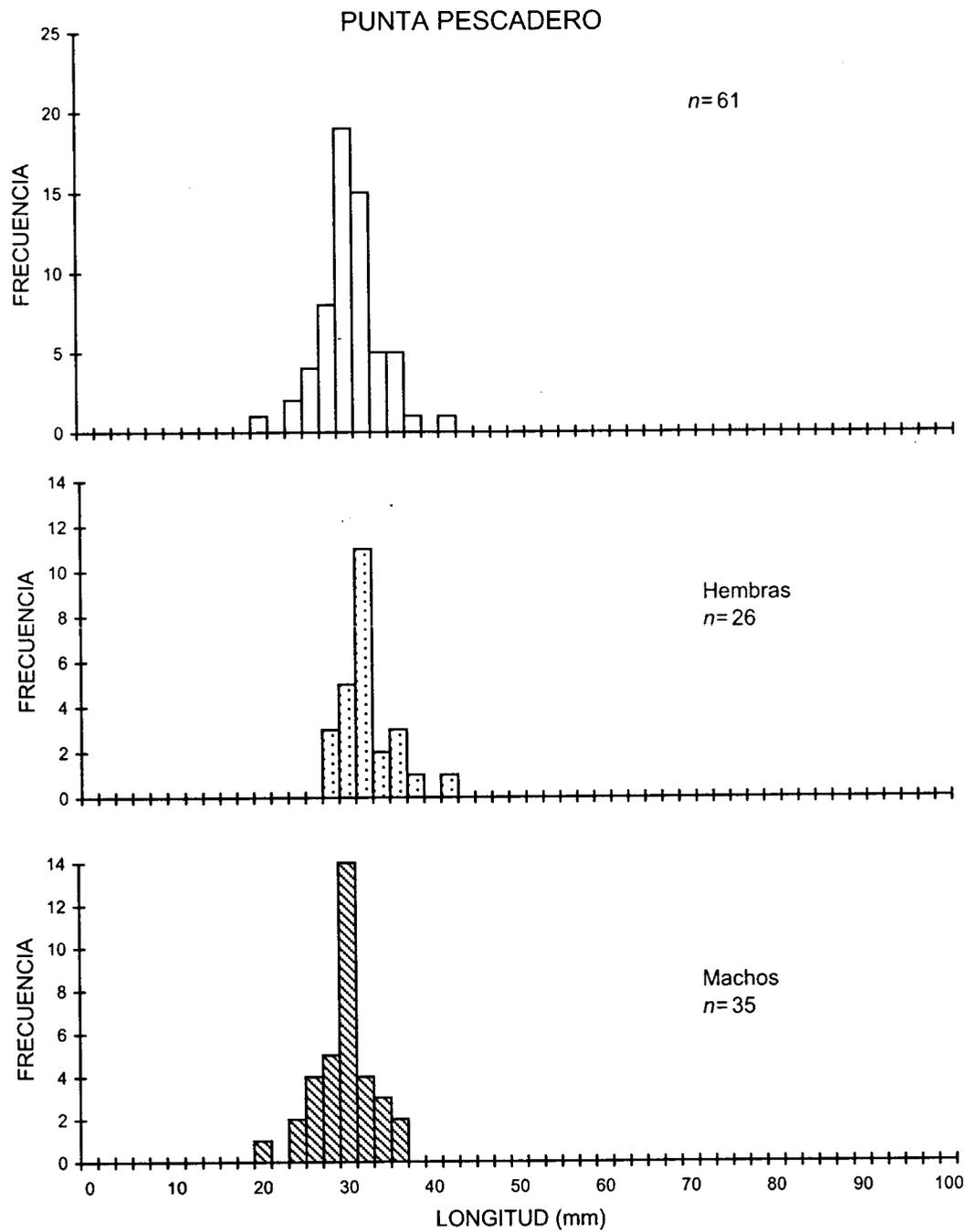


Figura 7.12 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Punta Pescadero, BCS (Julio 1997).

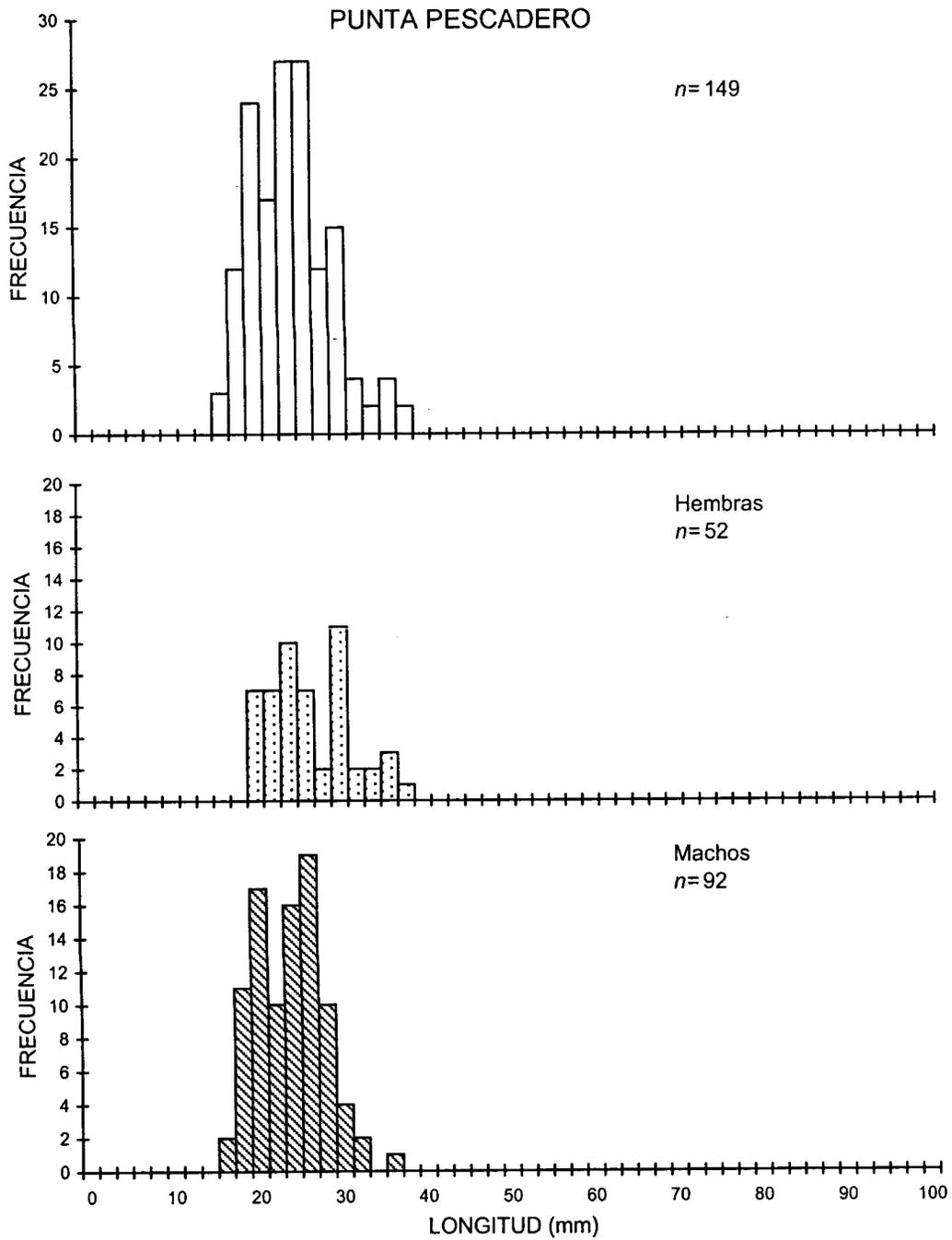


Figura 7.13 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Punta Pescadero, BCS (Mayo 1998, al Sur).

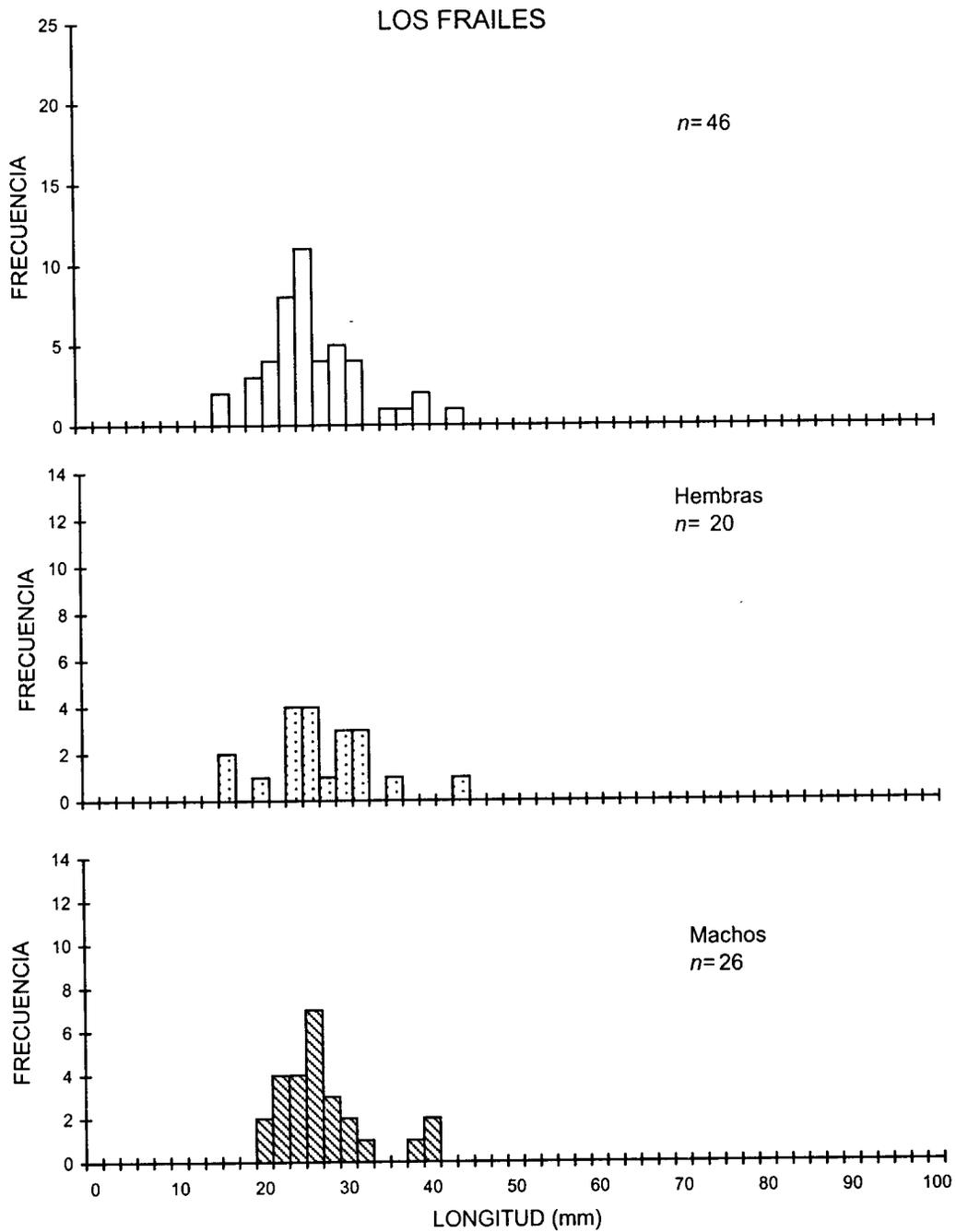


Figura 7.14 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles de Los Frailes, BCS.

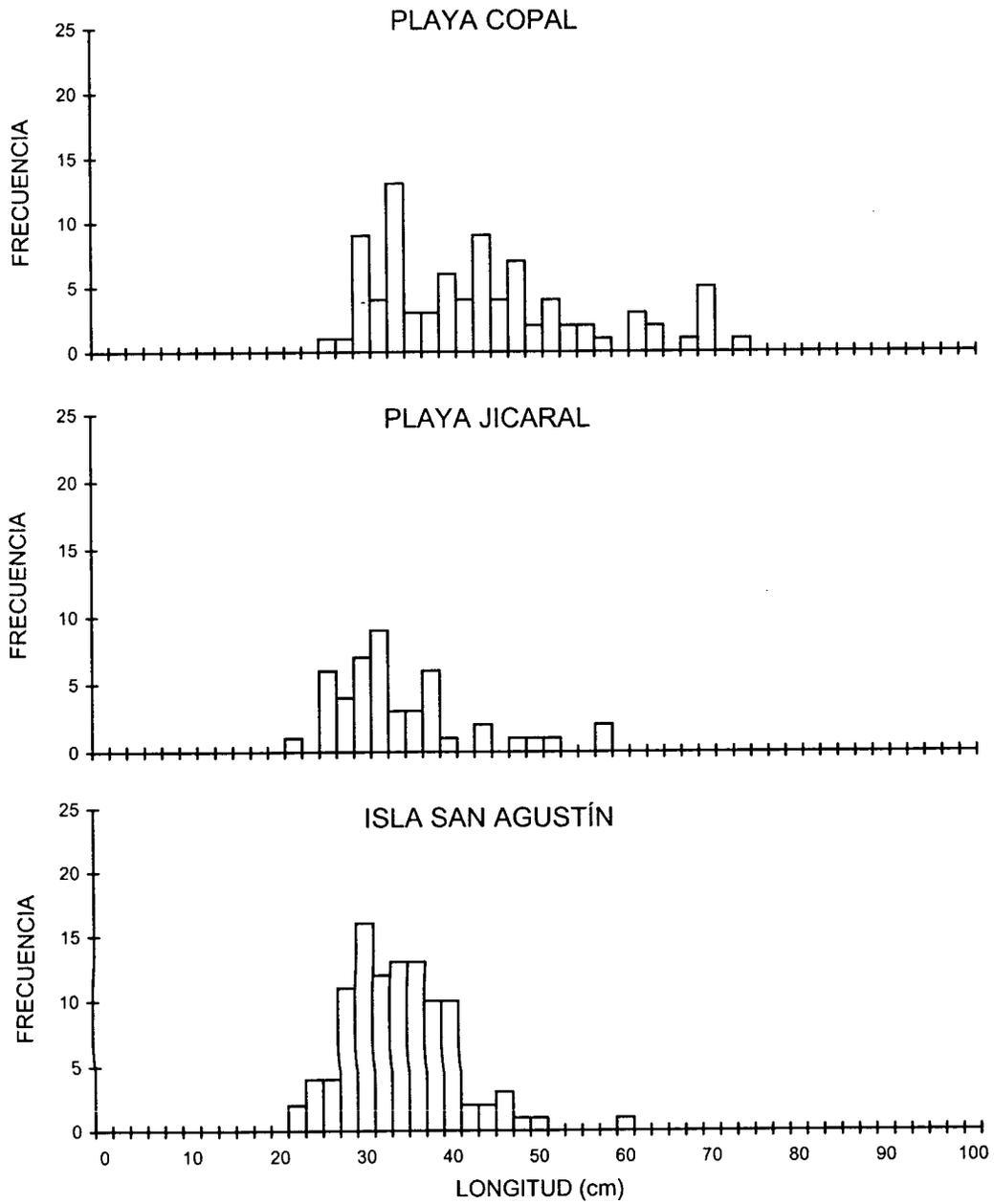


Figura 7.15 Histogramas de distribución de frecuencias de tallas para los caracoles en tres playas de Oaxaca.

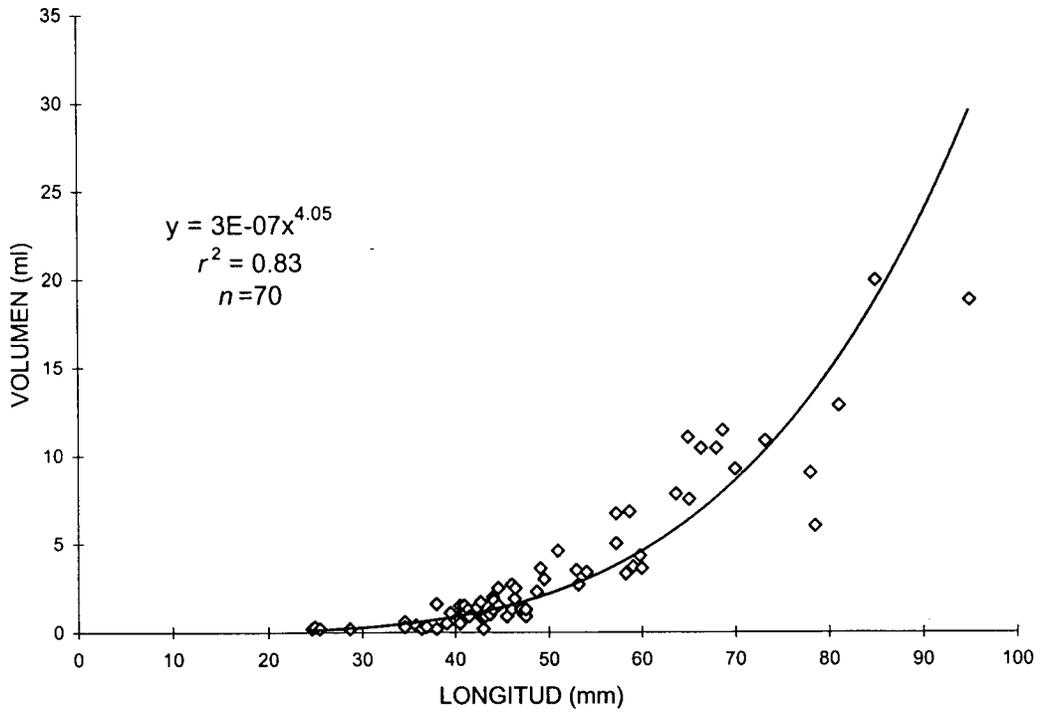


Figura 7.16 Relación entre la talla y el volumen de tinte producido para el total de caracoles ordeñados en Isla Socorro.

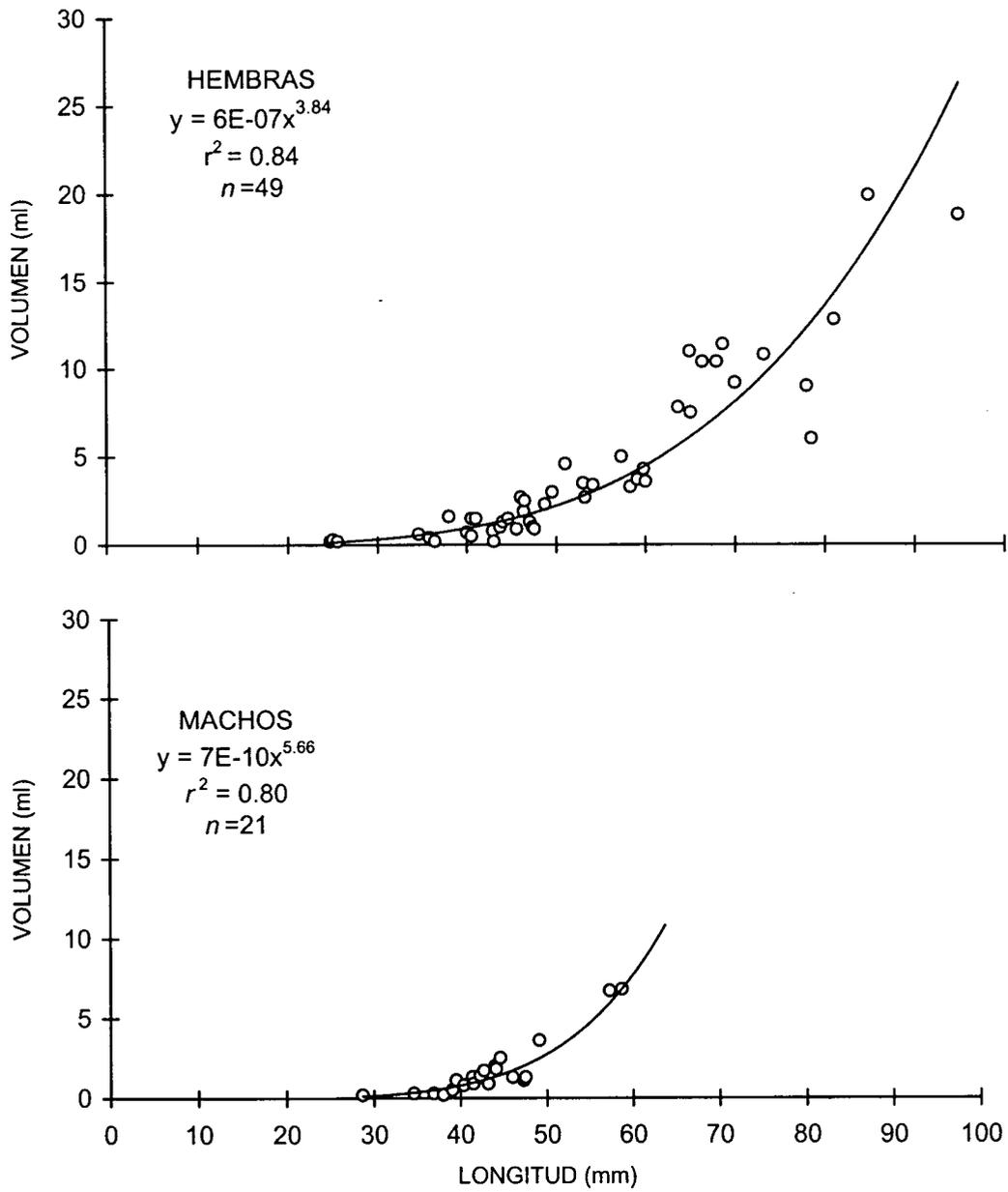


Figura 7.17 Relación entre la longitud y el volumen de tinte producido para caracoles del tinte hembras y machos ordeñados en Isla Socorro.

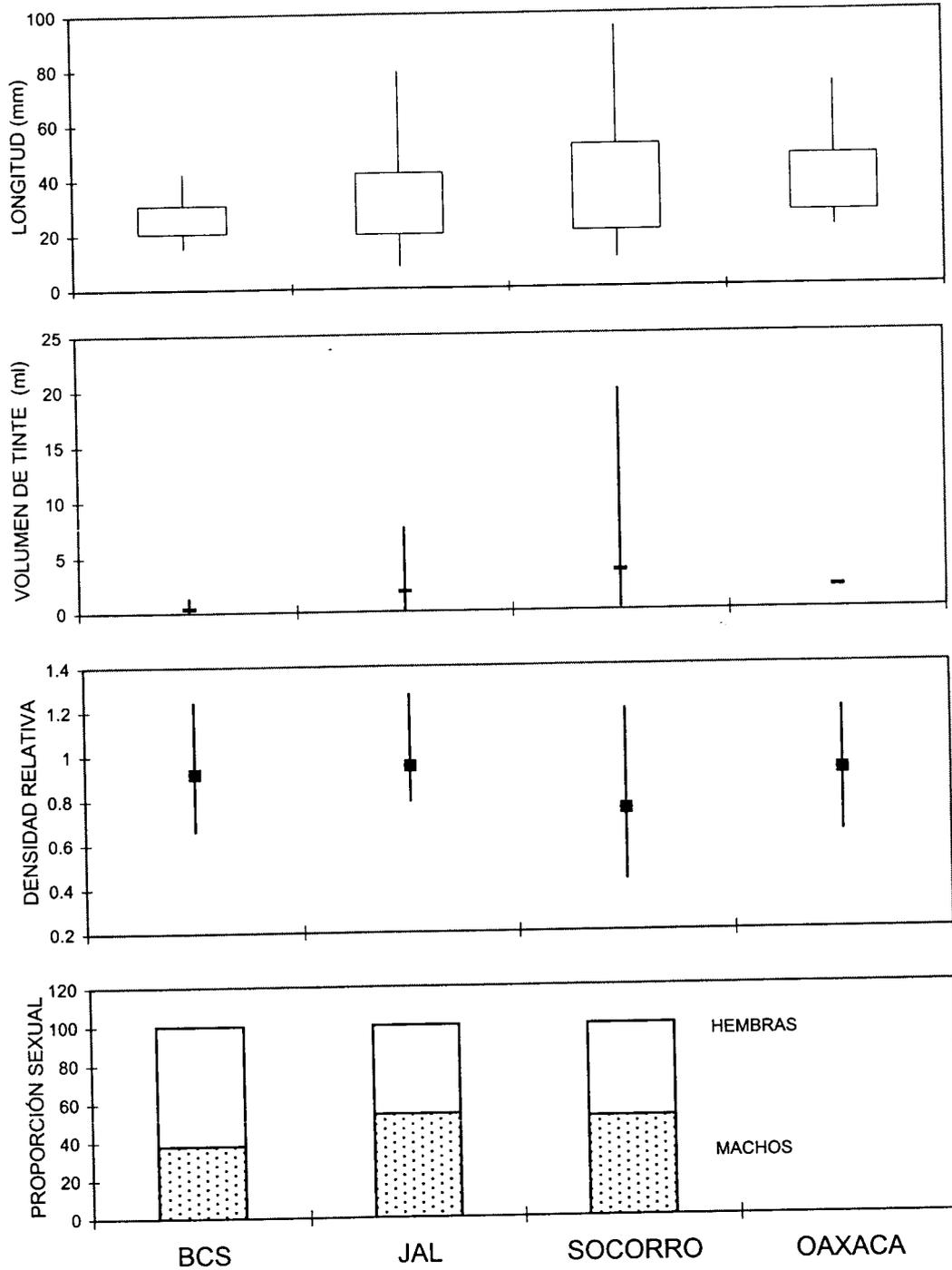


Figura 7.18 Comparación de tallas, volúmenes de tinte, densidad relativa y proporción sexual de caracoles del tinte en varios estados del Pacífico mexicano.

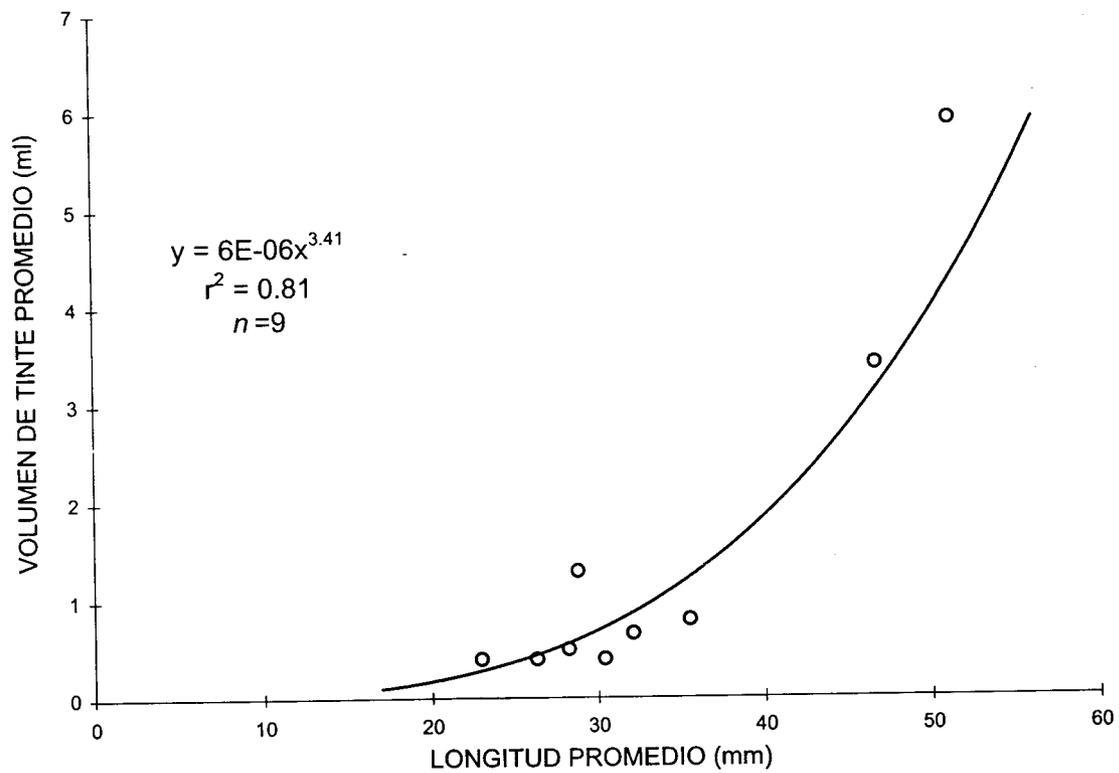


Figura 7.19 Relación entre la longitud promedio de los caracoles y el volumen promedio de tinte por playa.

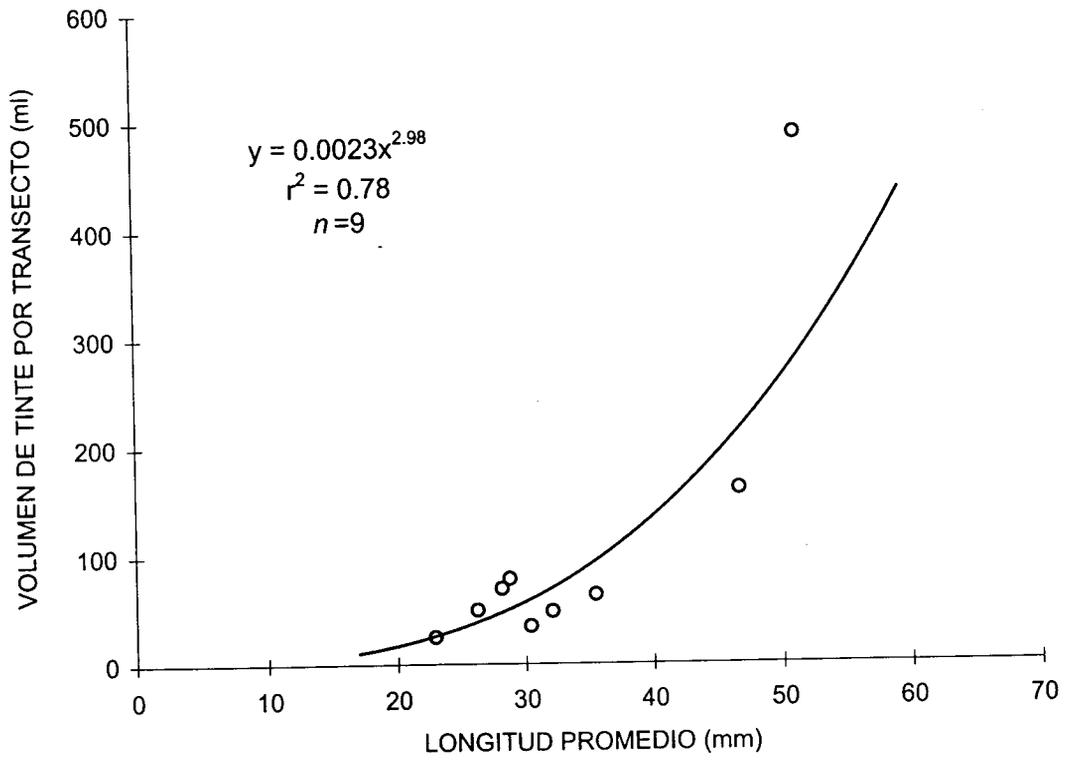


Figura 7.20 Relación entre la longitud promedio de los caracoles y el volumen total de tinte por transecto.

8. MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN DEL TINTE DEL CARACOL.

Con la finalidad de determinar la posibilidad del establecimiento de una actividad pesquera en torno a la extracción del tinte del caracol y la evaluación de los diferentes escenarios de manejo de las especie bajo condiciones de explotación, se construyó un modelo de simulación. En la estructuración de este modelo y como se menciona en el planteamiento del problema, se incorporan los resultados presentados en los capítulos previos relativos a la dinámica poblacional del caracol, los rendimientos del tinte y el efecto de las ordeñas sobre la supervivencia.

Existen algunos trabajos en donde se logra la construcción de modelos de simulación, para estimar el rendimiento de especies de importancia pesquera o potencial (Grant, 1986; Die y Watson, 1992; Prince 1992; Chávez, 1994; Chávez y Arreguín-Sánchez, 1994, 1995; Cruz-Romero et al., 1996; Chávez, 1998) y cuyas características generales han sido descritas por Chávez (1996).

En la mayoría de los modelos de simulación, es a partir de series históricas de captura, esfuerzo o captura por unidad de esfuerzo que se estima el ajuste del modelo. Sin embargo, en el presente caso, en virtud de las características propias de la especie en donde el objeto de interés no es la biomasa del individuo, sino un producto de él -el tinte-, fue necesario realizar una serie de adecuaciones a la metodología seguida en la mayoría de los modelos de simulación y calibrar el modelo a través de los resultados de los datos de esfuerzo y rendimiento que se presentan en el capítulo anterior.

MATERIAL Y METODOS

Construcción del Modelo

Se construyó un modelo dinámico de simulación basado en ecuaciones en diferencias finitas que describen los cambios en el número de individuos de cada edad a través del tiempo. El modelo se presenta en forma de una hoja de cálculo para computadora y fue construido en Excel 2000 para Windows 98.

Los análisis se basan en la reconstrucción de los grupos de edad a partir de la ecuación de crecimiento según el modelo de Von Bertalanffy, de la forma :

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

donde:

L_t : Longitud del organismo al tiempo t

L_∞ : Longitud asintótica

t_0 : Tiempo 0. Parámetro de ajuste de la ecuación que representa la edad hipotética de los individuos a la talla $L=0$.

K : Coeficiente de crecimiento (anual).

Además, se utilizó la ecuación de regresión potencial entre la talla y el peso de los organismos, de la forma:

$$W_t = a L_t^b$$

donde :

W_t : Peso del organismo al tiempo t

L_t : Longitud del organismo al tiempo t

Se consideraron grupos de edad anuales los cuales se definieron a partir de los análisis de progresión modal, incluidos como una subrutina del programa FISAT (Gayaniilo et *al.*, 1995) El cálculo del número de individuos para cada grupo de edad, se realizó a partir de la siguiente ecuación de crecimiento poblacional;

$$N_{t+1} = N_t * e^{-zt}$$

donde:

N,: Número de individuos al tiempo t.

Z: Mortalidad total ($Z=M+F$)

M: Mortalidad natural

F: Mortalidad por pesca

La mortalidad natural se definió como similar al valor del coeficiente de crecimiento K de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, esto partir de la relación propuesta por Chávez (1995), donde $K=M$. El valor de la mortalidad natural fue considerado como una tasa anual. El valor de la mortalidad por pesca (F) en función de la frecuencia de las ordeñas, se calculó a partir de los datos de supervivencia a la ordeña que se presentan en el capítulo 6, para el período de ordeñas que se considera en los parámetros de entrada del modelo.

La longevidad y por consiguiente el número de grupos de edad considerados en el modelo, se definió a través de la relación empírica entre la longevidad y el coeficiente de crecimiento (K), dado por $t\lambda = 3/K + t_0$, donde $t\lambda$ es la edad de máxima longevidad.

Se reconstruyó la estructura por edades para cada sexo y se realizó una simulación a 25 años. El ajuste del tamaño inicial de la población se realizó a partir del cálculo del tamaño poblacional en una área de costa rocosa determinada. Es decir, se consideró el valor promedio obtenido de una serie de muestreos a través de transectos. Con esta densidad relativa promedio, se consideró una distribución homogénea del caracol en una banda de 2 m de ancho y se multiplicó por el número de kilómetros de costa. A partir de ésta estimación poblacional y mediante un proceso iterativo, se calculó el valor del reclutamiento, para el primer grupo de edad del primer año de la simulación. Este valor será el que minimice la diferencia entre la estimación del tamaño poblacional y la suma del número de individuos a cada grupo de edad calculados por el modelo de simulación.

Para la estimación del número de reclutas a los años siguientes y con el objeto de poder simular los cambios en el tamaño de la población a través del tiempo, se aplicó el modelo de reclutamiento de Ricker ($R = \alpha A \exp^{-\beta A}$) para determinar la relación parentela-progenie, donde el parámetro α representa la mortalidad independiente de la densidad y β la mortalidad dependiente de la densidad de población; los reclutas (R), es el número medio de animales del grupo de edad I que se incorporan a la población como resultado de la reproducción del año anterior. El número de reclutas estimado por simulación para cada año por el modelo de reclutamiento fue multiplicado por una variable aleatoria con distribución normal, con coeficiente de variación de 0.1.

El modelo permite considerar la proporción de sexos, lo cual se hace al obtener el producto de la proporción observada para cada sexo por el número de reclutas calculado al inicio de la simulación.

Una vez construida la matriz de simulación para cada grupo de edad y por sexos, se calculó el tamaño del stock susceptible de ser explotado, al obtener la sumatoria del número de individuos de cada grupo de edad a partir del grupo de edad en el que se presenta la talla mínima de ordeña. En esta caso, se definió la talla mínima de ordeña a los 30 mm de longitud del caracol, partiendo de los resultados presentados en el capítulo 5, y de que ésta es la talla mínima que se permite recolectar a los Mixtecos de la costa de Oaxaca, de conformidad al acuerdo Intersecretarial que regula la explotación de esta especie (Anónimo, 1988).

Para obtener el volumen tinte por caracol, se estableció una ecuación de regresión potencial entre la talla de los organismos a cada grupo de edad y el rendimiento del tinte, de la forma:

$$\text{Vol} = a * L^b$$

El rendimiento total de tinte para cada ordeña fue calculado a partir de la sumatoria del producto del número de caracoles a cada edad y el volumen de tinte promedio por la intensidad de pesca, esta última como una función proporcional al número de pescadores. Esta relación se estableció a partir de una modificación a la ecuación de captura de Baranov (Ricker, 1975). A su vez el índice de proporcionalidad (capturabilidad) fue calculado a partir de los datos de esfuerzo y rendimiento, considerando el número de caracoles que puede ordeñar una persona por área y por tiempo y la proporción que este número representa del total de la población. Con esta información es posible calcular además, la intensidad de pesca, referida ésta como el número de veces que un caracol será ordeñado en un período de tiempo determinado.

Los parámetros que determinan el comportamiento del modelo son el número de pescadores, el número de meses de ordeñas y la frecuencia de estas últimas. A partir de esto, el modelo calcula el volumen total de tinte a obtenerse, el tamaño del stock explotable y la relación beneficio/costo.

La relación beneficio/costo (B/C) para la actividad de extracción del tinte del caracol se obtuvo a partir de datos históricos de precios del tinte y su equivalente actual en dólares americanos. Los costos se calcularon considerando los gastos de obtención del tinte (gasolina y aceite de la embarcación fuera de borda) y lo correspondiente a salarios.

A partir de los rendimientos del tinte para la tinción sobre madejas de hilo de algodón que se presentan en el capítulo anterior, se estimó el número de madejas teñidas en función del volumen total de tinte.

Calibración del Modelo

Dado que no se cuenta con una serie histórica de datos de captura o captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se utilizaron los datos de rendimiento de tinte por área/pescador y tiempo/pescador que se presentan en el capítulo 7 de

este trabajo. De igual forma, se utilizaron los datos recabados durante las entrevistas a los teñidores y tejedoras de las costas de Oaxaca y Jalisco, además de las estimaciones realizadas por Turok et al., (1988) para la costa de Oaxaca.

Una copia de la versión del modelo desarrollado se encuentra disponible, para ser utilizada con el programa Excel 2000 para Windows 98.

Análisis de Sensibilidad

Uno de los principales problemas cuando se utilizan modelos aplicados a la biología pesquera es el relativo al análisis de sensibilidad y la ulterior validación de los modelos de simulación (Miller, 1974; Chávez, 1998). En el presente estudio, este análisis se realizó a partir del cambio gradual de cada uno de los parámetros de entrada al modelo, dejando sin modificación los restantes y reduciendo a cero la variabilidad incorporada al modelo. De esta manera se obtuvieron vectores que muestran el porcentaje de variación del resultado de una variable de salida del modelo (volumen de tinte), al aumentar o disminuir el valor de cada uno de los parámetros, con respecto al valor de entrada de la variable. Este procedimiento muestra la variación de cada parámetro y su efecto sobre los restantes y permite identificar los parámetros más sensibles de provocar cambios importantes en las estimaciones del modelo.

RESULTADOS

El modelo de simulación que se construyó, requiere de una serie de parámetros de entrada relativos a la dinámica poblacional del recurso, al rendimiento del tinte y a los costos de venta y obtención del tinte. En la Tabla 8.1 se presentan los parámetros de entrada del modelo y los valores utilizados para las estimaciones del rendimiento en la costa de Jalisco.

Para el crecimiento se utilizaron los valores calculados para la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, que se presentan en el capítulo 5 para la Bahía de Navidad, en la costa sur de Jalisco. Los valores de las constantes a y b de la ecuación de regresión potencial del rendimiento del tinte corresponden a los que se presentan en el capítulo 5. Para la densidad media y la proporción sexual, se calculó el valor promedio observado en las tres playas rocosas consideradas en éste estado.

En la tabla 8.2 se muestran los parámetros de control del modelo los cuales son el número de pescadores, la frecuencia entre las ordeñas (en días) y el número de ordeñas sucesivas o expresado de otra manera, el período de explotación. Estos valores son independientes entre sí, por lo que se pueden modificar los escenarios de explotación de múltiples formas.

Los valores de salida del modelo, es decir las estimaciones efectuadas por el modelo de simulación para el volumen total del tinte, la población total de caracoles, el stock explotable, la relación beneficio/costo y el número de madejas teñidas se muestran en la tabla 8.2 para el caso de un pescador y una sola ordeña. El valor obtenido, cercano a 10 litros, coincide con las estimaciones indirectas obtenidas a través de los datos de captura y esfuerzo del capítulo 7.

En la figura 8.1 se presentan los resultados del modelo variando el número de pescadores y estimando el volumen de tinte obtenido, la relación beneficio/costo (B/C) de esta actividad y el número de madejas teñidas, considerando únicamente una sola ordeña. Destaca el hecho de que el punto de intersección de las dos curvas implica que la actividad puede ser desarrollada por 25 pescadores con ganancias por arriba del 1.6 en la relación B/C. Bajo cualquier número de pescadores del intervalo seleccionado, se considera una actividad que genera ganancias. En la misma figura se muestra el número de madejas teñidas como una función del volumen de litros obtenidos.

Al cambiar los diferentes escenarios de explotación se calculó el rendimiento y por consiguiente la factibilidad de esta actividad para un periodo de tres meses. En la tabla 8.3 se muestran los valores estimados por el modelo de simulación del volumen total de tinte (l) en función de la frecuencia de ordeñas y el número de pescadores. Se observa que los valores más altos se obtienen con 30 pescadores ordeñando cada 28 días o con 20 pescadores ordeñando cada 21 días. Los valores del número de madejas teñidas bajo cada régimen de explotación se muestran en la tabla 8.4.

Estos cambios en el régimen de explotación, expresados en la relación beneficio/costo se muestran en la tabla 8.5. Los resultados indican que el mayor valor de la relación B/C se presentaría con un pescador ordeñando cada 28 días (2.02). Por el contrario, a mayor número de pescadores y mayor frecuencia de ordeñas, la actividad deja de ser rentable (0.11). En general se puede considerar que a partir de los 21 días transcurridos entre cada ordeña se obtendrían los máximos rendimientos.

Desde otro punto de vista, en la tabla 8.6 se muestra la intensidad de pesca, expresada ésta como el número de veces que cada caracol es ordeñado en el período de tres meses, bajo cada diferente escenario de explotación. Así, a mayor frecuencia de ordeñas o mayor número de pescadores éste valor aumentaría, lo que a regímenes de ordeñas intensivas (7 y 14 días), implicaría un aumento en la mortalidad por la ordeña.

Este último punto es importante, ya que el tamaño del stock explotable dependerá de la densidad de caracoles (ind/m^2) y de la línea de costa susceptible de ser explotada (en kilómetros), de manera que, como en el caso de la simulación realizada para el estado de Jalisco, se consideró dentro de los escenarios de explotación posibles, un número máximo de 25 pescadores. Esto ya que de acuerdo a los datos de esfuerzo/área que se presentan en el capítulo anterior, cada pescador podría recorrer aproximadamente 1250 m/semana, lo que

implicaría que bajo escenarios de mayor explotación, la probabilidad de que un mismo caracol sea recolectado y ordeñado incidentalmente por dos o más pescadores en un mismo período definido de ordeñas, se incrementaría.

Estrategias de explotación

En la figura 8.2 se presentan a manera de isopletras de rendimiento pesquero los resultados de la simulación. Es notorio que en el caso de Jalisco, los mejores regímenes de explotación se tendrían a partir de los 21 días de frecuencia entre ordeñas y con 20 a 25 pescadores.

Los resultados indican que además de conservar el recurso para preservar el uso tradicional del tinte en la costa de Oaxaca, es viable explotar el tinte de esta especie en otras regiones, bajo criterios análogos a los principios para el manejo de los recursos vivos (Grumbíne, 1994; Olver et al., 1995). En las estrategias de manejo que se proponen, la necesidad de conservar el recurso constituye una restricción explícitamente definida, así como el nivel de equilibrio económico (cuando $\text{Costos}=\text{Beneficios}$); en este sentido los resultados indican que la frecuencia de ordeña en cada localidad debe ser ≥ 21 días para evitar la mortalidad por manipulación de los animales. Por encima de este nivel (identificado con el número 21 en la escala del eje Y de la fig. 8.2 a-d), hay muchas opciones factibles de poner en práctica, las que pueden adoptarse con base en los objetivos del manejo, que bien pueden ser: a) Incrementar la producción de tinte (Fig. 8.2 a); b) "Maximizar" el beneficio económico (Fig. 8.2 b); c) Incrementar el número de madejas teñidas (esta variable depende directamente de la producción de tinte (Fig. 8.2 c); y d) Intensificar la explotación del caracol de tinte, es decir, el número de veces que un caracol es ordeñado durante el período de explotación de cuatro meses (Fig. 8.2 d). Se tomó como referencia para este ejercicio de planificación a unidades de longitud de la costa de 50 km de largo por 2 m de ancho (esta anchura es la amplitud aproximada de la zona de mareas en la región donde habita esta especie), de tal manera que haga posible determinar el potencial de producción y los valores de las otras variables al considerar extensiones de costa

con otras dimensiones. Al observar la Fig. 8.2 (a-d), se pone en evidencia que los máximos que se identifiquen, como la razón B/C o la generación de empleo no son objetivos compatibles entre si en la misma proporción y por lo mismo las estrategias deben definirse *a priori* al planificar cualquier explotación de este recurso en nuevas áreas.

Existen varias restricciones obligadas por la necesidad de hacer sostenible la explotación, una de ellas es la frecuencia de ordeñas, ya que los resultados del experimento realizado indican que debe ser mayor o igual a 21 días, lo cual hace necesaria la rotación de las áreas rocosas donde se extrae; de no ser así, la manipulación de los caracoles les provoca mortalidad, eso reduce su potencial de producción y por lo mismo debe ser evitada. Otras condiciones generales a reunir para que la explotación sea sostenible son: una talla mínima de 30 mm, un cuidadoso manejo de los animales durante la ordeña y un período de explotación que no coincida con la época de reproducción o con la temporada de ciclones. Para Jalisco, este período puede ir desde septiembre hasta diciembre. La talla mínima de explotación (30 mm) está referida en el acuerdo intersecretaríal que regula el aprovechamiento de esta especie (Anónimo, 1988).

Los diagramas elaborados con ayuda de la simulación (Fig. 8.2 a-d), permiten identificar múltiples opciones de manejo. Como variables de control se eligieron en cada caso el número de pescadores (eje X) y en número de días entre ordeñas sucesivas (eje Y). La Fig. 8.2a indica que en 50 km de costa se pueden obtener hasta cerca de 300 litros de tinte, extraída por una cantidad comprendida entre 8 y 30 pescadores-teñidores. Al examinar la relación beneficio/costo, debido a los costos tan bajos de las operaciones, a partir de 21 días entre ordeñas, la actividad puede ser rentable cuando el número de pescadores oscila entre los límites del experimento numérico, es decir, entre 1 y 30, según se requiera; evidentemente es mas rentable mientras el número de pescadores sea mas bajo, pues llega a ser de $B/C = 2$ con uno o dos pescadores; el valor de esta razón se encuentra entre 1.5 y 2 con 2 a 17 pescadores y se encuentra entre 1 y 1.5 con 18

a 30 pescadores (Fig. 8.2 b). Si los objetivos del manejo son producir mayor cantidad de tinte o de madejas teñidas (Fig. 8.2 a y c), evidentemente la razón B/C debe reducirse al mínimo dentro de límites rentables ($1 < B/C < 1.5$) y por ejemplo producir >200 litros para teñir >200 madejas. Lo que implica explotar en una misma área, de 3 a 6 caracoles repetidamente (Fig. 8.2 d); en este último caso, un caracol de tinte no debe explotarse mas de 6 veces durante la temporada y con una frecuencia no mayor de 21 días para que la producción del tinte supere los 200 litros sin que la población de caracoles sufra mortalidad por la manipulación.

Si se contempla la posibilidad de abrir zonas de la costa donde no se explota este recurso, habría que considerar con cuidado que el valor agregado a las madejas con la tinción por el tinte del caracol púrpura sea mayor que como se plantea en este análisis. De ser así, la estrategia de explotación mas adecuada podría orientarse probablemente hacia este objetivo, lo que daría oportunidad de participar a un mayor número de pescadores.

En estas condiciones y de acuerdo con las variables evaluadas y discutidas previamente, la obtención de tinte se encuentra entre 200 y 300 litros por cada 50 km de línea de costa sometida a explotación. Para que la extracción sea rentable, se puede explotar por una cantidad comprendida entre 8 y 30 teñidores. Por el valor del litro de tinte, entre esos cuatro valores considerados como límites, el ingreso por pescador durante la temporada de explotación oscila entre \$5,000.00 si 30 teñidores extraen 200 litros, o \$7,500.0 si esta cantidad de teñidores extrae 300 litros. Si se reduce a 8 el número de teñidores, su ingreso *per capita* sería de \$18,750.00 con 200 litros y de \$28,125.00 si el volumen de explotado es de 300 litros. Se pueden identificar muchas combinaciones con valores intermedios dentro de estos límites.

Análisis de Sensibilidad

Finalmente, en la figura 8.3 se muestra el análisis de sensibilidad para cada uno de los parámetros de entrada del modelo de simulación. La ordenada al

origen indica el porcentaje de variación de cada parámetro con respecto al volumen de tinte promedio. En el eje de las abscisas se considera la variación hacia arriba y abajo de cada una de las variables con respecto al valor inicial de la simulación. Así por ejemplo, en la primera figura se observa que para un valor inicial de $K=0.27$ para la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en hembras, corresponde una variación del 0%. Por arriba o abajo de este valor de K , se observa cierto porcentaje de variación.

En general, lo que se busca con el análisis de sensibilidad es detectar variables del modelo que al variar con respecto al valor inicial, provoquen una modificación importante en el resultado de la simulación. Como se observa en la figura 8.3 y si bien se observan diferentes tendencias en las curvas obtenidas, en todos los casos existe correspondencia en las tendencias observadas entre hembras y machos, además de que en general se observa una relación proporcional entre el valor de la variable y su porcentaje de variación. Solo para el parámetro b de la relación existente entre la longitud del caracol y el volumen de tinte, se observa una tendencia no lineal y un mayor porcentaje de variación, al aumentar el valor del exponente de la relación longitud-volumen. Para fines de pronóstico, deberá de buscarse alimentar el modelo con una estimación lo más precisa posible de esta variable.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en éste capítulo, conjuntamente con los otros que conforman este estudio y que están encaminados al determinar la viabilidad del establecimiento de una actividad pesquera en función del tinte obtenido del caracol indican, que por los niveles poblacionales, los rendimientos estimados de tinte y las características del caracol, es posible el establecer una actividad pesquera en torno a este recurso.

origen indica el porcentaje de variación de cada parámetro con respecto al volumen de tinte promedio. En el eje de las abscisas se considera la variación hacia arriba y abajo de cada una de las variables con respecto al valor inicial de la simulación. Así por ejemplo, en la primera figura se observa que para un valor inicial de $K=0.27$ para la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy en hembras, corresponde una variación del 0%. Por arriba o abajo de este valor de K , se observa cierto porcentaje de variación.

En general, lo que se busca con el análisis de sensibilidad es detectar variables del modelo que al variar con respecto al valor inicial, provoquen una modificación importante en el resultado de la simulación. Como se observa en la figura 8.3 y si bien se observan diferentes tendencias en las curvas obtenidas, en todos los casos existe correspondencia en las tendencias observadas entre hembras y machos, además de que en general se observa una relación proporcional entre el valor de la variable y su porcentaje de variación. Solo para el parámetro b de la relación existente entre la longitud del caracol y el volumen de tinte, se observa una tendencia no lineal y un mayor porcentaje de variación, al aumentar el valor del exponente de la relación longitud-volumen. Para fines de pronóstico, deberá de buscarse alimentar el modelo con una estimación lo más precisa posible de esta variable.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en éste capítulo, conjuntamente con los otros que conforman este estudio y que están encaminados al determinar la viabilidad del establecimiento de una actividad pesquera en función del tinte obtenido del caracol indican, que por los niveles poblacionales, los rendimientos estimados de tinte y las características del caracol, es posible el establecer una actividad pesquera en torno a este recurso.

Sin embargo, es necesario considerar que los resultados de modelo de simulación fueron calculados considerando 50 km lineales de litoral rocoso y con los valores de densidad relativa, crecimiento y proporción sexual estimados en este trabajo para la costa de Jalisco. Por esta razón, las estimaciones puntuales de rendimientos aquí presentadas, aunque ofrecen una panorámica general de la actividad, son válidas únicamente para este estado.

En futuros estudios, e incorporando los parámetros poblacionales, podrán calcularse los rendimientos de manera particular para los demás estados del litoral mexicano, a través del modelo de simulación desarrollado. Para fines de este trabajo y de acuerdo a los objetivos planteados, a partir del desarrollo de éste modelo de simulación fue posible determinar la viabilidad de una actividad pesquera en torno al tinte de este caracol, aún cuando no se presente la estimación de los rendimientos para toda la costa del Pacífico.

En general se considera que manejar estimaciones sobre 50 km de costa rocosa puede ser un adecuado indicador, sin embargo, para áreas de tamaño diferente de costa rocosa, el modelo contempla entre los parámetros de entrada modificar libremente este valor. A través de los actuales sistemas de información geográfica, será posible obtener una adecuada estimación de las zonas de costa rocosa y su extensión, susceptibles de ser aprovechadas en cada estado del litoral mexicano.

El modelo de simulación aquí propuesto, se considera como una herramienta útil para realizar estimaciones de los rendimientos y estrategias de explotación en áreas susceptibles. Sin embargo, sería muy conveniente el llevar a cabo la explotación de este recurso, partiendo de áreas experimentales bien delimitadas en las que se obtengan datos de rendimientos y sobre la dinámica poblacional del caracol, con los cuales se calibren nuevamente los resultados y se obtenga una adecuada valoración del efecto de la explotación sobre la población del caracol.

El hecho de que actualmente la explotación de esta especie se encuentra reservada a los grupos indígenas y por lo tanto no existe presión social de otros grupos por hacer uso de este recurso, es un elemento a favor que permitirá continuar los estudios sobre esta especie.

Al considerar la información obtenida por el modelo, como la base a partir de la cual se genere la toma de decisiones y se defina en consecuencia la estrategia de manejo de la especie, es interesante hacer algunos planteamientos respecto a la forma de utilización del recurso.

Un primer escenario de utilización que podría considerarse, sería el otorgar permisos de colecta a cooperativas pesqueras establecidas en las zonas costeras aledañas a las áreas de explotación. Esto implicaría el otorgar permisos de pesca de fomento, en donde los mismos cooperativistas se encargaran de generar la información pesquera requerida para evaluar el impacto de la actividad en las poblaciones y además, actuaran como vigilantes del recurso para evitar que alguna otra persona o grupo lleve a cabo ordeñas clandestinas, con el consecuente impacto que esto podría acarrear sobre la población de caracoles.

Podría buscarse el otorgar las facilidades para esta actividad a cooperativas con un adecuado nivel de organización y cuyos ingresos se hayan visto disminuidos, por modificaciones en el estatus legal de las especies que habitualmente comercializan o cuyas abundancias se hayan visto disminuidas.

Como requisito indispensable sería deseable delimitar una área de explotación y en donde a su vez se definan zonas rocosas reservadas a cada miembro de la cooperativa, con la finalidad de evitar que los caracoles sean ordeñados más de una vez entre cada período definido de ordeñas. Esto implicaría en consecuencia que dependiendo del área total de costa rocosa susceptible de ser explotada, se limitaría el número de personas que podrían

participar en la extracción del tinte y en la **asignación** de derechos.

Un esquema similar de explotación ha sido aplicado con éxito para la pesquería del gasterópodo llamado Loco (*Concholepas concholepas*) en la costa Chilena, en donde se da la creación de las llamadas “Áreas de manejo y explotación”, con las cuales los pescadores se involucran en actividades de explotación y vigilancia. A partir de estas unidades, es posible probar diferentes regímenes de explotación, ya que cada área se considera como una réplica. Este esquema de co-manejo ha permitido evitar la sobreexplotación de este recurso bentónico en los últimos años (Castilla y Fernández, 1998).

La comercialización del tinte podría darse a partir de la tinción *in situ* de madejas de hilo o bien a partir de la recolecta del tinte en recipientes y su posterior mantenimiento en refrigeración o liofilización. Esta última opción implicaría el contar con la infraestructura mínima necesaria para lograr con éxito esta etapa del proceso. El producto obtenido (tinte o hilos teñidos), podría enfocarse a satisfacer mercados internacionales o bien a la creación de una empresa nacional especializada en la confección y comercialización de productos teñidos con colorantes naturales que se producen en el país: color púrpura, grana cochinilla y añil.

Por otro lado, un esquema alternativo implicaría que los teñidores mixtecos que actualmente utilizan y detentan la explotación del caracol, usen nuevas áreas en la costa del Pacífico, con la coparticipación de grupos de pescadores cooperativistas de las regiones susceptibles de ser explotadas. De esta manera, los cooperativistas podrían teñir madejas de algodón, las cuales posteriormente serían utilizadas por las tejedoras mixtecas para la confección de prendas de vestir artesanales. Un esquema de comercialización de las confecciones a través de organismos de desarrollo social podría complementar esta opción de explotación del recurso.

Como consideración final de este trabajo, los resultados indican que es posible establecer una actividad pesquera rentable en torno al tinte del caracol púrpura, siempre y cuando se efectúe definiendo una adecuada estrategia de manejo de la pesquería y se lleve a cabo considerando un mínimo de requisitos, tales como el respetar un período entre cada ordeña de al menos 21 días, un número limitado de pescadores de acuerdo al tamaño del stock explotable y siguiendo los cuidados ya mencionados durante la recolecta y ordeña de los caracoles. Esto puede dar lugar a la utilización de un importante y valioso recurso ancestral, como lo es el colorante púrpura, dentro de un contexto en el que se respete la riqueza y el legado cultural de la tradición del teñido con colorantes naturales que se ha desarrollado en la costa del Pacífico mexicano.

Tabla 8.1 Parámetros de entrada del modelo de simulación y valores utilizados para las estimaciones del rendimiento de tinte en la costa de Jalisco.

Parámetro	Hembras	Machos
Crecimiento		
Constante K (anual)	0.27	0.21
L_{∞} (mm)	110	102
t_0 (años)	-0.04	-0.04
Proporción sexual	1.0	1.13
Relación talla- volumen de tinte		
a	1.0E-4	5.0E-4
b	2.43	2.06
Extensión de línea de costa (km)	50	
Densidad media (caracoles/m ²)	1.1	
Valor del litro de tinte (US dólar)	75	
Gastos por litro de tinte (US dólar)	25	

Tabla 8.2 Parámetros de control y valores de salida del modelo de simulación del rendimiento del tinte para la costa de Jalisco.

PARÁMETROS DE CONTROL DEL MODELO

Número de Pescadores	1
Frecuencia de ordeñas (días)	21
Número de ordeñas sucesivas	1

VALORES DE SALIDA

- Volumen total de tinte (litros)	10.5
- Población total (miles de caracoles)	112.7
- Stock explotable (miles de caracoles > 30 mm de talla)	88.2
- Relación Beneficio/costo	2.0
- Número de madejas teñidas	9

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

Tabla 8.3 Valores estimados por el modelo de simulación del volumen total de tinte (litros) en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación.

NÚMERO DE PESCADORES	FRECUENCIA DE ORDEÑAS			
	7	14	21	28
1	38.2	33.7	40.4	30.8
5	113.7	124.8	160.8	129.5
10	127.5	175.5	244.7	210.0
15	112.7	190.1	283.4	257.7
20	91.15	187.0	295.9	283.4
25	70.28	175.5	293.4	294.5
30	52.76	160.3	282.6	296

Tabla 8.4 Valores estimados por el modelo de simulación del número total de madejas en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación.

NÚMERO DE PESCADORES	FRECUENCIA DE ORDEÑAS			
	7	14	21	28
1	32	28	34	26
5	96	105	134	108
10	109	148	205	176
15	97	161	238	216
20	80	159	249	238
25	64	149	247	248
30	50	137	239	249

Tabla 8.5 Valores estimados por el modelo de simulación de la relación beneficio/costo para la extracción del tinte en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación.

NÚMERO DE PESCADORES	FRECUENCIA DE ORDEÑAS			
	7	14	21	28
1	1.25	1.64	2.01	2.02
5	0.91	1.43	1.87	1.91
10	0.6	1.19	1.7	1.78
15	0.39	0.98	1.52	1.65
20	0.26	0.79	1.35	1.52
25	0.17	0.64	1.19	1.39
30	0.11	0.52	1.05	-1.27

Tabla 8.6 Valores estimados por el modelo de simulación para la intensidad de pesca (número de veces que cada caracol es ordeñado en el período), de la extracción del tinte en función de la frecuencia de ordeña y el número de pescadores, durante un período de tres meses de explotación.

NÚMERO DE PESCADORES	FRECUENCIA DE ORDEÑAS			
	- 7	14	21	28
1	0.48	0.24	0.16	0.12
5	2.44	1.22	0.81	0.61
10	4.89	2.44	1.63	1.22
15	7.34	3.67	2.44	1.83
20	9.79	4.89	3.26	2.44
25	12.24	6.12	4.08	3.06
30	14.68	7.34	4.89	3.67

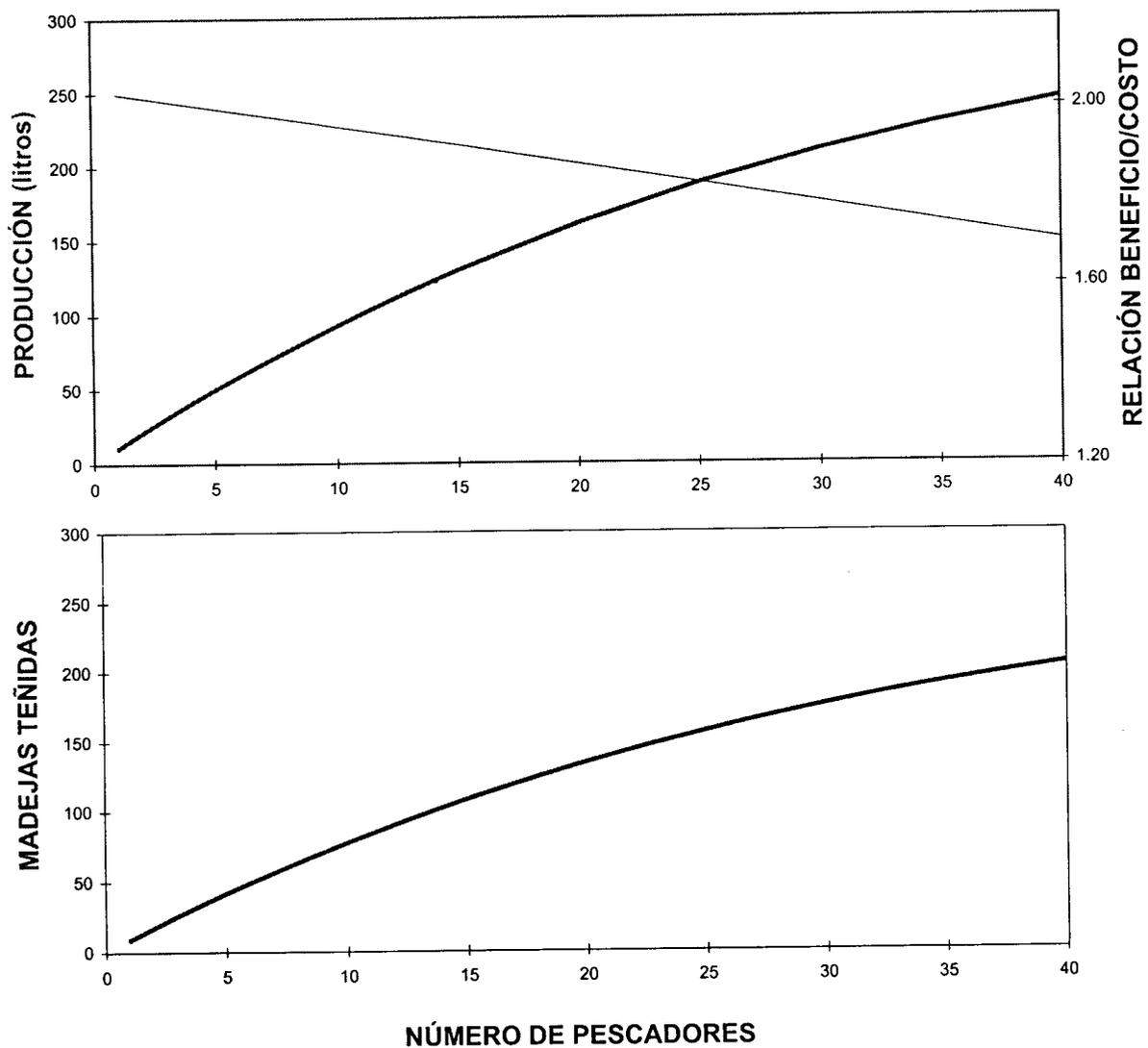


Figura 8.1 Estimaciones del modelo de simulación de la producción de tinte (litros), la relación beneficio/costo y el número de madejas teñidas en función del número de pescadores, en una ordeña.

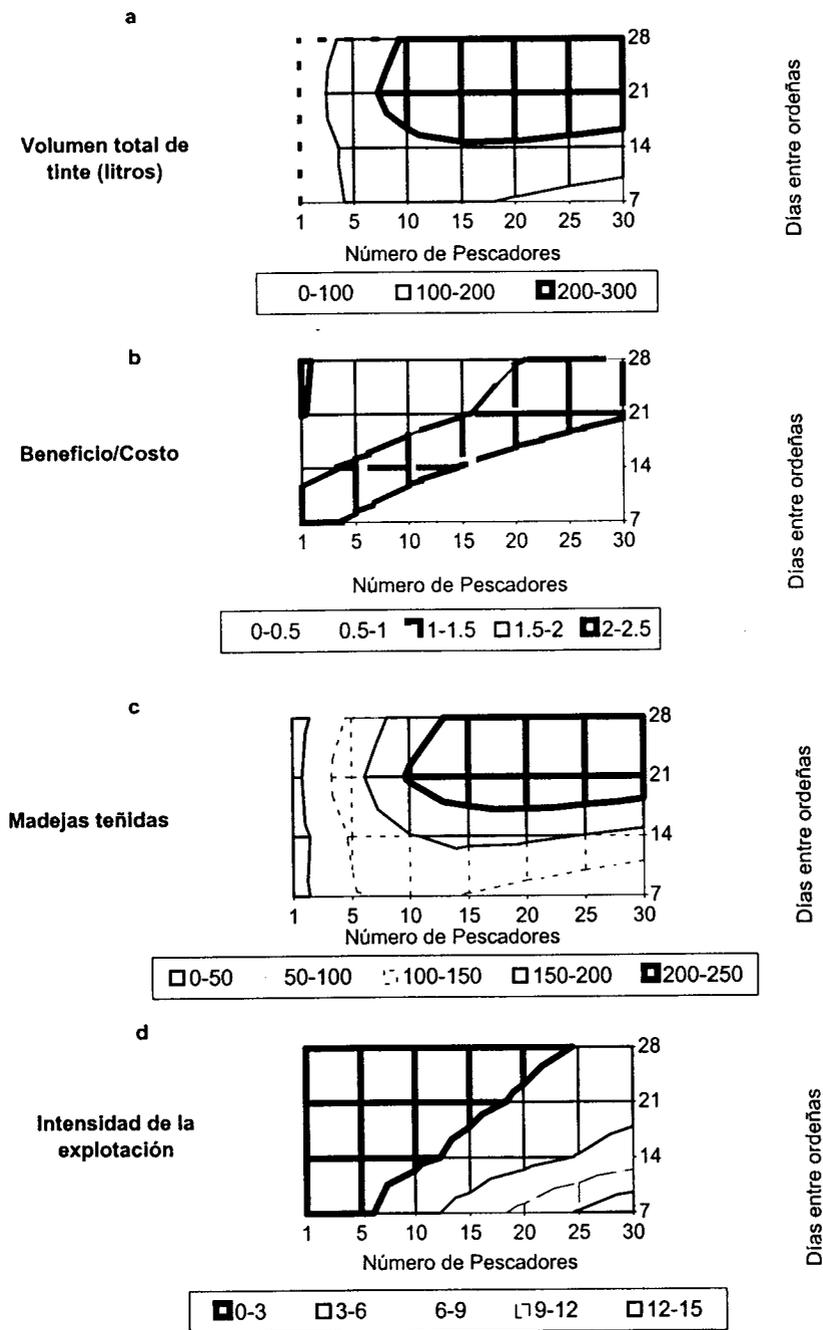


Figura 8.2 Isopletas de rendimiento pesquero calculadas por el modelo de simulación para la pesquería del caracol en Jalisco.

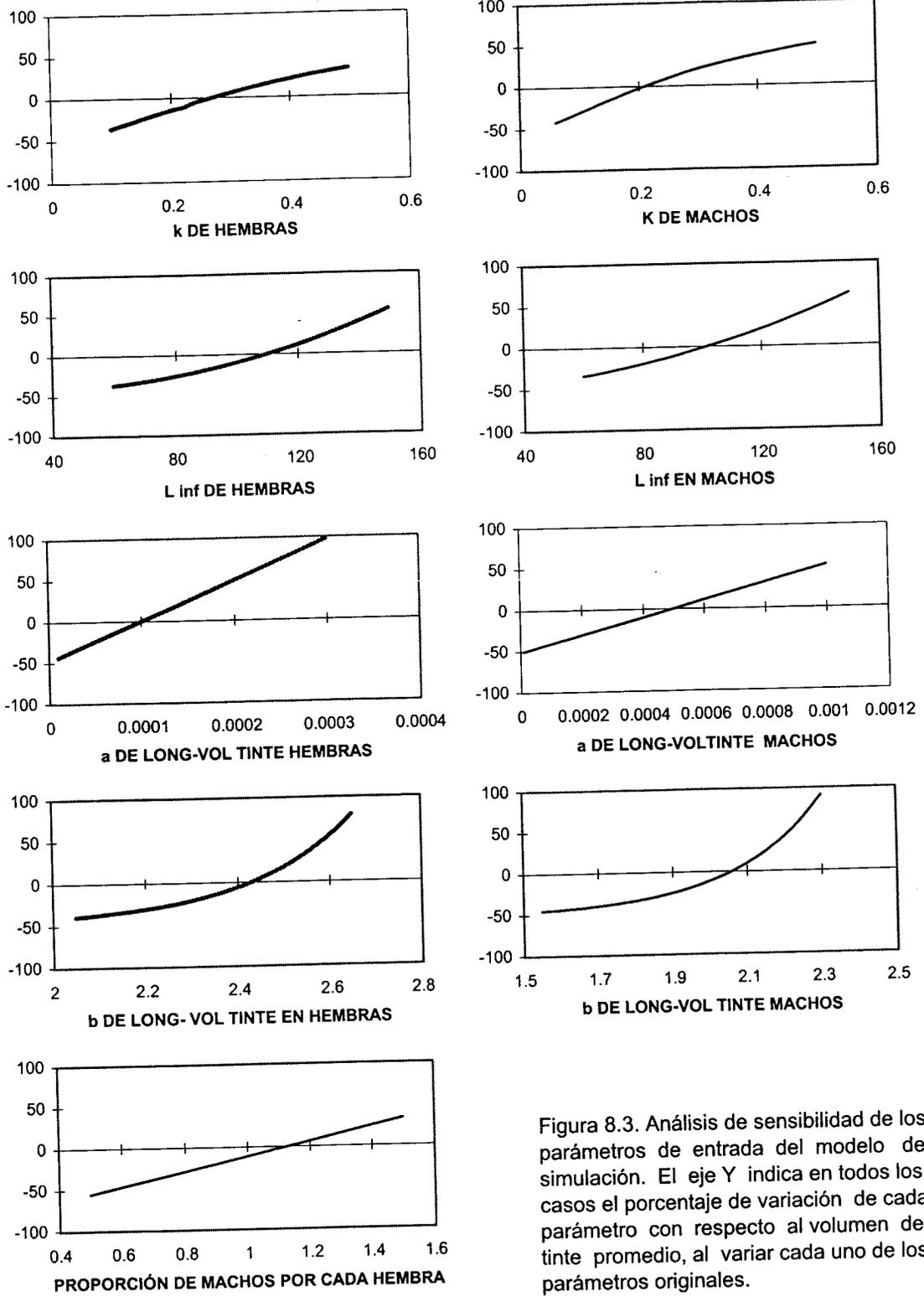


Figura 8.3. Análisis de sensibilidad de los parámetros de entrada del modelo de simulación. El eje Y indica en todos los casos el porcentaje de variación de cada parámetro con respecto al volumen de tinte promedio, al variar cada uno de los parámetros originales.

9. CONCLUSIONES

- El caracol del tinte *Plicopurpura pansa* es una especie bien representada en la zona intermareal rocosa del litoral del Pacífico mexicano.
- Presenta un crecimiento diferencial entre sexos, con un valor de $K = 0.27$, $L_{\infty} = 110$ mm para las hembras y una $K = 0.21$, $L_{\infty} = 102$ mm para los machos.
- La época de reproducción se presenta entre enero y mayo y el reclutamiento a la zona intermareal se dá en los meses de septiembre a marzo, con una longitud media de los reclutas de 15 mm en la costa de Jalisco. La proporción sexual observada muestra una ligera tendencia al predominio de las hembras.
- Se observa una relación potencial entre la talla y el volumen de tinte producido, observándose en las hembras los mayores volúmenes.
- En condiciones de laboratorio, el tiempo óptimo entre ordeñas, en función de la mortalidad inducida y el rendimiento del tinte, se presenta a partir de los 21 días.
- Los rendimientos muestran que un pescador puede obtener cerca de 10 litros de tinte al mes, lo que equivale a teñir nueve madejas de algodón.
- Los resultados del modelo de simulación sugieren la factibilidad y rentabilidad de la explotación del tinte de esta especie.
- Dentro de las estrategias de manejo para la especie se debe considerar un número limitado de teñidores, una talla mínima de ordeña de 30 mm, un tiempo mínimo entre ordeñas de 21 días, la rotación de áreas rocosas y un cuidadoso manejo de los organismos durante la ordeña.

10. RECOMENDACIONES

Si bien los objetivos planteados en el presente trabajo se han cubierto satisfactoriamente, es importante hacer una serie de recomendaciones generadas de este estudio.

Es conveniente analizar el tinte desde el punto de vista de la ecofisiología del caracol y del efecto de la extracción sostenida de éste producto sobre su calidad.

Es deseable analizar el efecto de la explotación sobre otras etapas del ciclo de vida, en particular sobre la reproducción y el reclutamiento larvario.

Una evaluación de la factibilidad del cultivo de esta especie, con fines comerciales o de repoblamiento de áreas, podría ser una estrategia adecuada para mitigar el impacto de la explotación comercial de las poblaciones silvestres.

Para lograr el aprovechamiento sostenible de éste recurso, al planificar la explotación comercial del caracol de tinte de otras áreas del Pacífico mexicano, es deseable utilizar extensiones de costa de 50 km de largo y utilizar como referencia las evaluaciones realizadas en este trabajo.

Al definir esquemas de explotación y comercialización del tinte, los beneficios que se obtengan deberían apoyar con prioridad a sectores sociales de la costa del Pacífico mexicano.

11. LITERATURA CITADA

- Acevedo, J. 1995. **Aprovechamiento del tinte de *Purpura pansa* en el Pacífico Mexicano**. Informe. CRIP -Patzcuaro, INP. Semarnap. México. 22 p.
- Acevedo, J. & C. Hernández. 1988. **Aspectos poblacionales y etnobiológicos del caracol *Purpura pansa* Gould, 1853 en la costa de Oaxaca**. Tesis Profesional. Lic en Biología. Fac. De Ciencias. UNAM. 146 p.
- Acevedo, J., M. Escalante & C. López. 1990. Aspectos poblacionales del caracol del tinte *Purpura pansa* Gould, 1853, en las costas de Nayarit. **Inter UAS** 1(1): 18 -22.
- Acevedo, J., M. Escalante, M.C. Valdez-Pineda & C. Osuna-Paredes. 1992. Evaluación de la población de *Purpura pansa* en las costas de Sinaloa. **Memorias de Resúmenes**. V Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología. UMSNH, Morelia, Mich., México.
- Álvarez, A. 1989. **Relaciones ecológicas y algunos aspectos poblacionales del caracol *Purpura pansa* Gould, 1853 en la costa del estado de Michoacán, México**. Tesis Profesional. Lic. en Biología. Univ. Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 126 p.
- Anónimo. 1988. **Acuerdo Intersecretarial, entre las Secretarías de Pesca, Educación Pública, y Desarrollo Urbano y Ecología, con el que se regula el desarrollo, conservación y aprovechamiento del caracol *Purpura pansa*, beneficiando a los núcleos de población que tradicionalmente lo han explotado**. México, D.F. 13 de Marzo de 1988.
- Anónimo. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna 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**. Lunes 16 de Mayo de 1994.
- Aviles, A., M. Muciño & I. Peña. 1990. Sinopsis de la biología del caracol púrpura del Pacífico. **Instituto Nacional de la Pesca. Serie: Documentos de trabajo año II**. No. 24. 10 p.
- Baker, J.T. 1974. Tyrian purple: an ancient dye, a modern problem. **Endeavour** 13: 11-17.
- Baranyovits, F.L.C. 1978. Cochineal carmine: an ancient dye with a modern role. **Endeavour** 2(2): 85-92.

- Bartness, D., S.C. Garrity & S. Livings. 1981. Predation pressure and gastropod foraging: a tropical temperate comparison. **Evolution** 35: 995 -1107.
- Castilla, J. C. & M. Fernández. 1998. Small-scale benthic fisheries in Chile : on co-management and sustainable use of benthic invertebrates. **Ecological Applications** 8 (1): S124-S132.
- Castillo-Rodríguez, Z.G. 1992. Combinatio nova de *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Prosobranchia, Muricoidea). **An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.** 19(1): 1-12.
- Castillo-Rodríguez, Z. G., 1995. A study of the feeding mechanism of the *Plicopurpura pansa* Gould, 1853 (Gastropoda: Muricidae) from the Central Pacific Coast of Mexico. *In*: Guerra, A., E. Rolán, & F. Rocha, (eds). **12th International Malacological Congress.**, Vigo-Spain. Abstract.
- Castillo-Rodríguez, Z. G. & A. García-Cubas. 1987. Morfología y anatomía del caracol morado *Purpura* spp. En las costas de México. **Memorias. Sociedad Mexicana de Malacología** 3: 311-321.
- Castillo-Rodríguez, Z. G. & F. Amezcua-Linares. 1992. Biología y aprovechamiento del caracol morado *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853) (Gastropoda: Neogastropoda) en la costa de Oaxaca, México. **An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México** 19(2): 223 -234.
- Cruz-Romero, M., E. A. Chávez, E. Espino & A. García, 1996. Stock assessment of a snapper complex (*Lutjanus* spp.) of the eastern tropical Pacific. *In*: Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. **ICLARM Conf. Proc.** No. 48: 330-336.
- Chávez, E. A., 1994. Simulación de la pesquería de sierra (*Scomberomorus maculatus*) del Golfo de México. **Revista de Investigaciones Marinas**, 15(3): 209-217.
- Chávez, E. A., 1995. La mortalidad natural y su relación con la tasa de crecimiento y la longevidad. **Jaina**, 6(2): 3.
- Chávez, E. A., 1996. Simulating fisheries for the assessment of optimum harvesting strategies. **NAGA, The ICLARM Quaterly**. Abril: 33 -35.
- Chávez, E. A., 1998. Estrategias óptimas de explotación del pulpo de la Sonda de Campeche, México. **Hidrobiológica** 8(2): 97-105.
- Chávez, E.A. & F. Arreguín-Sánchez. 1994. Simulation modelling for conch fishery management. pp 125-136. *In*: Appeldoorn & B. Rodríguez (eds). **Queen conch biology, fisheries and mariculture**. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela.

- Chávez, E. A. & F. Arreguín-Sánchez. 1995. Optimizing yields of the King mackerel (*Scomberomorus cavalla*) fishery in the western and southern Gulf of México. **Scientia Marina**. 59(3-4): 629 -636.
- Die, D.J. & R. E. Watson. 1992. A per-recruit simulation model for evaluating spatial closures in an Australian penaeid fishery. **Aquatic Living Resources**. 5: 143- 153.
- Enciso, E. C., M. Valdez & M.A. Escalante. 1995. Evaluación de la población del caracol del tinte *Purpura pansa* (Gould, 1853) en Mazatlán, Sinaloa, México. **XIII Congreso Nacional de Zoología. UMSNH. Morelia, Mich. México**.
- Fonseca M., J. 1998. **Algunos aspectos de dinámica poblacional del caracol púrpura *Plicopurpura patula pansa* (Gould, 1853) en una playa rocosa de Yelapa, Bahía de Banderas, Jalisco (febrero a julio de 1997)**. Tesis Profesional. Lic. en Biología. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Univ. de Guadalajara. 43 p.
- Gayanilo, F.C. Jr, P. Sparre & D. Pauly. 1995. **The FAO- ICLARM Stock assessment tools (FISAT)**. FAO computerized information series (Fisheries). No 8, Rome, FAO.
- Ghiretti, F. 1996. Bartolomeo Bizio and the redesccovery of Tyrian Purple. **Experientia** 50: 802-807.
- González, G.L. 1996. **Tiempo de recuperación del tinte del caracol *Plicopurpura patula pansa* (Gould, 1853) bajo condiciones de cautiverio**. Tesis Profesional. Lic. en Biología. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Univ. de Guadalajara. 52 p.
- Grant, W. E. 1986. **System analysis and simulation in wildlife and fisheries sciences**. John Willey & Sons, Inc. 338 p.
- Grumbine, R. E. 1994. What is ecosystem management? **Conservation Biology**, 8(1): 27-38.
- Holguín, O. 1993. Distribución, abundancia y composición peso- talla de *Purpura pansa* (Mollusca - Gastropoda) en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. **Zoología Informa**. 25: 24-33.
- Holguín, Q. O. 1994. Comunidades marinas bentónicas. 225-245 p. In : A. Ortega R, y A. Castellanos V. (Eds). **La Isla Socorro, Reserva de la Biósfera, Archipiélago de Revillagigedo, México**. Publ. No. 8. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 359 p.

- Keen, M. 1971. **Sea shells of Tropical West America**. Stanford University Press. Stanford. 1064 p.
- Kool, S.P. 1988. Aspects of the anatomy of *Plicopurpura patula* (Prosobranchia: Muricoidea: Thaidinae), new combination with emphasis on the reproductive system. **Malacologia** 29(2): 373 -382.
- Kool, S.P. 1993. Phylogenetic analysis of the Rapaninae (Neogastropoda : Muricidae). **Malacologia** 35(2): 155 -259.
- Koren, Z., 1995. High-Performance liquid chromatographic analysis of an ancient Tyrian purple dyeing vat from Israel. **Israel Journal of Chemistry** 35: 117-124.
- León-Álvarez, H. 1989. **Estructura poblacional, producción y tiempo de recuperación del tinte de *Purpura pansa* Gould, 1853 (Gastropoda: thaididae) en algunas playas rocosas de la Bahía de Cuastecomate, San Patricio Melaque, Jalisco, México**. Tesis Profesional, Lic. en Biología. Fac. de Ciencias. Univ. de Guad. 107 p.
- León-Álvarez, H., E. Ríos-Jara., L. Lizarraga-Chavez & E. Lopez-Uriarte. 1990. Algunos aspectos sobre la estructura poblacional del caracol morado *Purpura pansa* en facie rocosa de la bahía de Cuastecomate, Jalisco, México. **Memorias de Resúmenes**. IV Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología. UABCS. La Paz, BCS. México.
- López, H. E. 1993. Obtención de colorante carmín a partir de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). **Universidad y Ciencia** 10(20): 81-88.
- Llinas G. J., D. Lluch-Cota, A. Castellanos y A. Ortega-Rubio. 1993. La Isla Socorro, Revillagigedo, México. 520-534 p. In : **Biodiversidad Marina y Costera de México**. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO. México. 865 p
- Martin, P., P. Sánchez & M. Ramón. 1995. Population structure and exploitation of *Bolinus brandaris* (Mollusca : Gastropoda) off the Catalan coast (northwestern Mediterranean). **Fisheries Research** 23: 319-331.
- Mastache, G. 1996. El tejido en el México Antiguo. **Arqueología Mexicana** 12: 17-25.
- Memije, S. 1994. **Prueba de alimentación y dietas en cautiverio a temperaturas controladas del caracol *Purpura pansa* Gould (1853)**. Tesis Profesional. Lic. en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. 81 p.
- Michel-Morfín, J. E., S. Reyes, V. Landa, E. Ríos-Jara & J. Rojo. 1992. Evaluación poblacional del caracol del tinte en las costas de Jalisco. **Memorias de**

Resúmenes. IX Simposium Internacional de Biología Marina. UABCS, SIO. La Paz, BCS. México.

- Michel-Morfin, J.E., Reyes-Aguilera, S., Landa J.V. & E. Ríos-Jara. En prensa. Aspectos relativos al rendimiento y foto-oxidación del tinte del caracol púrpura *Plicopurpura pansa* (Gould, 1853). **Oceanología**.
- Miller, D.R. 1974. Sensitivity analysis and validation of simulation models. **J. Theoretical Biology**. 48: 345-360.
- Montiel, E. 1993. **Pruebas de alimentación y dietas en el caracol del tinte *Purpura pansa* (Gould, 1853)**. Tesis Profesional. Lic. en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. 73 p.
- Olver, C. H. B. J. Shuter & C. K. Minns. 1995. Toward a definition of conservation principles for fisheries management. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, 52: 1584-1594
- Pauly, D. & F. Arreguín-Sánchez. 1995. Improving Shepherd's length composition analysis (SLCA) method for growth parameter estimation. **Naga ICLARM** 18(4): 31-33.
- Prince, J.D. 1992. Using a spatial model to explore the dynamics of an exploited stock of the Abalone *Haliotis rubra*. In: Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzman del Proo, eds. **Abalone of the World. Biology, Fisheries and culture**. Proceedings of the 1st. International Symposium of Abalone. Fishing News Books, Oxford. 608 p.
- Rentería, V. J. 1996. **Prueba de 6 diferentes dietas en el caracol morado *Purpura pansa* (Gould, 1853) en cautiverio**. Tesis Profesional. Lic. en Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. 40 p.
- Reyes-Aguilera, S. 1993. **Estimación poblacional, producción, foto-oxidación y rendimiento del tinte del caracol *Purpura pansa* (Gould, 1853) de la zona sur del litoral rocoso de Jalisco**. Tesis Profesional, Lic. en Biología. Fac. de Ciencias Biológicas. Univ. de Guad. 115 p.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Fisheries Research Board of Canada**, Bulletin 191.
- Rieff, A. P. 1996. Atuendos del México antiguo. **Arqueología Mexicana** 12: 6 -16.
- Ríos-Jara, E., E. Michel-Morfin., H. León & M. Perez. 1990. Determinación de la producción y tiempo de regeneración del tinte del caracol morado *Purpura pansa* (Gould, 1853) de la Costa de Jalisco. **Memorias de Resúmenes**. IV Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología. UABCS. La Paz, BCS. México.

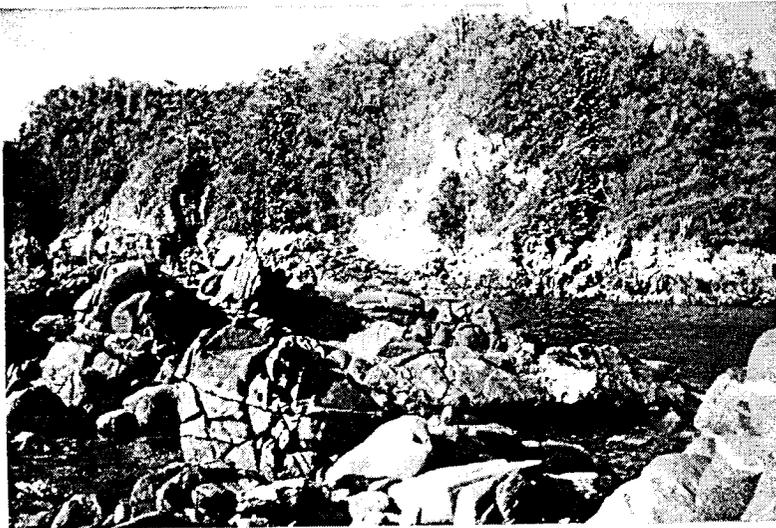
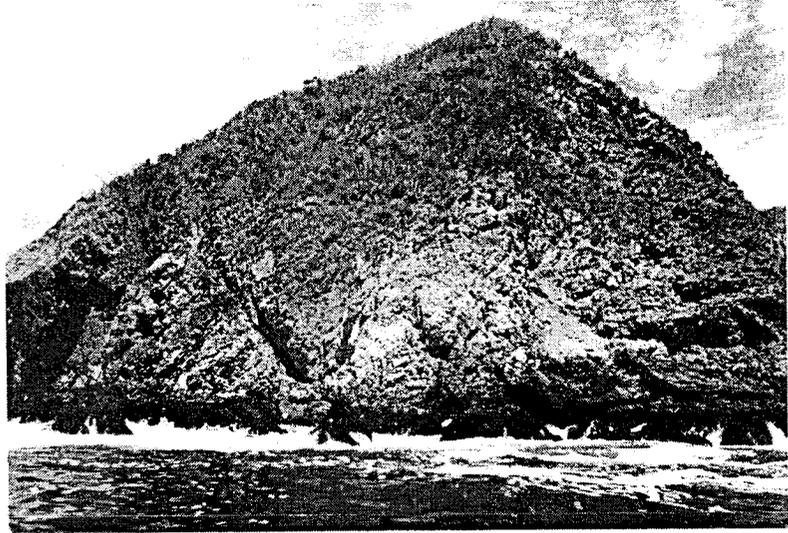
- Ríos-Jara, E., H. León, L. Lizárraga-Chávez y E. Michel-Morfin. 1994. Producción y tiempo de recuperación del tinte de *Plicopurpura patula pansa* (Neogastropoda: Muricidae) en Jalisco, México. **Revista Biología Tropical**. 42(3): 537-545.
- Skoglund, C. 1992. Additions to the Panamic Province gastropod (Mollusca) literature 1971 to 1992. **The Festivus**. Vol. XXIV (Suppl.). 169 p.
- Sparre, P. & S. C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper**, No. 306, Rev. 2. Rome, FAO. 94 p.
- Troyo-Diéguéz E. y S. Pedrín. 1994. Aspectos hidro-fisiográficos y geológicos. In: A. Ortega R, y A. Castellanos V. 43-53 p. (Eds). **La isla Socorro, Reserva de la Biosfera, Archipiélago de Revillagigedo, México**. Publ. No. 8. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 359 p.
- Turok, M. 1996. Xihuahquilitl, nocheztli y Tixinda. Tintes del México antiguo. **Arqueología Mexicana** 12: 26 -33.
- Turok , M., A. M. Sigler, E. Hernández, J. Acevedo, R. Lara & V. Turcott. 1988. **El caracol *Purpura* una tradición milenaria en Oaxaca**. Dirección General de Culturas Populares, SEP. México. 166 p.
- Wellington, C.M. & A.M. Kuris. 1983. Growth and shell variation in the tropical Eastern Pacific intertidal gastropods genus *Purpura*. **Ecological Biological Bulletin** 164 (3): 518-535.
- Yañez-Rivera, J.L. 1989. **Estudio ecológico de las comunidades de Gastrópodos macroscópicos de algunas playas rocosas de la costa de Jalisco, México**. Tesis Profesional, Lic. en Biología. Fac. de Ciencias. Univ. de Guad. 90 p.
- Zar, J. H., 1996. **Biostatistical Analysis**. 3a Edition. Prentice Hall, New Jersey. 662 p.

12. ANEXO FOTOGRÁFICO



El caracol del tinte *Plicopurpura pansa*

Vista panorámica de la zona intermareal rocosa, donde habita el caracol.



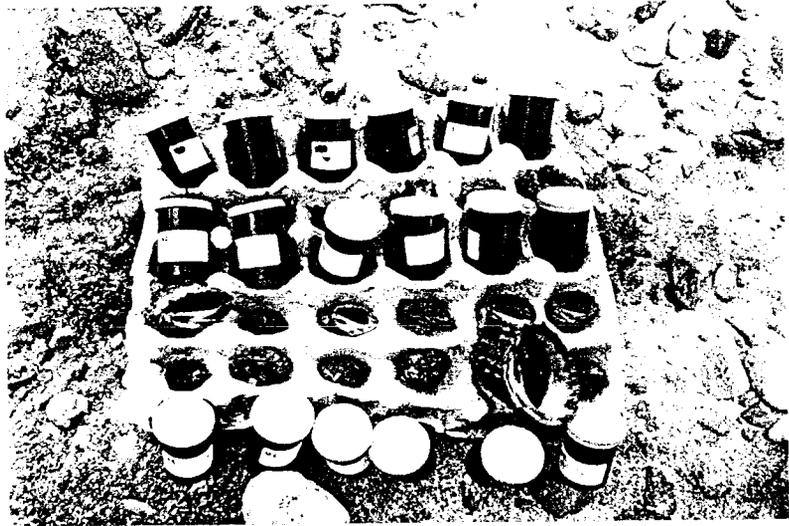
Recolección de tinte del caracol en una playa rocosa

Agregación de caracoles sobre una roca





Ordeña de caracoles sobre madejas de algodón



Cuantificación del volumen individual de tinte



Determinación del sexo de los caracoles



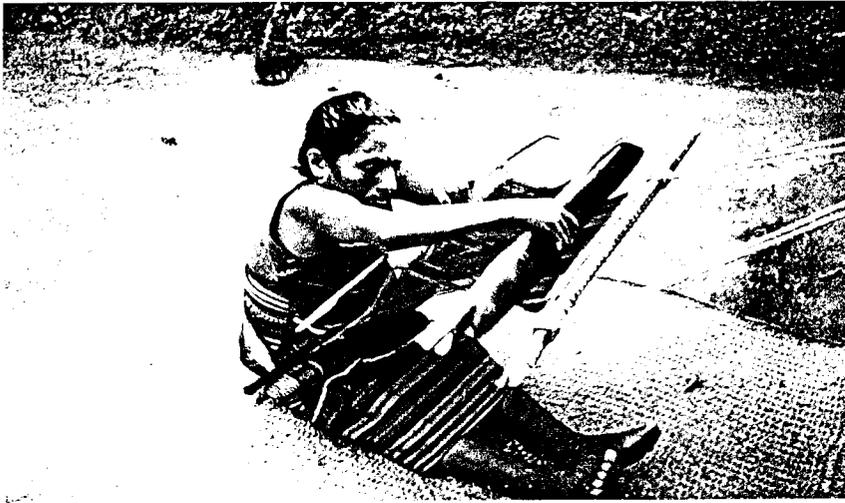
Hilado de la
madeja de
algodón



Madeja de algodón
teñida en proceso de
fotooxidación



Mujer Mixteca
combinando hilos
teñidos con diferentes
tintes naturales



Confección de posahuancos por medio del telar de cintura



Vestimenta típica de una mujer Mixteca en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca



Diversas confecciones teñidas con colorantes naturales, por las tejedoras de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.