

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ESTRUCTURA DE POBLACION, RENDIMIENTO Y EPOCAS REPRODUCTIVAS
DE Anadara spp. (BIVALVIA: ARCIDAE) EN LA RESERVA FORESTAL
TERRABA-SIERPE, PUNTARENAS, COSTA RICA. CON RECOMENDACIONES
PARA SU MANEJO.**

Tesis sometida a consideración de la comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en la Escuela de
Biología para optar al grado de Magister Scientiae.

Angel Javier Vega

CIUDAD UNIVERSITARIA "RODRIGO FACIO" COSTA RICA

1994

A kristel y Susel

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de la investigación que condujo a la preparación del presente documento fue posible gracias a la contribución de muchas personas e instituciones.

El Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), que me honró con el beneficio de una beca, para la realización de estudios de maestría.

El Proyecto DANIDA-Manglares, que me brindó apoyo económico y material para la realización de la investigación.

La Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica y su personal docente y científico que contribuyeron a mi formación académica.

El Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) que me facilitó las instalaciones y me brindó apoyo material.

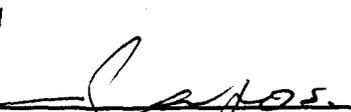
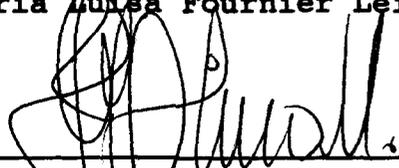
Los miembros del comité asesor; Jorge Campos, María Luisa Fournier y Helena Molina quienes me brindaron tiempo y paciencia en la asesoría y en la revisión del documento.

Don Elian, don Beto y su familia, quienes me apoyaron en el desarrollo de los muestreos.

Francisco Chicas, compañero de giras e involucrado en el mismo proyecto, en la parte ictiológica

A todos mi más sincero agradecimiento.

"Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae"

Decana	 Yamileth González García Dra.
Director de Tesis	 Jorge E. Campos Montero M.Sc.
Miembro del Comité	 María Luisa Fournier Leiva M.Sc.
Miembro del Comité	 Helena Molina Ureña M.Sc.
Dir. del Programa	 Alvaro Morales Ramírez Dr.
Sustentante	 Angel Javier Vega Lic.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
HOJA DE APROBACION	iv
PREFACIO	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
ANTECEDENTES	1
CAPITULO I	5
Estructura poblacional, rendimiento e índice de condición de <u>Anadara</u> spp. (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.	
RESUMEN	6
1 INTRODUCCION	8
2 MATERIAL Y METODOS	13
2.1 AREA DE ESTUDIO	13
2.2 PIANGUA	16
2.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA EN LAS PARCELAS. RESISTENCIA A LA EXPLOTACION INTENSIVA	16
2.2.2 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA EN OTRAS LOCALIDADES	18
2.2.3 MORFOMETRIA, INDICE DE CONDICION Y RENDIMIENTO	18
2.2.4 CONDUCTA	19
2.3 CHUCHECA	20
2.3.1 ESTRUCTURA DE POBLACION EN BOCA GUARUMAL	20
2.3.2 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA POR LOCALIDADES	20
2.4 FACTORES AMBIENTALES	20
2.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS .	21
3 RESULTADOS	22
3.1 PIANGUA EN LAS PARCELAS	22
3.1.1 DENSIDADES	22
3.1.2 ESTRUCTURA DE POBLACION	23

3.2 ESTRUCTURA DE POBLACION, DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE PIANGUAS EN OTRAS LOCALIDADES	27
3.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION	27
3.2.2 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA	27
3.3 CONDUCTA EN PIANGUA	32
3.4 BIOMETRIA EN PIANGUA	32
3.4.1 PESO TOTAL Y PESO FRESCO	33
3.4.2 INDICE DE CONDICION	35
3.4.3 RENDIMIENTO	35
3.5 CHUCHECA	37
3.5.1 ESTRUCTURA DE POBLACION EN GUARUMAL	37
3.5.2 ESTRUCTURA DE POBLACION POR LOCALIDADES	42
3.5.3 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA	42
3.6 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	42
3.6.1 SUELO	42
3.6.2 TEMPERATURA	44
3.6.3 SALINIDAD DEL AGUA RETENIDA EN EL MANGLAR	47
3.6.4 TURBIDEZ (SECCHI)	47
3.6.5 PRECIPITACION	51
4 DISCUSION	53
4.1 PIANGUA	53
4.1.1 PARCELAS	53
4.1.2 ESTRUCTURA DE POBLACION	54
4.1.3 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA	55
4.1.4 BIOMETRIA	59
4.1.4.1 PESO TOTAL Y PESO FRESCO	59
4.1.4.2 INDICE DE CONDICION Y RENDIMIENTO	59
4.2 CHUCHECA	61
4.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
LITERATURA CITADA	65

CAPITULO II	69
Ciclo reproductivo de <u>Anadara tuberculosa</u> (Bivalvia: Arcidae) en la reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.	
RESUMEN	70
1 INTRODUCCION	71
2 MATERIAL Y METODOS	75
2.1 AREA DE ESTUDIO	75
2.2 TOMA Y PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	75
2.3 UTILIZACION DE COLECTORES	77
2.4 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	78
2.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	78
3 RESULTADOS	79
3.1 DIAMETRO DE LOS OVOCITOS	79
3.2 PROPORCION DE SEXOS	79
3.3 UTILIZACION DE COLECTORES	84
3.4 FACTORES FISICO QUIMICOS	85
3.4.1 TEMPERATURA, SALINIDAD Y PROFUNDIDAD DE LECTURA DEL DISCO SECCHI	85
3.4.2 ANALISIS DE SUSTRATO	87
4 DISCUSION	89
4.1 DIAMETRO DE LOS OVOCITOS VS PICOS DE DESOVE	89
4.2 RELACION DESOVE-FACTORES AMBIENTALES	91
4.3 RELACION DIAMETRO DE LOS OVOCITOS-FACTORES BIOMETRICOS	93
4.4 PROPORCION DE SEXOS	93
4.5 UTILIZACION DE COLECTORES	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
LITERATURA CITADA	97
 CAPITULO III	 101
CONSIDERACIONES SOBRE MANEJO DEL RECURSO	
RESUMEN	102
1 INTRODUCCION	103
2 RECOMENDACIONES SOBRE EL MANEJO DE MOLUSCOS	104
LITERATURA CITADA	111
ANEXO	112
LITERATURA CONSULTADA	112

PREFACIO

Esta tesis está escrita formalmente, de acuerdo al Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica.

Se incluyen tres capítulos. El Capítulo 1 desarrolla lo correspondiente a la parte de distribución y abundancia de Anadara tuberculosa y A. grandis, así como los aspectos biométricos de A. tuberculosa y el ensayo de capacidad de resistencia a la explotación intensiva. El Capítulo 2 presenta los aspectos reproductivos de A. tuberculosa. La integración de la información de ambos capítulos y las recomendaciones de manejo se organizan en el Capítulo 3.

Los 3 capítulos están escritos con base en la guía de autores de la Revista de Biología Tropical.

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I. Estructura de población, rendimiento e índice de condición de Anadara spp., (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

1.1. Características biométricas de Anadara tuberculosa en Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se incluyen las observaciones de Cruz y Palacios (1983) en Puntamorales (Valor dentro del paréntesis).....38

1.2. Características físico-químicas del sustrato en los sitios de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se incluye valores de densidades de piangua.....45

CAPITULO II. Ciclo reproductivo de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

2.1. Características físico químicas del sustrato en la estación de muestreo (parcelas) en Boca Guarumal, Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....88

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I. Estructura poblacional, rendimiento e índice de condición de Anadara spp., (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

- 1.1. Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se indican los sitios y estaciones de muestreo.....14
- 1.2. Localización de la parcelas y del Bajo de la Chucheca en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....17
- 1.3. Distribución de frecuencias de tallas de Anadara tuberculosa colectada en las parcelas en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa-Rica.....24
- 1.4. Media y moda mensual (mm) de Anadara tuberculosa colectada en las parcelas en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....26
- 1.5. Distribución de Frecuencias de tallas de Anadara tuberculosa por localidad de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....28
- 1.6. Distribución de Anadara tuberculosa (área encerrada por la línea discontinua) y densidades (organismos/m²). Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. E: Esporádica.....30
- 1.7. Variación mensual en el peso total y el peso fresco de Anadara tuberculosa. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. PT1 y PF1 corresponden a las tallas 45-49.5 mm, y PT2 y PF2 a las tallas 50-55 mm.....34
- 1.8. Relaciones entre el índice de condición (ICL), el rendimiento y los parámetros físico-químicos en Anadara tuberculosa. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....36
- 1.9. Distribución de frecuencias de tallas de Anadara grandis colectada mensualmente en el Bajo de la Chucheca, Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....39
- 1.10. Variación mensual de la longitud promedio en Anadara grandis en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Las barras verticales representan el error estándar....41
- 1.11. Distribución de frecuencias de Anadara grandis por localidad de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....43

1.12. Promedio de los parámetros físico-químicos por estación de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. El promedio se obtuvo de los valores mensuales a lo largo del período de estudio.....	46
1.13. Variación de la temperatura por mes y por estación de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	48
1.14. Variación de la salinidad por mes y por estación de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	49
1.15. Variación de la profundidad de lectura del disco Secchi por mes y por estación de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	50
1.16. Acumulado mensual de la precipitación desde abril de 1993 hasta enero de 1994. Estación localizada en Finca 3, Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	52

CAPITULO II.

Ciclo reproductivo de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica

2.1. Se indica el sitio de extracción de las muestras en Boca Guarumal (parcelas). Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	76
2.2. Variación mensual en el diámetro promedio de los ovocitos de <u>Anadara tuberculosa</u> . Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Las flechas indican los picos de desove.....	80
2.3. Serie de histogramas del diámetro de los ovocitos medidos mensualmente en cortes histológicos de gónadas de <u>Anadara tuberculosa</u> procedente de Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	81
2.4. Variación mensual en la proporción de sexos de <u>Anadara tuberculosa</u> . Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	83
2.5. Relaciones entre el diámetro de los ovocitos, los parámetros físico-químicos y biométricos en <u>Anadara tuberculosa</u> . Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.....	86

ANTECEDENTES

Los manglares, a pesar de ser considerados como uno de los principales ecosistemas costeros (CARICOMP 1991), están sometidos a una fuerte presión debido a factores tales como contaminación, extracción de madera y de la fauna asociada, sedimentación y, sobre todo debido al crecimiento urbano, industrial y agrícola (D'Croz & Kwiecinski 1980, FAO 1988a).

De acuerdo con Snedaker y Getter (1985) los manglares, como ecosistema y recurso renovable, son importantes desde el punto de vista social y económico debido al papel que juegan en la existencia y perpetuación de la pesca cerca de las costas y la protección de litorales.

Su importancia en las pesquerías se fundamenta en el papel de las áreas de manglar como sitio de cría y desarrollo de estadios tempranos de decápodos y peces de importancia comercial (D'Croz & Kwiecinski 1980, Robertson & Duke 1987, Vance et al. 1990). En este sentido García y Le Reste (1986) se refieren a que la mayoría de los camarones del género Penaeus tienen un ciclo vital anfibiótico, con una fase estuarina íntimamente asociada a los manglares, que le brindan protección y alimento.

El papel ecológico más destacado de los manglares es la producción de hojarasca y detritus, los cuales son utilizados como recurso alimenticio para una gran variedad de animales (Snedaker & Getter 1985). Adicionalmente, la descomposición de la materia orgánica dentro del bosque, produce una gran cantidad de compuestos solubles que son aprovechados por

organismos filtradores, así como necrófagos bénticos. También, los habitantes de los lechos de hierbas submarinas y de los arrecifes de coral se aprovechan de la descomposición orgánica del manglar (Snedaker & Getter 1985).

Los ecosistemas de manglar desempeñan funciones vitales, tales como estabilización y formación de suelos, filtración del agua proveniente de la tierra y retención de la materia orgánica (FAO 1988a y b). Asimismo, constituyen un hábitat para muchas especies de peces, invertebrados y organismos terrestres, y contribuyen a la protección de costas (Dawes 1981, FAO 1988b).

Desde el punto de vista económico, la utilización de los manglares se ha concentrado en extracción de madera para construcción y para fabricación de carbón, extracción de corteza para la obtención de taninos, actividades tales como apicultura y acuicultura, turismo, así como la pesca y la extracción de moluscos (FAO 1982, FAO 1988 a y b).

Los bosques de manglar de Costa Rica han sido estudiados en aspectos relacionados con la composición florística y estructural y la influencia que sobre dichas comunidades tienen factores tales como los edáficos y los climáticos (Soto & Jiménez 1982); los climáticos e hidrológicos (Jiménez & Soto 1985), así como estudios de variaciones de las características foliares en relación con el clima y la salinidad (Soto & Corrales 1987, Soto 1988); y la producción y descomposición de hojarasca (Díaz 1993).

Otros estudios han tratado de explicar la relación entre la distribución de organismos y las características de los manglares (Castaing et al. 1980, Villalobos et al. 1985, Campos et al. 1990). También se ha evaluado el efecto de la fauna asociada sobre la vegetación del manglar (Perry 1988) y sobre el consumo de oxígeno (Gocke et al. 1981).

Todo este conocimiento ha llevado a un mejor entendimiento de la dinámica de los manglares, así como a una mayor profundización en las investigaciones, lo que puede repercutir en el desarrollo de planes de manejo para el uso racional y sostenible de la fauna y la flora en el manglar. En este sentido, FAO (1988a) plantea que el manejo forestal de los manglares está basado en el aporte de ciencias tales como: geología, edafología, botánica, ecología, y otras que permiten la generación de conocimientos científicos y prácticos. Estudios ecológicos sobre distribución y abundancia, así como los reproductivos hacen posible establecer dónde y cuándo explotar determinado recurso.

En Costa Rica, desde 1979, los manglares están bajo la categoría de manejo de reserva forestal. Categoría que desde 1986, con la Ley Forestal, sólo se permite su explotación bajo el marco de concesiones con planes de manejo (FAO 1988b).

La Reserva Forestal Térraba-Sierpe, posee los bosques de manglar más extensos (16 000 Ha) y menos alterados del país (Jiménez & Soto 1985, Campos et al. 1990). Variadas actividades económicas han sido asociadas con la Reserva. FAO

(1988b) resalta, entre otras, la captura de moluscos, la pesca artesanal y la extracción de mangle.

La captura de moluscos representa una de las principales actividades, sobresaliendo por su importancia la recolección de piangua (Anadara tuberculosa). El mismo autor señala la existencia en el área de otros moluscos de importancia, tales como la miona (Polymesoda inflata), la almeja de barril (Prothotaca sp) y la chucheca (Anadara grandis).

El interés por el uso sostenible de las especies asociadas a los manglares ha motivado el estudio de su biología para el desarrollo de planes de explotación del recurso. Algunos estudios han podido esclarecer aspectos de la biología general y la ecología, dinámica de población, reproducción y métodos de cultivo (Broom 1985).

Debido a lo prioritario de conocer la abundancia, distribución y el ciclo reproductivo, así como la necesidad de la ordenación de la explotación de la piangua en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe (FAO 1988a y b) y, consciente de la poca información disponible al respecto, se enfocó el presente estudio hacia el esclarecimiento de dichos aspectos, con miras a contribuir al desarrollo de planes de manejo.

CAPITULO I

Estructura poblacional, rendimiento e índice de condición de Anadara spp. (Bivalvia: Arcidae) en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

RESUMEN

Desde septiembre de 1992 hasta enero de 1994 se realizaron muestreos en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas Costa Rica. Para las determinaciones de distribución, abundancia y estructura de tallas en Anadara tuberculosa (piangua) y A. grandis (chucheca), así como para la determinación del efecto de factores físico-químicos en la distribución y abundancia de A. tuberculosa, los muestreos fueron extensivos, en tres períodos a lo largo del ciclo de estudio. Además, los parámetros físico químicos se midieron mensualmente en 9 estaciones permanentes. Mediante muestreos mensuales sin reemplazo, en parcelas fijas, se determinó la capacidad de recuperación de la piangua a una explotación intensiva. Ejemplares de A. tuberculosa, con tallas de 45-55 mm fueron utilizados para determinaciones de peso total, peso fresco, rendimiento e índice de condición, este último índice mediante la implementación de un nuevo método (peso seco/longitud total * 100). La densidad promedio de piangua se estimó en 1.72 organismos/m² (límites de confianza al 95 % = 1.25-2.19), sin encontrar relación entre la distribución del molusco y los factores físico-químicos analizados pero sin embargo, se encontró clara correlación entre la salinidad y los límites de distribución, sustentándose su efecto como factor limitante. La piangua mostró buena resistencia a la explotación intensiva, debido a que la diferencia entre la talla mínima de reproducción y la de captura, la cual se respeta en un alto porcentaje, permite la reproducción del

molusco y por ende la restitución de la parte de la población que se extrae. De los parámetros biométricos, el peso fresco se calculó en 6.74 g con un rendimiento promedio de 18.75 %. El índice de condición resultó fácil de calcular y refleja adecuadamente la condición del organismo. La chucheca se encuentra restringida a pequeños bajos lodosos y sus densidades fueron bajas, lo cual se relacionó con la explotación comercial.

INTRODUCCION

De los moluscos asociados a los ecosistemas estuarinos, la familia Arcidae y particularmente varias especies del género Anadara, han sido reconocidas por su importancia en la pesca comercial y de subsistencia y, por su utilización en el desarrollo de proyectos de maricultivo (Broom 1985, Hansopa et al. 1988).

A. trapezia se explota comercialmente y como fuente de alimento en Australia (Hadfield & Anderson 1988), en tanto A. granosa está sometida a la pesca y al cultivo en Malasia (Broom 1982b). Broom (1985), en su revisión sobre la biología y el cultivo del género Anadara, citando como fuente a FAO (1984), resalta que A. subcrenata y A. broughtoni son especies importantes en las pesquerías de Japón y Corea del Sur, y en Corea del Sur, respectivamente.

En la costa Pacífica americana A. tuberculosa (piangua o concha negra), es explotada en diferentes localidades. En Colombia se ha estimado en 1500 toneladas la cantidad disponible en el área total de manglar (30 Km²) (Squires et al. 1975). En Costa Rica, en el Golfo de Nicoya se estima que se extraían 800 000 pianguas por mes (Villalobos & Báez 1983) y en la Reserva Forestal Sierpe-Térraba se calculó su producción anual en cinco millones pianguas (FAO 1988b).

En los árcidos se han realizado investigaciones para esclarecer aspectos sobre el crecimiento, la condición, el rendimiento en carne y la reproducción (Broom 1985).

Se sabe que factores como la marea baja y la densidad de la población, entre otros, tienen fuerte influencia sobre sus tasas de crecimiento (Broom 1982b, 1983 y 1985). Se ha establecido que son especies de crecimiento relativamente lento. Se estima que A. granosa crece de 4 a 5 mm en seis meses, para tallas inferiores a 8 mm de longitud antero-posterior (Broom 1982b). El mismo autor (1985) indica que ésta especie crece, en el primer año de vida entre 1.5-4.6 mm por mes. Otros autores citados por Broom (1985) comunican un crecimiento aproximado de 2.5 mm por mes lo cual implica, que en el primer año, ésta especie puede alcanzar los 30 mm de longitud total.

Para el segundo año, Narasimham (1969 en Broom 1985) encontró que A. granosa crece a razón de 1.5 mm por mes, con lo que alcanzaría tallas de aproximadamente 50 mm de longitud total al finalizar el segundo año.

En Colombia, Squires et al. (1975) encontraron que la piangua crece aproximadamente 1 mm por mes en tallas pre-comerciales y comerciales (32-46 mm). En Costa Rica, para la zona del Pacífico Norte, Madrigal (1980 en Villalobos & Báez 1983) sugirió que la piangua alcanza, en promedio, 20 mm de longitud en el primer año de vida (1.8 mm/mes, aproximadamente), tasa que se reduce a la mitad (0.9 mm/mes) en el segundo año.

Villalobos y Báez (1983), encontraron que para ejemplares de piangua, con longitudes promedio de 37.3 mm, 47.7 mm y 57.8 mm la tasa de crecimiento es de 0.19 mm/mes, 0.12 mm/mes

y 0.03 mm/mes, respectivamente. Con base en estos estudios se puede extrapolar que la piangua alcanza el tamaño comercial (47 mm) aproximadamente a los tres años.

Cruz (1986) comunicó que A. grandis (chucheca) crece en los primeros 9 meses 10.54 ± 0.91 mm/mes, 2.94 ± 0.80 mm/mes en los siguientes siete meses y 0.36 ± 0.26 mm/mes en los restantes meses. De acuerdo con estos resultados se puede decir que en los primeros nueve meses la chucheca alcanza tallas de aproximadamente 95 mm de longitud total. También estableció que el largo asintótico se sitúa en 139.144 mm y el peso asintótico en 1122.24 g. Como se observa, la chucheca presenta tasas de crecimiento más altas que la piangua.

Para proyectos de manejo y de cultivo es prioritario conocer las tasas de crecimiento, por lo que es indispensable obtener semilla del medio natural o por inducción del desove en el laboratorio para la determinación directa de dichas tasas.

El índice de condición es indicativo del grado de robustez o gordura del animal (Nascimento & Andrade 1980 en Cruz 1984b). Se han establecido relaciones entre este índice, el rendimiento y la maduración gonadal (Cruz 1982, Cruz & Palacios 1983).

El rendimiento (peso fresco de la carne/peso total *100) en la piangua varía según el tamaño del individuo. Cruz y Palacios (1983), comparando tallas de 42-47.5 mm, 48-53.5 mm y 54-59 mm, encontraron que el mayor rendimiento se dio en la menor talla, disminuyendo conforme el individuo crece, con

valores máximos (promedio para las tres tallas) en marzo (20.82 %) y mínimos en agosto (17.87 %), lo cual coincidió con los máximos y mínimos valores del índice de condición, respectivamente (Cruz 1982). El mismo autor encontró relación directa entre el índice de condición y el índice de madurez gonadal, lo cual fue corroborado en Anadara similis (Cruz 1984b).

Tanto el rendimiento como el índice de condición están afectados por diferentes factores. Estudios han establecido relaciones entre la intensidad de las lluvias, la salinidad, el sustrato y éstos índices (Cruz 1982, Peddicord 1977).

Es importante determinar los parámetros biométricos para la piangua en la Reserva Térraba-Sierpe, así como dilucidar el efecto de los factores físicos y químicos sobre dichos parámetros (ej. temperatura, salinidad y materia orgánica disuelta), pues los estudios existentes en Costa Rica se han realizado en el Pacífico Norte y Central.

Poco se sabe sobre la distribución y la abundancia de piangua en Costa Rica. Sólo se conoce que para la Reserva Térraba-Sierpe, se estima una densidad de 1.1 pianguas/m² (Campos et al. 1990). La relación de la densidad con factores tales como el pH, tipos de sustrato, salinidad, temperatura y tiempo de inundación es casi desconocida.

Para el desarrollo de planes de manejo sostenido se necesita de una base de datos científica y sólida, del conocimiento de factores tales como los biofísicos, así como de la biología de los organismos constituyentes del

ecosistema, sin olvidar que el concepto involucra el manejo integrado de los recursos. Con base en lo anterior, se enfocó el estudio hacia el desarrollo de los siguientes objetivos:

- 1) Determinar la densidad por unidad de área de Anadara tuberculosa y A. grandis,
- 2) Establecer el rendimiento en carne de A. tuberculosa,
- 3) Analizar la estructura de población de A. tuberculosa y A. grandis, por medio de histogramas de frecuencias,
- 4) Determinar la capacidad de A. tuberculosa de soportar explotación intensiva, mediante la extracción de todos los ejemplares de la misma área cada mes y,
- 5) Establecer la influencia del tipo de sustrato, temperatura, salinidad y pH sobre la distribución de A. tuberculosa.

2 MATERIAL Y METODOS

2.1 AREA DE ESTUDIO

La Reserva Forestal Térraba-Sierpe (Figura 1.1), está situada entre la desembocadura de los ríos Sierpe y Térraba, en la zona del Pacífico Sur de Costa Rica; entre 8° 46' y 9° 03' de latitud norte, y 83° 29' y 83° 38' de longitud oeste (FAO 1988b).

Con base en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, la mayor parte de la Reserva está dentro de la Zona de Vida del Bosque Húmedo Tropical y el área del Río Sierpe dentro del Bosque Muy Húmedo Premontano, transición a basal (FAO 1988b).

Los registros anuales de lluvia superan los 3000 mm. Octubre es el mes más lluvioso (697.1 mm en promedio) y enero el de menos precipitación (49.8 mm). La temperatura promedio anual es de 26.7 °C, con el máximo en marzo (27.7 °C) y el mínimo en octubre (25.8 °C) (FAO 1988b).

Los manglares de la Reserva se caracterizan por ser de tipo ribereño; las salinidades del suelo son menores que las del agua de mar, con un patrón de disminución tierra adentro (Jiménez & Soto 1985).

Con el objetivo de hacer una caracterización preliminar, se realizó una primera gira al área de estudio (septiembre de 1992) y mediante encuesta a pescadores y recolectores de conchas se determinaron los sitios de abundancia de moluscos y las especies que se comercializan actualmente,

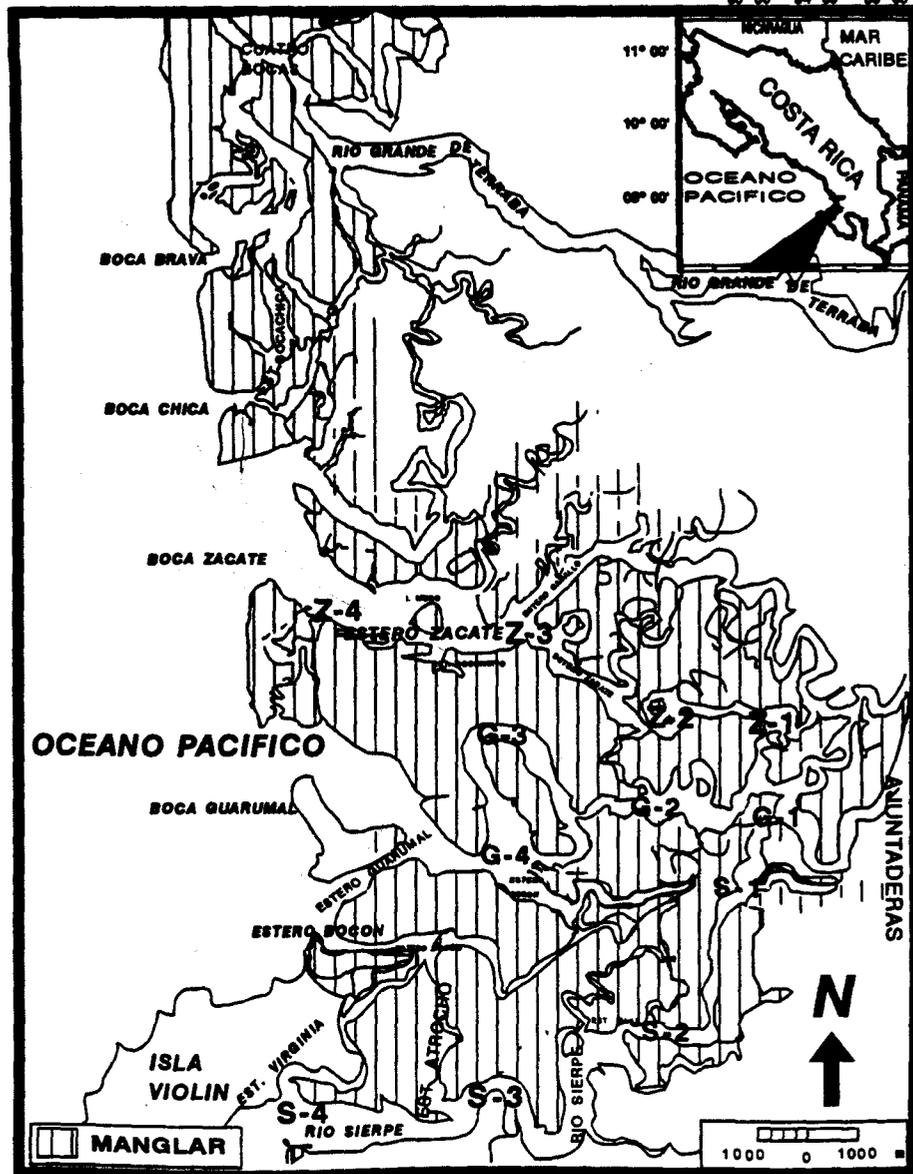
Fig. 1.1. Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se indican los sitios y estaciones de muestreo.

G-1 : Guarumal 1 (Intersección Guarumal-Sierpe)
G-2 : Guarumal 2 (Frente a Estero Pata de Gallina)
G-3 : Guarumal 3 (Parte central de Vuelta Rodríguez)
G-4 : Guarumal 4 (Frente a Estero Bocón)
S-1 : Sierpe 1 (Extremo Oeste de Estero Cantarrana)
S-2 : Sierpe 2 (Frente a Estero Islas)
S-3 : Sierpe 3 (Frente a Estero Cedral)
S-4 : Sierpe 4 (Frente a Estero Virginia)
Z-1 : Zacate 1 (Estero Cedro de Zacate)
Z-2 : Zacate 2 (Frente a Isla Pata de Gallina)
Z-3 : Zacate 3 (Frente a Isla las Loras)
Z-4 : Zacate 4 (Frente a Estero Muerto)

83°40'

83°30'

9°03'



A. tuberculosa, y esporádicamente **A. grandis**.

La información obtenida en la encuesta complementada con la revisión de la literatura y los registros de los parámetros físico-químicos permitió establecer las zonas y estaciones de muestreo (Figuras 1.1 y 1.2)

2.2 PIANGUA

2.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA EN LAS PARCELAS. RESISTENCIA A LA EXPLOTACION INTENSIVA

Se realizaron muestreos mensuales desde octubre de 1992 hasta enero de 1994 en Estero Guarumal. Se marcaron tres transectos perpendiculares a la línea del borde del manglar. Cada transecto estuvo compuesto de tres parcelas de 3 m de ancho y 5 m de largo (Figura 1.2). Con el apoyo de los piangüeros se recolectaron, manualmente, todas las pianguas presentes en cada cuadrícula, se contaron y todos los especímenes se midieron por el eje más largo (largo de la concha) con un calibrador Vernier (0.1 mm de precisión).

Con base en ésta información se analizó la estructura de población y las densidades en las parcelas, así como su variación durante el estudio.

Los ejemplares de tallas inferiores a los 45 mm de longitud se devolvieron al manglar, pero no a las parcelas y lo de 45 a 55 mm se utilizaron para estudios de rendimiento y condición, y reproducción (Capítulo 2). El muestreo sin restitución nos permitió evaluar la resistencia del recurso a la explotación intensiva.



Fig.1.2. Localización de las parcelas y del Bajo de la Chucheca en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

2.2.2 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA EN OTRAS LOCALIDADES

La permanencia en el campo por períodos de 15 días, en febrero y agosto de 1993, y en enero de 1994, permitió la realización de muestreos extensivos en diferentes puntos de la Reserva: Río Sierpe, Estero Guarumal, Estero Zacate, Boca Chica y Boca Brava (Figura 1.1).

En cada punto se delimitaron parcelas de 3 x 3 m (9 m²) y se extrajeron todas las pianguas, las cuales se contaron y midieron (longitud total). Se tomaron muestras del agua retenida en el manglar (salinidad) y muestras de sustrato. El procedimiento para la toma de muestra y medición de éstos parámetros se describe en la sección 2.4.

2.2.3 MORFOMETRIA, INDICE DE CONDICION Y RENDIMIENTO

Mensualmente, desde septiembre de 1992 hasta enero de 1994, se recolectaron 30 ejemplares de pianguas entre las tallas de 45 a 55 mm de longitud total. A cada ejemplar se le determinó la longitud (medida por el eje más largo), el ancho (mayor distancia entre la charnela y el borde de las valvas) y el peso total (peso del bivalvo vivo y totalmente cerrado, en balanza OHAUS de 0,1 g de precisión). Posteriormente se abrieron los ejemplares, se drenó el exceso de agua y se extrajo el organismo almacenándolo en bolsas plásticas las cuales fueron cerradas y congelado su contenido. Las valvas se marcaron adecuadamente y junto con el organismo se trasladaron al laboratorio.

En el laboratorio, las valvas se pesaron y la carne se colocó en un recipiente confeccionado de papel de aluminio, el cual había sido previamente rotulado y pesado. Cada recipiente con su contenido se pesó y por diferencia se obtuvo el peso fresco. Las muestras en los recipientes se colocaron al horno a 80 °C por 72 h (Cruz 1982). Después de este tiempo se sacaron, se dejaron enfriar y se pesaron, obteniendo por diferencia el peso seco. Todas las pesadas, en el laboratorio, se realizaron en balanza analítica (0.0001 g de precisión).

El rendimiento se determinó con base en el porcentaje de carne (peso fresco de la carne/peso total X 100, Cruz & Palacios 1983).

El índice de condición se obtuvo mediante la ecuación:

$$IC = PS/LC * 100\%$$

donde IC = Índice de condición

PS = Peso seco

LC = Largo de la concha

Se decidió utilizar el largo como factor de división, ya que considero que es menos variable que el volumen intervalvar, y se mide con menos error. El volumen intervalvar es el resultado de la diferencia de dos medidas (volumen del organismo cerrado - volumen de las valvas) por lo que la precisión se ve afectada por ambas determinaciones, mientras que la longitud se mide de forma directa.

2.2.4 CONDUCTA

En noviembre de 1993 se mantuvieron pianguas en acuarios llevados hasta Boca Guarumal. Los mismos fueron llenados con agua del estero y se simuló el ciclo de la marea.

En enero de 1994 fueron colocadas redes en el manglar, en los cuatro sentidos. Delante de las redes se colocaron pianguas, justamente cuando la marea estaba empezando a cubrir el suelo del manglar.

2.3 CHUCHECA

2.3.1 ESTRUCTURA DE POBLACION EN BOCA GUARUMAL

Se realizaron muestreos mensuales, desde septiembre de 1992 hasta enero de 1994, en una parcela de 60 m de largo por 30 m de ancho localizada en el Bajo de la Chucheca, Isla Sucesión-Temblona (Figura 1.2).

A las chuchecas extraídas se les determinó el largo de la concha y después se devolvieron al sitio de colecta.

2.3.2 ESTRUCTURA DE POBLACION Y ABUNDANCIA POR LOCALIDADES

En enero de 1994 se realizaron muestreos en Boca Guarumal, Boca de Sierpe y Boca Zacate (Figura 1.1): El procedimiento de muestreo fue igual al utilizado para la estructura de población.

2.4 FACTORES AMBIENTALES

En cada una de las estaciones (Figura 1.1) se realizaron mediciones mensualmente de la temperatura del agua con termómetro de mercurio (°C), la turbidez con disco Secchi y la

salinidad en el canal y en el manglar con salinómetro (YSI) (para medir la salinidad del manglar, con un recipiente pequeño se tomó muestras del agua que quedaba retenida en el sustrato durante la marea baja).

Con la utilización de un cilindro de PVC, de 5 cm de diámetro, se tomó muestras de sustrato hasta una profundidad de 10 cm. Dichas muestras fueron tomadas en sitios con densidades altas, medias y bajas de pianguas, así como en localidades donde estaba ausente el molusco.

A las muestras se les practicó análisis granulométrico, contenido de materia orgánica y química (pH, Al, Ca, Mg, K y P); dichos análisis fueron realizados en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

2.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se utilizaron Análisis de Varianza, Análisis de Correlación, pruebas t, Kruskal-Wallis, Chi Cuadrado, y el Tukey (nivel de significación 0.05) como prueba para comparación de medias (Zar 1984). En varios análisis fue necesario aplicar transformaciones para poder utilizar estadística paramétrica (Sokal & Rohlf 1979, Zar 1984). Para la interpretación de algunos resultados fue muy útil la información suministrada por los pescadores y piangueros del área.

3 RESULTADOS

3.1 PIANGUA EN LAS PARCELAS

3.1.1 DENSIDADES

Con base en el diseño experimental propuesto, se procedió a analizar si existían diferencias en las densidades de pianguas en las parcelas, comparando la posición relativa de las mismas, los meses de muestreo y las interacciones entre cada uno de los factores (Análisis de Varianza Multifactorial). Para los análisis fue necesario aplicar la transformación raíz cuadrada a los valores de densidades, con el objetivo de independizar la varianza de la media (Sokal & Rohlf 1979).

El Análisis de Varianza determinó diferencias altamente significativas tanto para filas ($P = 0.0000$, g.l. = 2) como para los meses de muestreo ($P = 0.0000$, g.l. = 10), así como diferencias significativas para la interacción fila x columna ($P = 0.0391$, g.l. = 4).

Las parcelas ubicadas más lejos del canal presentaron la mayor densidad promedio (1.74 organismos/m²), la cual fue significativamente diferente con relación a la densidad promedio de las restantes parcelas (1.31 y 1.16 organismos/m² en orilla y las intermedias, respectivamente), las cuales no difieren entre sí (Tukey).

Al analizar los meses, las mayores densidades se presentaron en los dos primeros (2.66 y 2.55 organismos/m², respectivamente), las cuales fueron iguales entre sí y

significativamente diferentes de las restantes; presentándose la menor densidad en el último mes de muestreo (septiembre de 1993, 0.6 pianguas/m²) (Tukey). No se encontraron diferencias significativas al comparar las columnas (ANOVA $P > 0.05$).

Los muestreos en las parcelas se suspendieron desde septiembre de 1993 hasta enero de 1994. Sin embargo, la densidad de pianguas aumentó de 0.6 individuos/m² (septiembre de 1993) a 1.01 individuos/m² (enero de 1994), sin recuperar los valores iniciales (2.65 pianguas/m² en octubre de 1992).

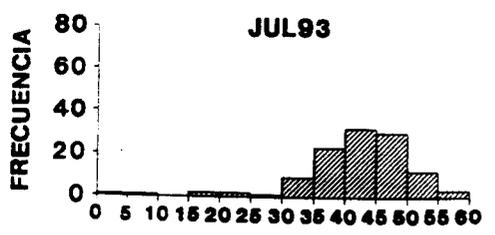
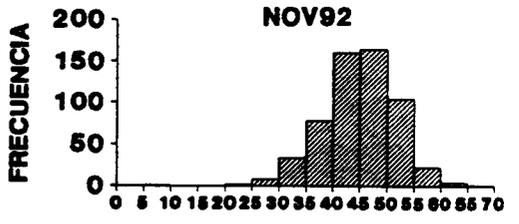
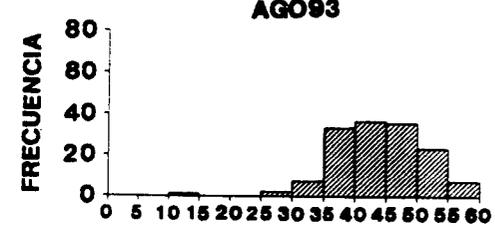
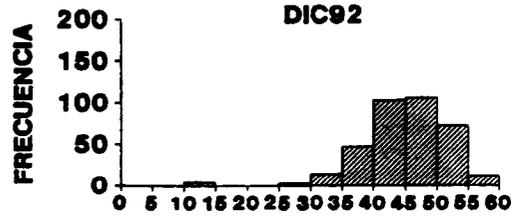
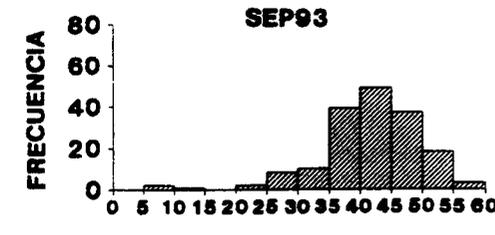
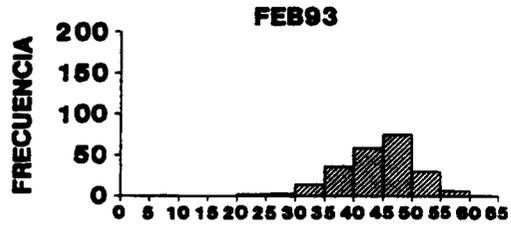
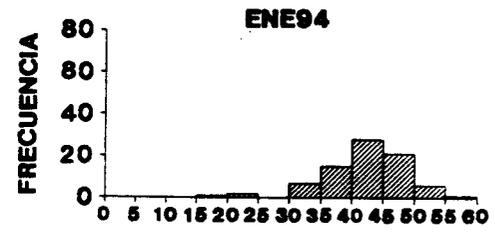
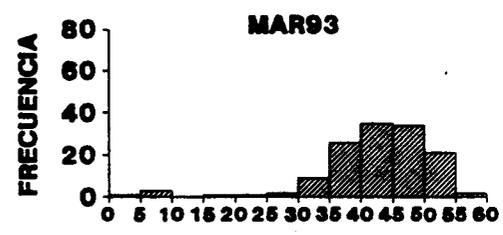
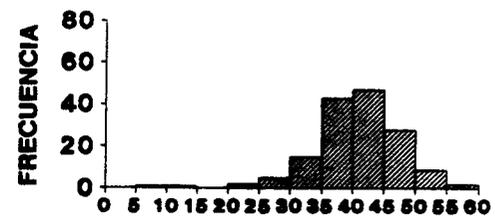
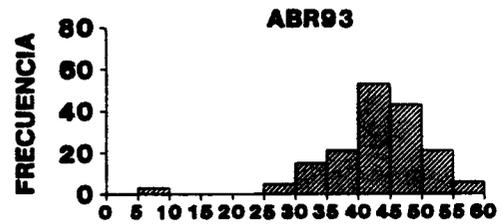
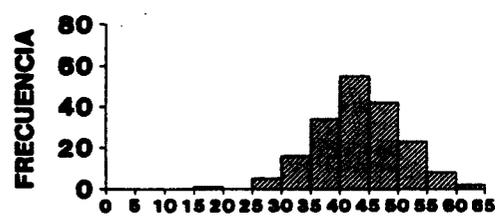
3.1.2 ESTRUCTURA DE POBLACION

La mayoría de los ejemplares se encuentran entre los 35 y los 55 mm (Figura 1.3). El comportamiento del promedio indica una tendencia de disminución de su valor al ir avanzando los meses de muestreo (Figura 1.4).

Para confirmar esta tendencia se aplicó a los resultados de las longitudes un Análisis de Varianza de una vía. Como la prueba Bartlett fue significativa ($P < 0.05$, g.l. = 10), se aplicó la transformación X^2 , para homogenizar la varianza (Bartlett $P > 0.05$). El análisis indica diferencias altamente significativas para las longitudes transformadas, por meses de muestreo ($P = 0.0000$, g.l. = 10).

La longitud promedio disminuyó a medida que se avanzó en el estudio, encontrándose los mayores valores en octubre y noviembre de 1992, sin diferencias significativas entre ellos, pero ambos son significativamente diferentes que los

Fig. 1.3. Distribución de frecuencias de tallas de Anadara tuberculosa colectada en las parcelas en Boca Guarumal. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.



OCT92

MAY93

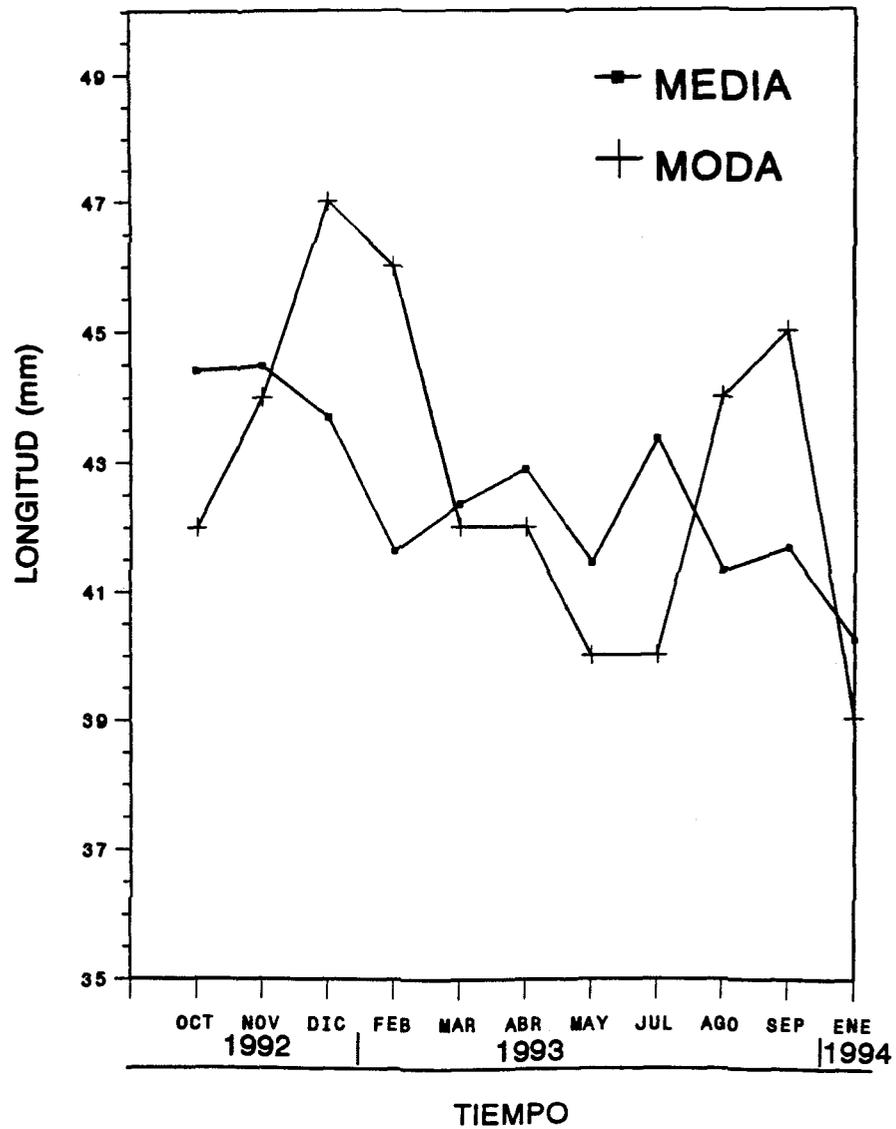


Fig.1.4. Media y moda mensual (mm) de *Anadara tuberculosa* colectada en las parcelas en Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

encontrados para los últimos meses de muestreo (Tukey). La moda presentó oscilaciones periódicas (Figura 1.4). Se observa un desplazamiento hacia valores modales menores en octubre de 1992, de marzo a julio de 1993 y en enero de 1994.

3.2 ESTRUCTURA DE POBLACION, DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE PIANGUAS EN OTRAS LOCALIDADES

3.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION

Resulta interesante las diferencias observadas en las frecuencias de tallas, las cuales presentaron un patrón similar para Sierpe, Guarumal y Zacate, pero marcadamente diferente del de Boca Chica (Figura 1.5).

La estructura de población entre localidades resultó con diferencias significativas (ANOVA, $P = 0.0129$, g.l. 3). La piangua procedente de Boca Chica presentó la mayor longitud promedio (49.75 mm), con relación a los restantes lugares (Guarumal = 47.57, Zacate = 47.22 y Sierpe = 47.06 mm), los cuales no difieren entre sí (Tukey).

3.2.2 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

En Cuatro Bocas no se encontró pianguas, las mismas aparecen de forma esporádica en Boca Brava y algunos sitios hacia el norte de Boca Chica. Hacia el sur de Boca Chica aumentaron las densidades hasta valores de 1-3 pianguas/m² en la convergencia de los esteros Poza Azul, Boca Chica y la Trocha de Zacate. En Estero Zacate se presentaron densidades de 1-4 pianguas/m². Las mayores se presentaron en Estero Piña y Estero Boconcito. Densidades menores, pero por encima de

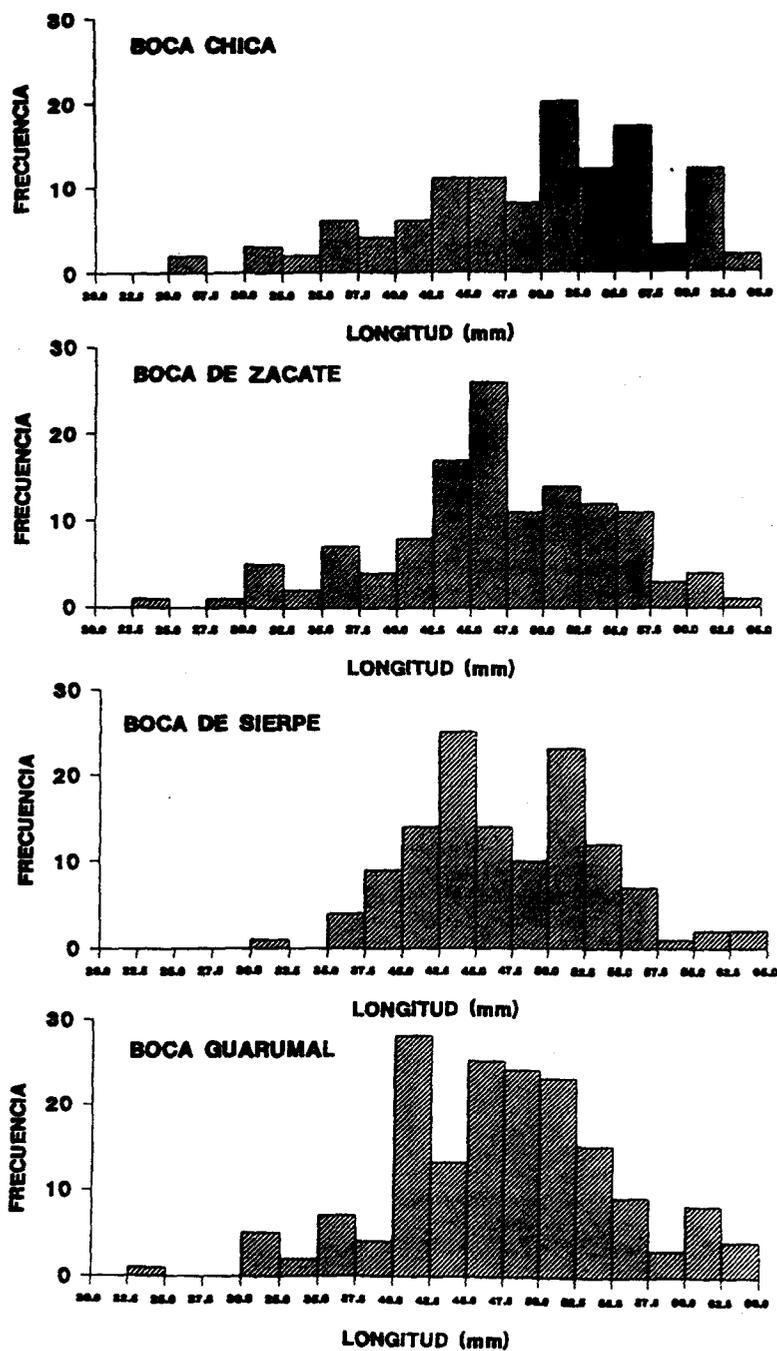


Fig. 1.5. Distribución de frecuencias de tallas de *Anadara tuberculosa* por localidad de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas Costa Rica.

1 piangua/m² se encontraron en Estero Muerto, y entre Estero Muerto y Estero Piña, y en la zona que queda frente a Isla las Loras.

Abundancias superiores a 2 pianguas/m² se obtuvieron en Estero Morongón, Estero Rodríguez, las parcelas, Vuelta Rodríguez, a excepción de la parte media, frente a la estación G3. En Estero Trastos se presentaron densidades que oscilaron entre 0.5-1.5 pianguas/m².

En Estero Bocón, al sur de Estero Guarumal, se encontraron densidades de 1.5-2.5 pianguas/m², las cuales disminuyeron a medida que se avanzó hacia la parte sur hasta aproximadamente 0.5 pianguas/m² en la entrada del Estero Atrocho, que comunica con el Río Sierpe.

En el Río Sierpe disminuyó considerablemente la abundancia, con densidades altas sólo en un área muy reducida, en Estero Virginia. En la estación S-3 se encontró densidades de 0.8 pianguas/m².

Se realizó un análisis de correlación entre los factores físico-químicos y las densidades de la piangua en los diferentes puntos de la Reserva, sin que resultara significativo (Correlación de Pearson $P > 0.05$).

Una representación detallada de las densidades y los sitios de muestreo se presentan en la Figura 1.6.

Con base en los estimados de abundancia se calculó una densidad promedio de 1.72 pianguas/m² (límites de confianza al 95 % = 1.25-2.19). El área potencial productiva de la Reserva Forestal Terraba-Sierpe se estimó en 26 754 738.79 m²

(Campos et al. 1990), por lo que el número total de pianguas se estimó entre 36 523 688 y 58 566 124 con un promedio de 46 018 151. De este total el 63 % (21 168 349) correspondió a tallas superiores a 44 mm.

Según información suministrada por el dueño del quebrador de Ajuntaderas (septiembre de 1993), la piangua procesada por semana en dicho quebrador pasó de 35 000 individuos en febrero de 1993 a 50 000 en septiembre del mismo año, lo que representa un poco más de 2 650 000 pianguas al año, con una equivalencia en peso fresco de 17 852 kg, aproximadamente 1 500 kg/mes. Seguramente el estimado es conservador por el aumento en el precio de la piangua.

Entre septiembre de 1992 y enero de 1993 se pagó a 1.85 colones por piangua. En 1993, hubo aumentos de precio en febrero (2.30), en abril (2.60) y en junio 2.86 colones la unidad (153 colones = 1 US dólar). Para enero de 1994 se pagó a 3 colones la unidad (comunicación personal de los piangueros).

Campos et al. (1990) estimó un promedio de 29 430 212 pianguas superiores a los 44 mm. A pesar de que los estimados de densidades de éstos autores son inferiores a los nuestros, los promedios de abundancia absoluta son similares, para tallas superiores a los 44 mm.

Los cálculos de la abundancia son conservadores considerando el sesgo de muestreo hacia las tallas inferiores a los 40 mm.

3.3 CONDUCTA EN PIANGUA

En las pianguas mantenidas en observación en los acuarios, sólo se observó conducta de enterramiento mediante apertura y cierre de las valvas; movimientos del pie y desplazamientos en el sentido antero-posterior, simulando el movimiento de un cuchillo al cortar.

En las redes colocadas en el manglar no se logró atrapar pianguas, lo que hace suponer que se enterraron en el fango o fueron arrastradas por la marea.

3.4 BIOMETRIA EN PIANGUA

La talla promedio de las pianguas utilizadas para las determinaciones biométricas, resultó diferente por meses de muestreo (ANOVA, $P = 0.000$, $g.l = 13$).

Para evitar introducir error al comparar la biometría debido a las diferencias en las tallas, se crearon dos intervalos, en el primero se ubicaron los ejemplares cuyas longitudes totales estuvieran entre 45-49.5 mm y en el segundo los individuos entre 50-55 mm. A cada grupo se le aplicó nuevamente el Análisis de Varianza sin encontrar diferencias significativas dentro de ellos ($P > 0.05$).

Después de agrupadas las observaciones, se aplicó la prueba t a cada par de parámetros biométricos, con el objetivo de determinar si existían diferencias en los promedios entre los grupos de tallas. El índice de condición y el rendimiento no difieren ($P > 0.05$, $g.l = 13$ y 11 , respectivamente). Sin

embargo, al comparar el peso total y el peso fresco se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$, g.l. = 13 y 11, respectivamente).

Con base en éstos resultados se decidió analizar el peso total y el peso fresco por intervalo de talla, y el rendimiento e índice de condición como una sola muestra.

3.4.1 PESO TOTAL Y PESO FRESCO

El Análisis de Varianza encontró diferencias significativas entre los meses, tanto para el peso total como para el peso fresco dentro de ambos grupos de tallas (ANOVA, $P < 0.05$, gl = 13).

Para el peso total los máximos en las tallas de 45 a 49.5 mm se localizan en octubre de 1992 (35.23 g) y diciembre de 1993 (35.06 g), y los mínimos en septiembre de 1992 (27.65 g), así como en febrero (28.85 g) y agosto (28.55 g) de 1993 (Figura 1.7). La prueba Tukey indicó que los máximos y mínimos son significativamente diferentes, además que los mínimos no difieren entre sí, al igual que los máximos.

En las tallas entre 50-55 mm, el ANOVA determinó diferencias significativas ($P = 0.03$, g.l. = 13) pero las pruebas para comparación de medias no lograron discriminarla.

Para el peso fresco, el Análisis de Varianza indicó diferencias altamente significativas para ambos grupos ($P=0.000$, n = 12), presentando dicho parámetro un comportamiento similar para ambos intervalos de longitudes (Figura 1.7), con los mínimos entre febrero y julio de 1993 y

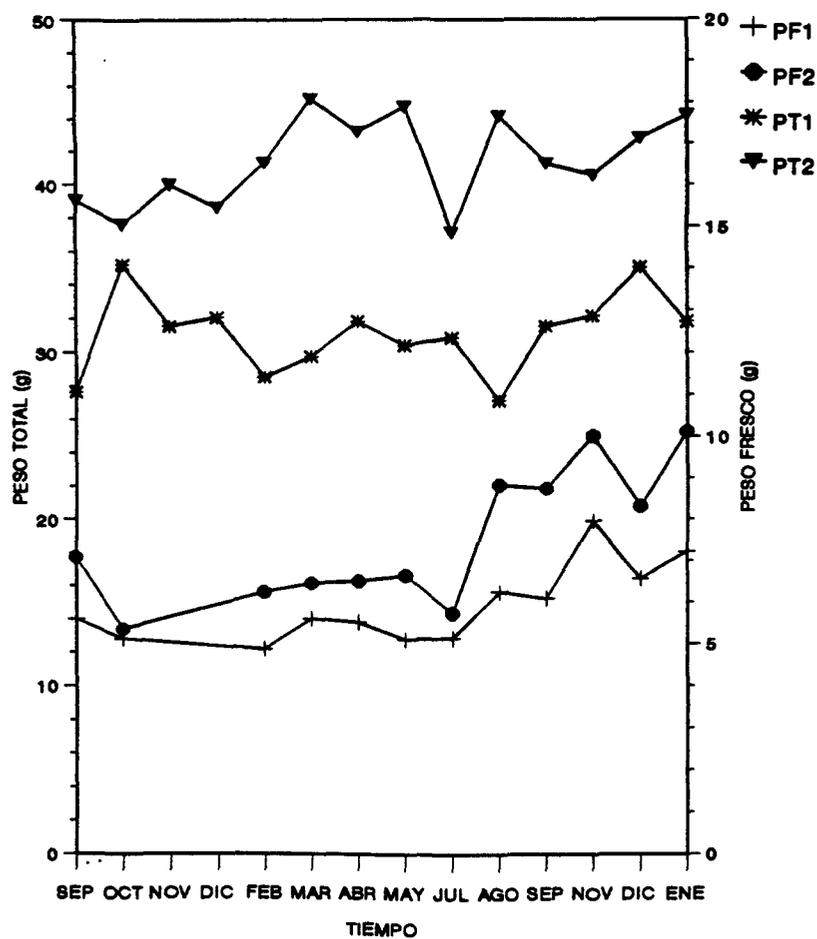


Fig. 1.7. Variación mensual en el peso total y el peso fresco de *Anadara tuberculosa*. Terraba-Sierpe, Puntarenas. PT1 y PF1 corresponden a las tallas 45-49 mm y, PT2 y PF2 a las tallas 50-55 mm.

los máximos en noviembre de 1993 y enero de 1994, sin diferencias significativas dentro de mínimos y dentro de máximos, pero sí entre ellos (Tukey).

El análisis de correlación por rangos de Spearman indicó que el peso fresco está correlacionado positivamente con el índice de condición ($r_s = 0.846$, $P = 0.0005$, $n = 12$) y con el rendimiento ($r_s = 0.9674$, $P = 0.0000$, $n = 12$). Por otro lado, no se encontró correlación entre el peso total y ambas variables ($P > 0.05$, $n = 14$).

3.4.2 INDICE DE CONDICION

La prueba Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre los meses de muestreo ($P < 0.05$, $n = 14$). Desde febrero de 1992 se inició un sostenido aumento del índice que culminó con los valores máximos en noviembre de 1993 (Figura 1.8), aunque se presentan picos menores en noviembre de 1992 y agosto de 1993.

3.4.3 RENDIMIENTO

A las observaciones de rendimiento (RP) se les aplicó la transformación angular (utilizada para porcentajes o proporciones, normalizando las observaciones, Sokal & Rohlf 1979). A los valores transformados se le aplicó un Análisis de Varianza de una vía. Dicho análisis indicó diferencias significativa ($P < 0.05$, g.l. = 11). Desde febrero a julio el rendimiento aumentó ligeramente. Después de julio, se observó un rápido incremento, el cual fue máximo a principios de

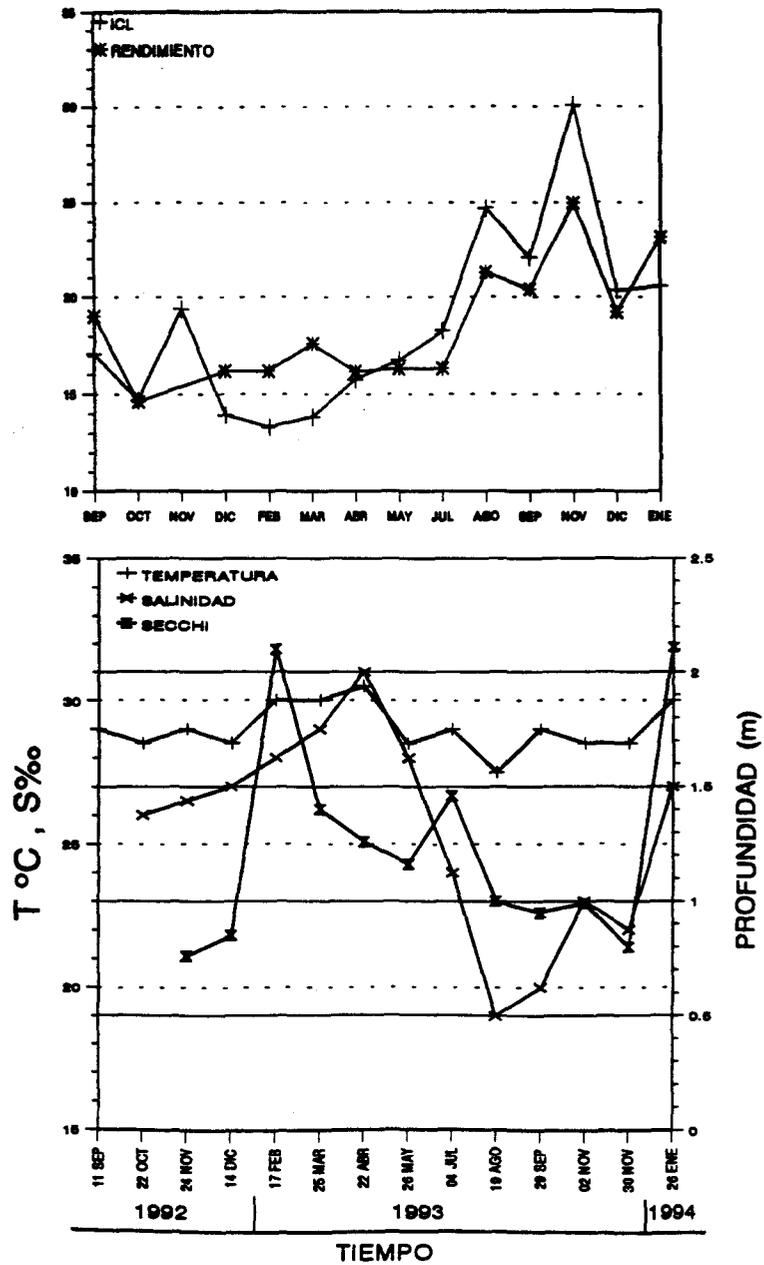


Fig. 1.8. Relaciones entre el índice de condición (ICL), el rendimiento y los parámetros físico-químicos en *Anadara tuberculosa*. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

noviembre (Figura 1.8), cuyo valor es diferente de los restantes (Tukey). También es notable la diferencia en el rendimiento para los meses de 1992, con relación al mismo período de 1993.

El análisis de correlación por rangos de Spearman determinó que el índice de condición está correlacionado positivamente con el rendimiento ($r_s = 0.8364$) y con el peso fresco ($r_s = 0.7972$) además, negativamente con la salinidad ($r_s = -0.7993$) ($P < 0.05$).

En el Cuadro 1.1 se presenta un resumen de las principales medidas biométricas y su estadística descriptiva comparado con los valores comunicados por Cruz & Palacios (1983) para la piangua del Golfo de Nicoya. Como se aprecia existe correspondencia en los valores para ambas zonas.

3.5 CHUCHECA

3.5.1 ESTRUCTURA DE POBLACION EN GUARUMAL

Al comparar las longitudes mensuales se encontró diferencias significativas (Kruskal-Wallis $P = 0.047$). Sin embargo, al realizar el mismo análisis sin incluir el mes de noviembre de 1992, la prueba no detecta diferencias (Kruskal-Wallis $P > 0.05$). La exclusión de dicho mes se debió a que el tamaño de la muestra fue menor que para los restantes meses, debido a que el muestreo no se pudo concluir.

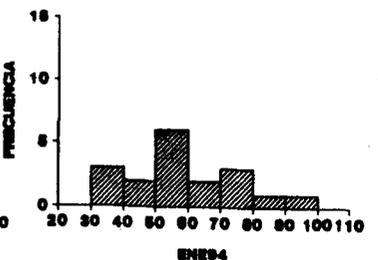
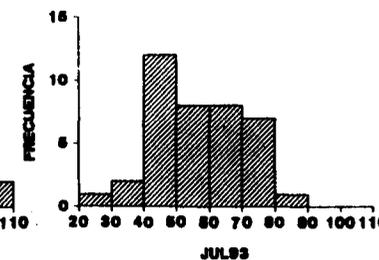
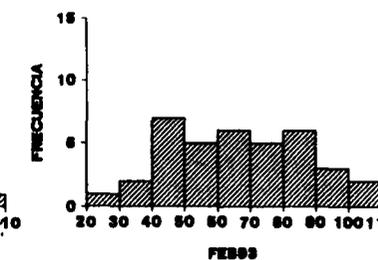
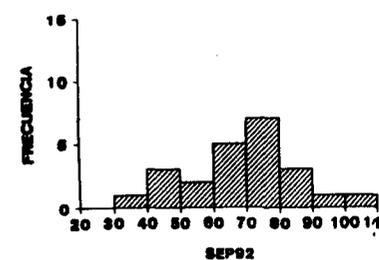
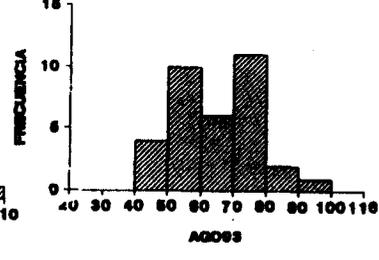
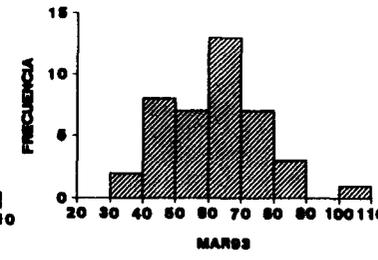
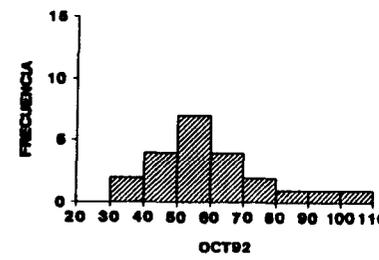
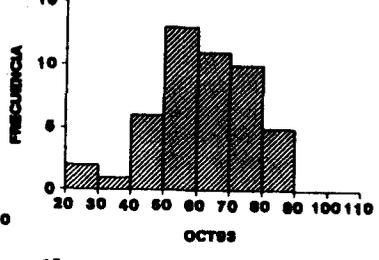
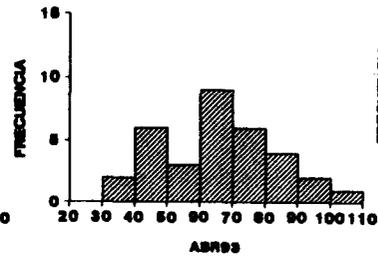
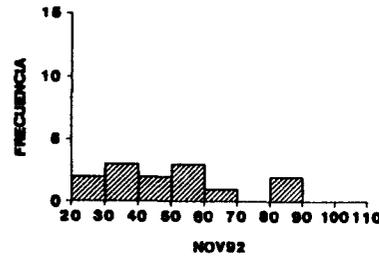
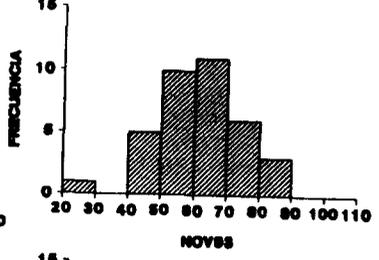
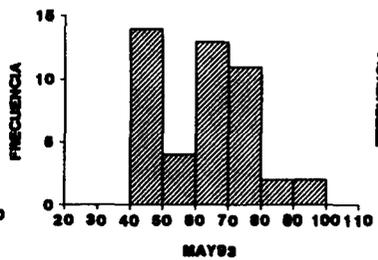
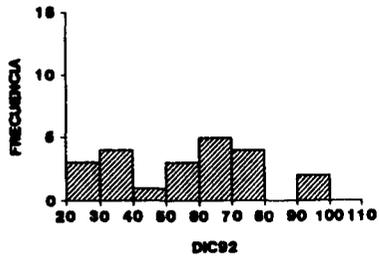
El comportamiento de la distribución de frecuencias (Figura 1.9) y de la media (Figura 1.10), denota tendencias

Cuadro 1.1.

Características biométricas de Anadara tuberculosa en Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se incluyen las observaciones de Cruz y Palacios (1983) en Punta Morales (valor dentro del paréntesis).

Variables		Max.	Min.	Media	Varianza
Longitud	(mm)	51.33 (70.3)	47.93 (24.9)	49.73 (48.38)	1.18 (36.35)
Ancho	(mm)	36.20 (52.20)	32.57 (21.20)	34.91 (35.28)	0.91 (17.54)
Peso total	(g)	39.73 (99.90)	33.16 (6.40)	36.15 (34.0)	3.54 (178.99)
Peso seco	(g)	1.50 (2.83)	0.66 (0.02)	0.91 (0.9)	0.05 (0.11)
Peso fresco	(g)	8.94 (15.0)	5.19 (1.80)	6.74 (6.06)	1.73 (4.05)
Rendimiento	(%)	24.96 (20.82)	14.62 (16.87)	18.75 (18.26)	11.03 -----

Fig. 1.9. Distribución de frecuencias de tallas de Anadara grandis colectadas mensualmente en el Bajo de la Chucheca, Boca Guarumal. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.



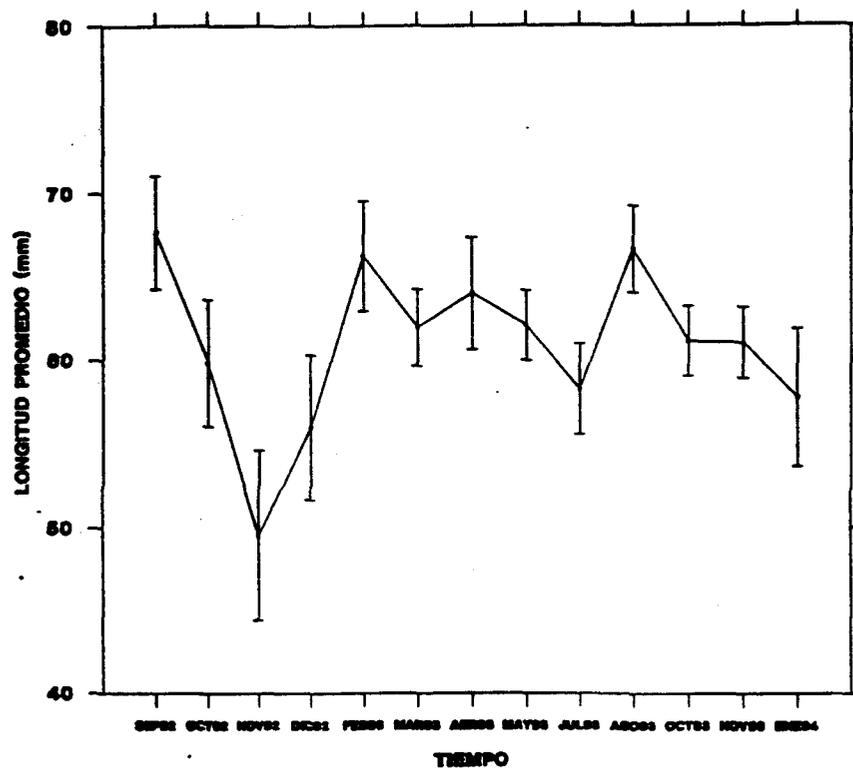


Fig. 1.10. Variación mensual de la longitud promedio de *Anadara grandis* en Boca Guarumal. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Las barras verticales representan el error estándar

bien marcadas. Se observa secuencia en el desplazamiento de las tallas entre noviembre de 1992 y mayo de 1993, al seguir la variación de los intervalos de clase 20-30 y 30-40 (Figura 9). El comportamiento del promedio indica la presencia de mínimos en noviembre de 1992, julio de 1993 y enero 1994.

3.5.2 ESTRUCTURA DE POBLACION POR LOCALIDADES

Las chuchecas más grandes se encontraron en Boca de Sierpe, donde se presentó una estructura de tallas marcadamente diferente con relación a las otras dos localidades. Además, la estructura entre Guarumal y Zacate se presenta muy similar (Figura 1.11). Al comparar las tres localidades se encontró diferencias significativas (Kruskal-Wallis $P < 0.05$).

3.5.3 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

La chucheca sólo se encontró en los bajos lodosos de Zacate, Guarumal y Sierpe. De estos tres sitios, las mayores densidades se encontraron en Guarumal y Sierpe (1 chucheca cada 100 m²) y la menor en Zacate (1 chucheca cada 150 m²). De los tres bajos el de mayor extensión es el de Guarumal, por lo que presenta la mayor abundancia absoluta.

3.6 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

3.6.1 SUELO

El suelo en los manglares se caracteriza por su formación aluvial, con aportes de sedimentos fluviales y marinos

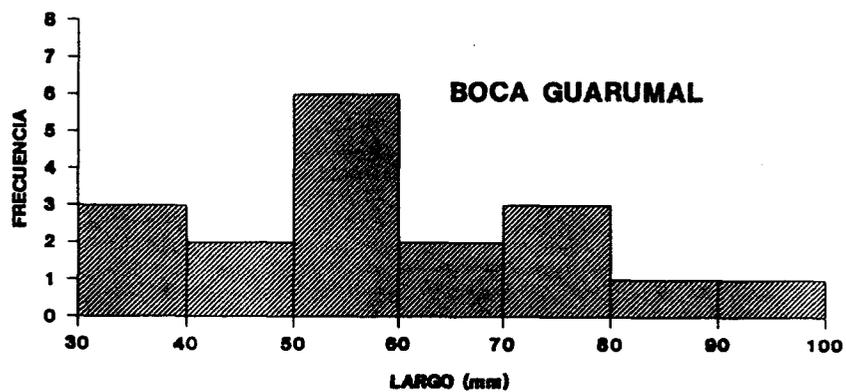
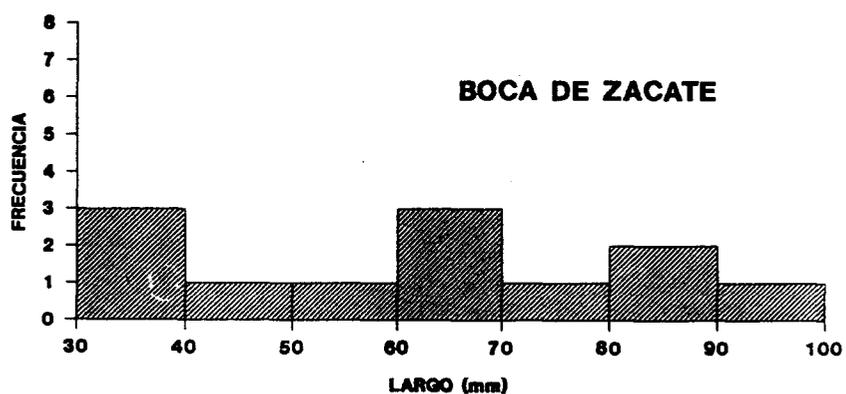
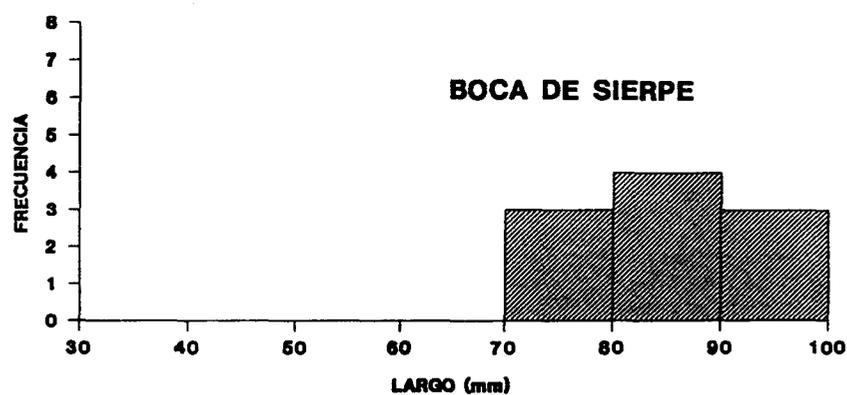


Fig. 1.11. Distribución de frecuencias de Anadara grandis por localidad de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas Costa Rica.

(FAO 1988a). Con base en los análisis realizados a muestras de sustrato procedentes de Boca Chica, Estero Zacate y Estero Guarumal, dentro de los límites de distribución de pianguas (Figura 1.6), se puede decir que la textura varía entre suelos franco, franco arenoso y franco arcilloso. La textura se determina según el tipo de partícula que predomina (Fournier 1993). En Boca Chica y en Estero Guarumal predominan los suelos franco y en Estero Zacate, franco arenoso (Cuadro 1.2).

Los análisis químicos mostraron las condiciones típicas de los suelos de manglar. El pH varió entre 4.1 y 6.8 con un promedio de 6.1 ± 0.77 . Los contenidos de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) variaron entre 3.3-5.6, 8.4-17.2 y 0.98-2.24 cmol(+)/l, respectivamente. El fósforo (P) varió entre 4.7-20.0 mg/l y la materia orgánica estuvo entre 2.3 y 7.20 % (Cuadro 1.2).

Las características de textura, pH y materia orgánica están dentro los ámbitos comunicados por Castaing et al. (1980) para la Costa Pacífica de Costa Rica.

3.6.2 TEMPERATURA

Variación espacial: La temperatura superficial del agua presentó un patrón de variación similar en los tres esteros (Guarumal, Zacate y Sierpe). La temperatura en las bocas de los esteros, en promedio, fue ligeramente superior a la de las estaciones internas (S1, G1 y Z1, Figura 1.12).

Variación temporal: Desde noviembre empezó a aumentar la

CUADRO 1.2

Características físico-químicas del sustrato en los sitios de muestreo . Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Se incluye valores de densidades de piangua.

LOCALIDAD	ORG./m ²	TEXTURA	pH	Ca*	Mg*	K*	P mg/l	M.O. %	S
BOCA CHICA	1	FRANCO	5.3	4.4	11.7	1.37	7.2	4.9	20
BOCA CHICA	0	FRANCO	6.1	4.5	11.9	1.32	6.6	4.9	19
BOCA CHICA	<1	FRANCO	6.2	4.4	13.2	1.8	5.2	3.8	20
ZACATE	<1	FRA-ARC	6.3	5.6	17.2	0.98	7.5	7.2	20
ZACATE	<1	FRA-ARE	6	3.3	8.4	2.01	20	3.8	20
ZACATE	4	FRA-ARE	6.8	4.9	13.7	1.89	8.2	2.3	21
ZACATE	3	FRA-ARE	6.5	4.4	14.2	2.19	4.8	3.6	20
ZACATE	2.5	FRA-ARE	6.8	4.2	12.1	1.66	7.3	4.7	20
GUARUMAL	3.5	FRANCO	6.8	4.9	14.6	2.19	6.8	4.9	20
GUARUMAL	1.4	FRA-ARE	4.1	3.9	12.2	1.57	4.7	3.8	17
GUARUMAL	4.4	FRANCO	6.5	4.8	14.2	2.24	5.2	5.2	19
GUARUMAL	2	FRANCO	6	4.4	12.9	2.02	7.3	3.8	18

* cmol(+)/l
 S SALINIDAD EN PARTES POR MIL
 FRA-ARE FRANCO-ARENOSO
 FRA-ARC FRANCO-ARCILLOSO

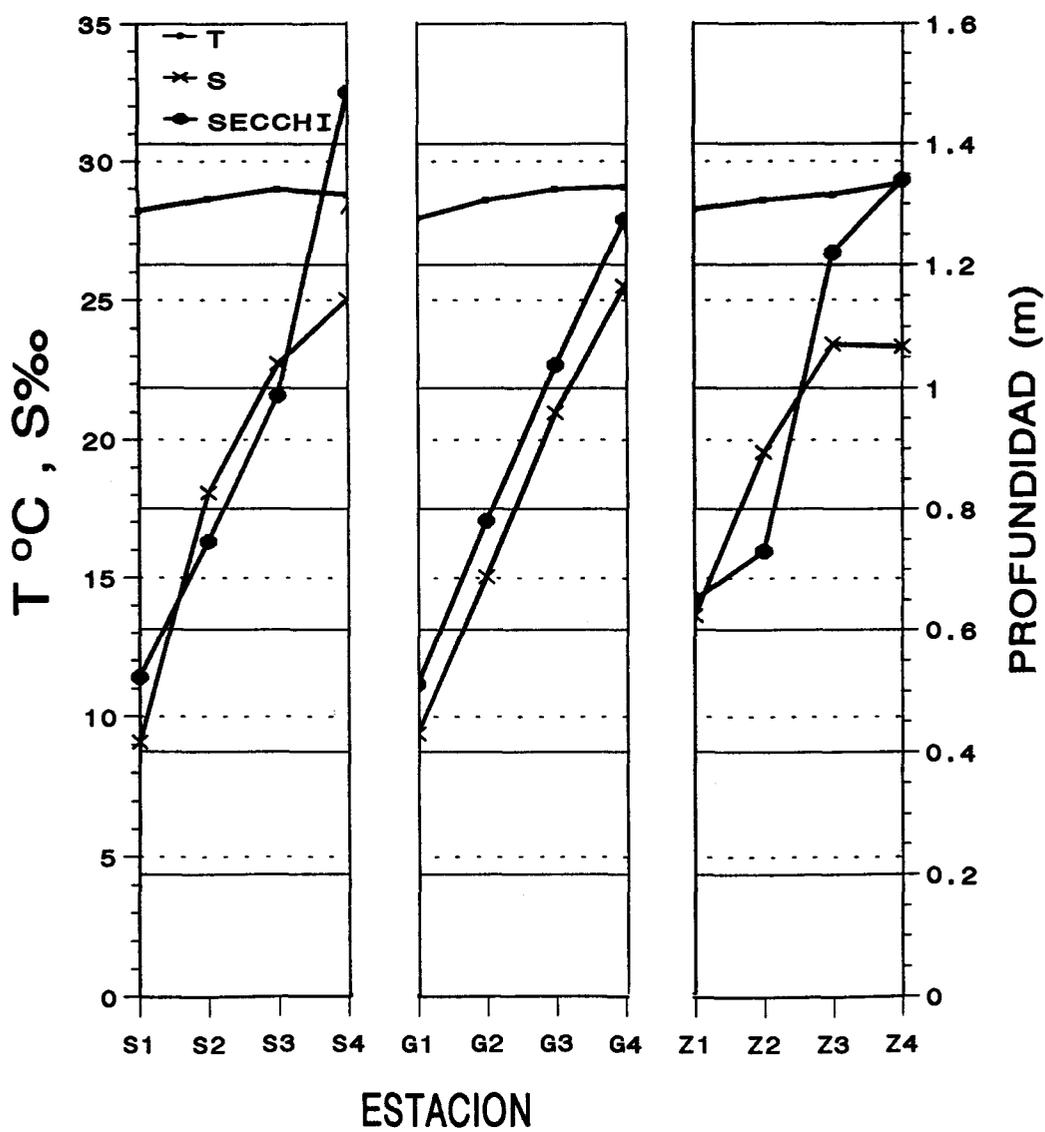


Fig. 1.12. Promedio de los parámetros físico-químicos por estación de muestreo. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. El promedio se obtuvo de los valores mensuales a lo largo del período de estudio.

temperatura, alcanzando los máximos entre febrero y abril, coincidiendo con la llamada época seca. A partir de abril desciende, hasta llegar a los valores mínimos entre agosto y noviembre, y aumenta nuevamente a partir de este mes. El comportamiento fue similar en los tres esteros (Figura 1.13).

3.6.3 SALINIDAD DEL AGUA RETENIDA EN EL MANGLAR

Variación espacial: Se presentó un patrón de variación de la salinidad similar en los tres esteros, observándose un aumento a medida que los puntos de muestreo se encontraban más cerca de las bocas (Figura 1.12).

Variación temporal: También se observó variación estacional, pues la salinidad aumentó a partir del mes de noviembre, alcanzando el máximo en abril, para después iniciar un descenso que culminó con los valores mínimos entre agosto y octubre (Figura 1.14).

3.6.4 TURBIDEZ (SECCHI)

Variación espacial: Partiendo de las estaciones internas y a medida que nos acercamos a las bocas de los esteros, se observó un aumento en la profundidad de lectura del disco Secchi, lo que sugiere menor cantidad de materia en suspensión (Figura 1.12).

Variación temporal: La máxima penetración de la luz, en los tres esteros, se presentó en los meses de enero, febrero, marzo y abril (Figura 1.15). La tendencia para todas las estaciones, después de abril, fue a una disminución de la

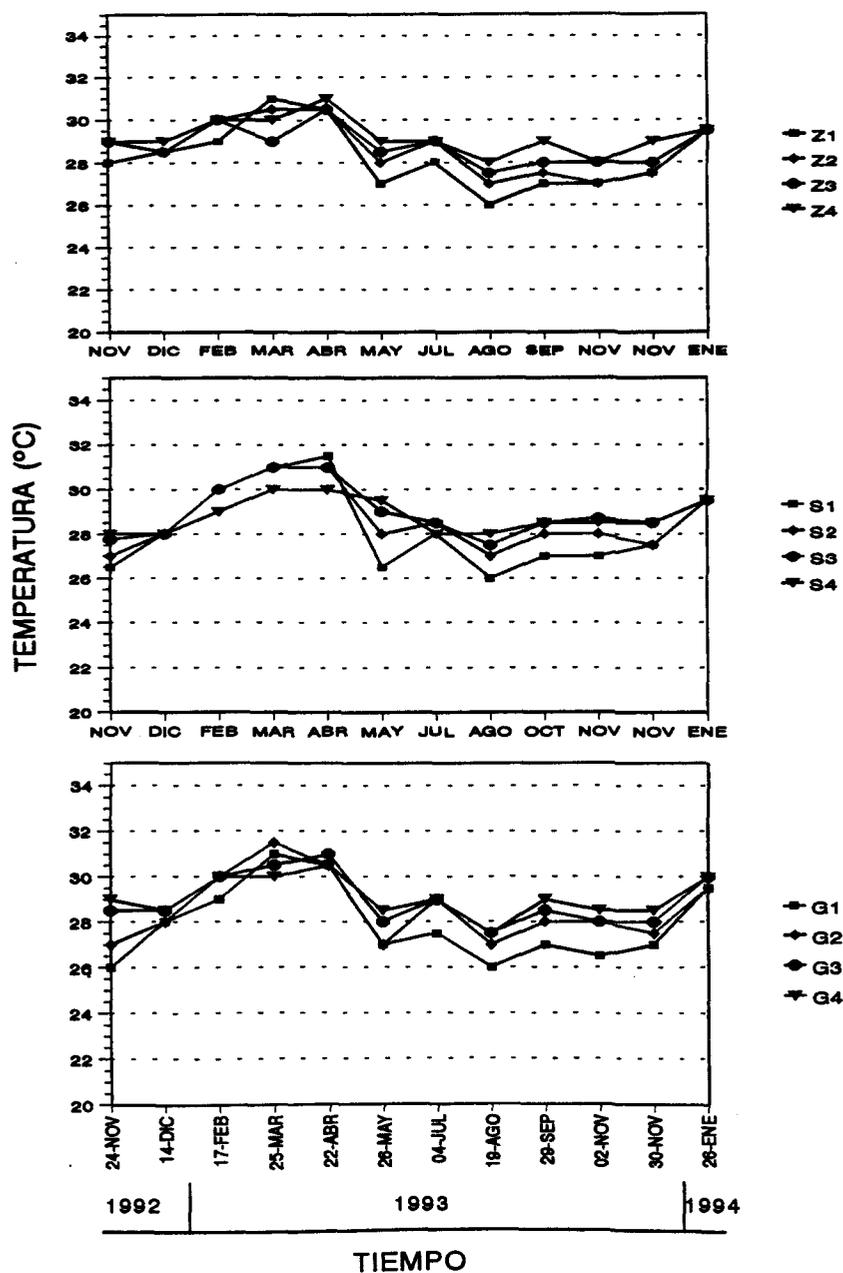


Fig. 1.13. Variación de la temperatura por mes y por estación de muestreo. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

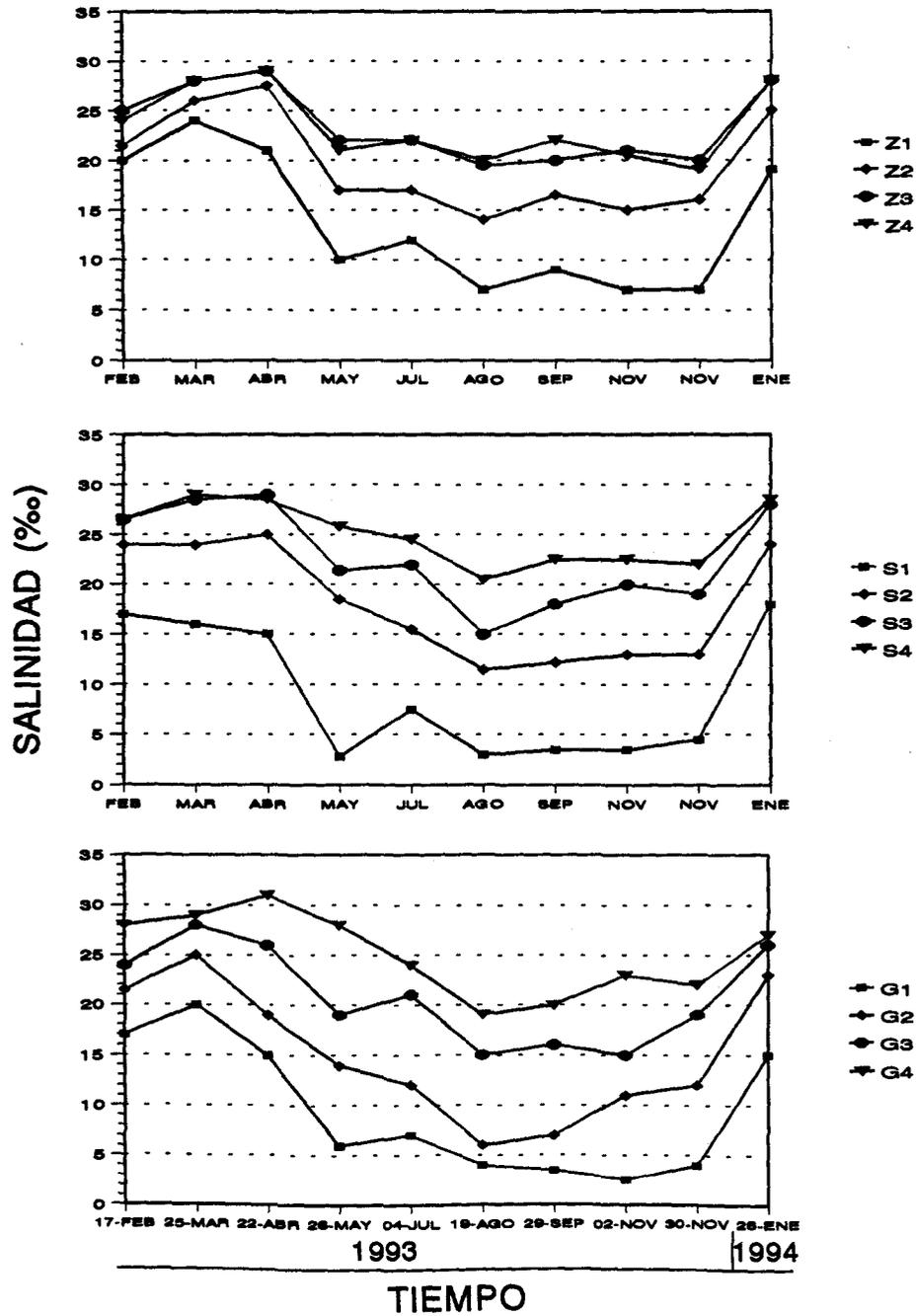


Fig.1.14. Variación de la salinidad por mes y por estación de muestreo. Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

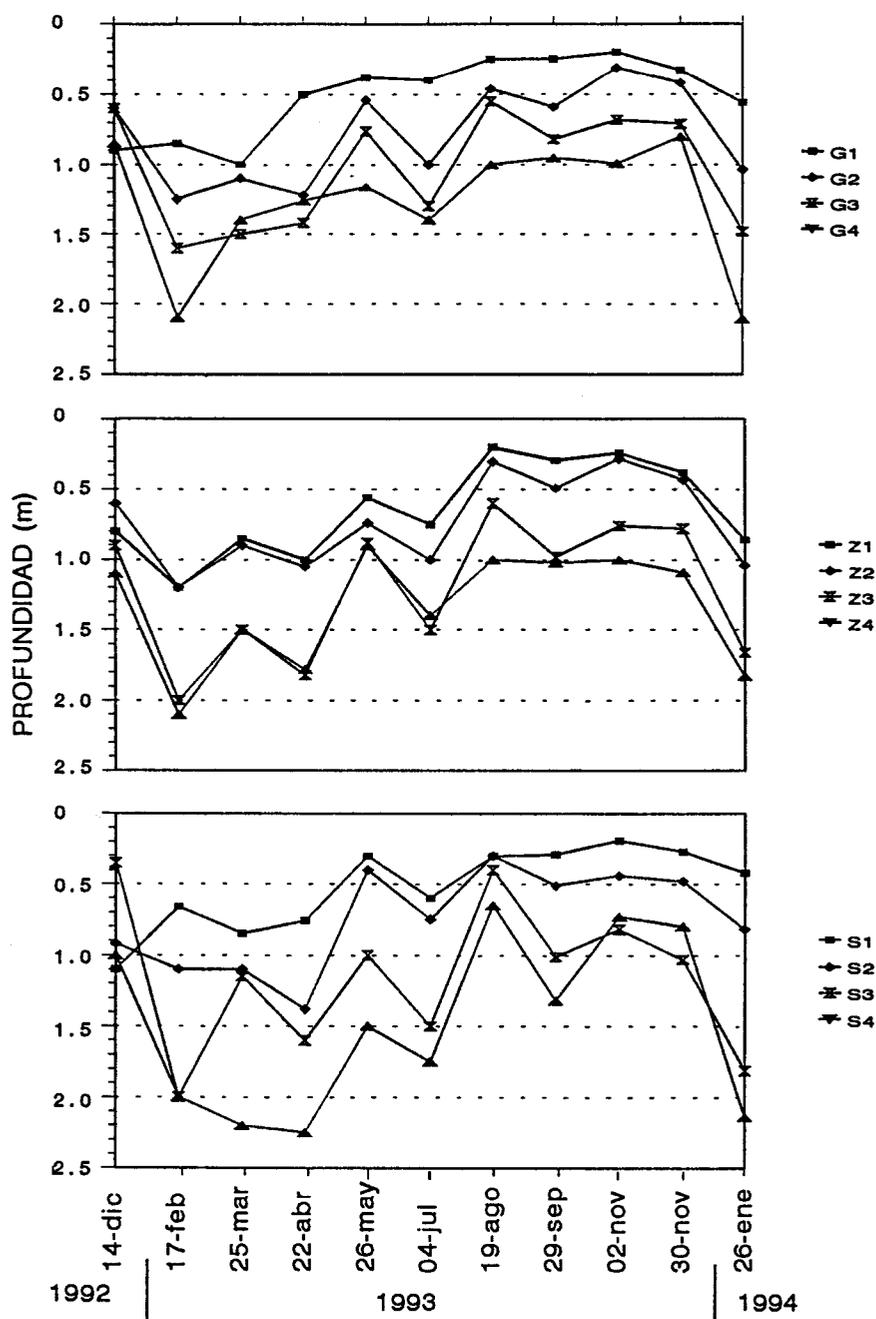


Fig. 1.15. Variación de la profundidad de lectura del disco Secchi por mes y estación de muestreo. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

profundidad de lectura del disco Secchi, lo que refleja un aumento de la turbidez.

La variación espacial de los tres parámetros mencionados fue similar en los tres esteros. La salinidad y la temperatura aumentaron desde las estaciones internas (S1, G1, Z1) y hacia las estaciones localizadas cerca de las bocas de los esteros (S4, G4, Z4). La turbidez presentó un comportamiento inverso, o sea que disminuyó a medida que se acerca a las bocas. Los mayores ámbitos de variación se presentaron para la turbidez y la salinidad, en Río Sierpe y en Estero Guarumal, y en menor medida Estero Zacate (Figura 1.12).

3.6.5 PRECIPITACION

De este parámetro sólo existe información desde abril de 1993 hasta enero de 1994. Con base en los informes suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional, se presentó un pico en mayo (364 mm^3). Dicho acumulado disminuyó en junio y julio, y vuelve a aumentar hasta el máximo de septiembre (642.2 mm^3), disminuyendo posteriormente hasta el mínimo de enero (4.3 mm^3) (Figura 1.16).

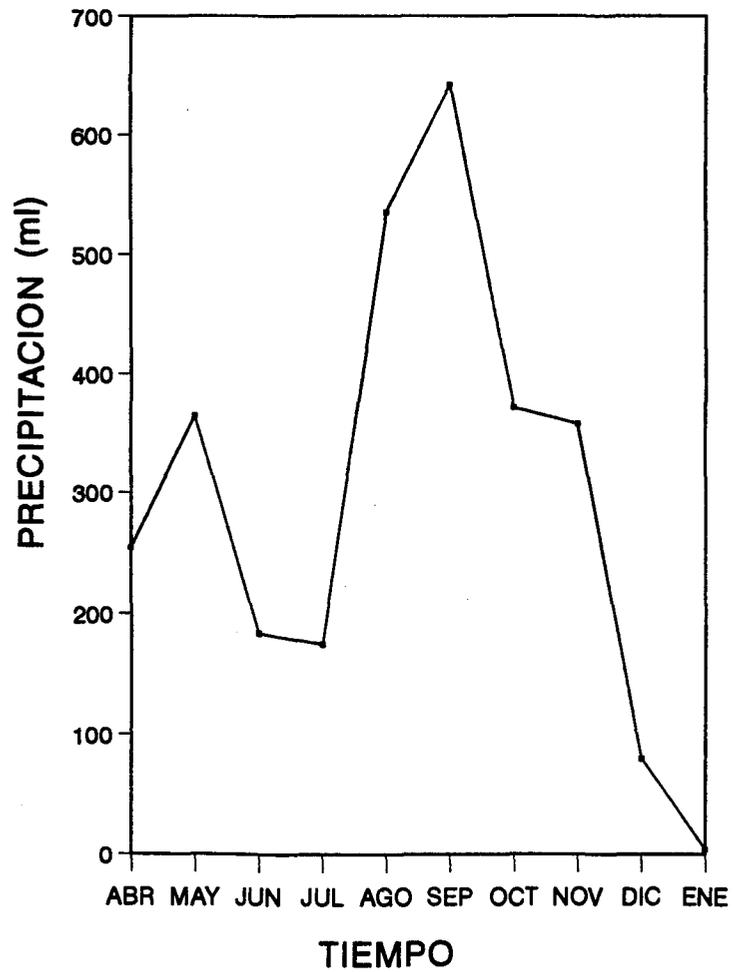


Fig. 1.16. Acumulado mensual de la precipitación desde abril de 1993 hasta enero de 1994. Estación localizada en Finca 3, Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

4 DISCUSION

4.1 PIANGUA

4.1.1 PARCELAS

La variación mensual en las densidades de pianguas se debe al muestreo sin reemplazo, pues al suspender dicho muestreo la abundancia aumentó.

La mayor cantidad de pianguas que se presenta al alejarnos del borde del manglar refleja las comunicaciones de los piangüeros, pues regularmente ellos encuentran mayores cantidades del molusco al alejarse de la orilla, lo cual puede estar relacionado con la menor estabilidad del sustrato en los bordes del manglar, o con mayor extracción por ser más accesible.

La "poca" recuperación en las densidades de pianguas, después de suspender los muestreos por aproximadamente 4 meses, puede estar relacionado con alteraciones de la estructura del sustrato causadas por la entrada de 4 personas en cada parcela mes a mes. El excesivo pisoteo, especialmente cuando el suelo está húmedo, puede producir compactación de los materiales finos y alterar seriamente la estructura (Fournier 1993).

También hay que considerar el hecho que los muestreos están sujetos a sesgos producidos por la extracción comercial de la piangua, ya que no hay forma de garantizar que cuando se muestreó las parcelas, los piangüeros no habían recolectado las pianguas en días anteriores. Para un mejor cálculo de la

tasa de recuperación se necesita controlar la entrada de personas a los sitios experimentales.

A pesar de lo intensivo del muestreo resulta alentador que la piangua soportara tal intensidad de explotación. Esto sugiere que el recurso es todavía abundante, a pesar de la explotación continua por aproximadamente 30 años (FAO 1988b), y que la talla mínima legal de captura resulta adecuada para permitir la reproducción del molusco, pues existe una marcada diferencia entre la talla de primera maduración, 23 mm (Ampie & Cruz 1989) y la talla a la que se captura.

4.1.2 ESTRUCTURA DE POBLACION

Estudios de estructura de población resultan adecuados cuando se pueden obtener muestras que reflejen la composición total por tallas o por edades. Métodos como el tamizado del sustrato resultan adecuados para estudios de este tipo (Martínez 1988, Palacios et al. 1986a).

A pesar del inconveniente que representa el muestreo manual, pues los piangueros se especializan en obtener tallas grandes, y su capacidad de captura disminuye al disminuir el tamaño de los ejemplares, el muestreo resultó adecuado para establecer ciertas observaciones.

El desplazamiento de la moda hacia valores menores entre marzo y julio, así como en enero, puede estar relacionado con períodos de reclutamiento de los ejemplares de tallas entre 40 y 45 mm. Esto por cuanto, dichas tallas estarán alcanzándose aproximadamente tres años después de los picos de desove,

según cálculo realizado con base en la información de Squires *et al.* (1975) y Villalobos & Báez (1983). Los picos ocurren en abril-mayo y en noviembre-diciembre (ver capítulo II).

La mayor talla promedio, la mayor moda y la existencia de mayor número de individuos en el grupo de tallas de 50-57.5 mm de la piangua procedente de Boca Chica, refleja el menor grado de explotación de sus poblaciones (Martínez 1988, Ortega 1987). Hay dos factores que hacen poco atractiva su explotación: las bajas densidades de piangua que caracteriza a la zona y las irregularidades en el proceso de recibimiento del producto en Puerto Cortés (comunicaciones personales de los piangueros).

4.1.3 DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

La ausencia y las menores densidades de pianguas en Cuatro Bocas, Boca Brava, y Boca Chica puede estar relacionado con el efecto del Río Grande de Térraba, el cual arrastra grandes cantidades de sedimentos, lo que puede provocar menor estabilidad del sustrato, afectando el asentamiento larvario y el desarrollo de comunidades bentónicas (FAO 1988a). Otra razón podría ser la estrechez de las bocas, lo que puede disminuir el flujo de larvas hacia las zonas de asentamiento y cría. Por otro lado, dentro del área apropiada para la existencia de la piangua (Figura 1.6), existen sitios, como por ejemplo en Estero Zacate, que no presentan densidades importantes del molusco, al parecer por la dureza del sustrato.

Considero como un requisito necesario, pero no suficiente, que el sustrato sea blando para permitirle al molusco enterrarse. En sitios donde el sustrato es lo suficientemente duro para que una persona camine sin enterrar los pies, generalmente no se encuentran pianguas, o se encuentran muy esporádicamente. Tal vez esta sea la causa de que los piangueros respondan con la frase: el suelo es muy duro, a la pregunta: ¿porqué no hay piangua en determinado lugar?.

En Estero Guarumal se presentaron las mayores abundancias de pianguas y lo importante no es sólo que las densidades sean altas si no, que existe una mayor continuidad en la distribución, en el sentido de que si se compara con Estero Zacate, se presentan menos sitios sin pianguas.

Es notorio el hecho de que sitios con características físicas y químicas del sustrato similares a las encontradas en Estero Guarumal (con altas densidades de pianguas), estén libres de pianguas o con densidades muy bajas. El mayor contraste ocurre entre Boca Chica y Guarumal, aun cuando ambos presentan el mismo tipo de suelo (Cuadro 1.2).

Resultaría sumamente interesante establecer patrones de flujo del agua en las diferentes bocas, para analizar las posibles direcciones de dispersión y reentrada de larvas.

Los análisis de textura, materia orgánica y química no aportan elementos para establecer algún patrón en la distribución de pianguas, lo cual coincide con lo encontrado por Campos et al. (1990). Esto probablemente porque la

distribución de la piangua por parches dentro del área marcada como apropiada, es el resultado de la interacción de múltiples factores y no del comportamiento de uno en particular.

Otro aspecto son los límites en la distribución del recurso. Tomando en cuenta que de los factores estudiados, la salinidad presenta mayor variación estacional y diaria y, por otro lado, que muchos autores consideran la salinidad como un factor importante en la distribución de los moluscos (Castaing et al. 1980) y en particular de los árcidos (Broom 1985, Gainey & Greenberg 1977, Pathansali 1961 y 1963), se puede argumentar que este parámetro es de suma importancia como factor limitante.

La menor salinidad en la que se encontró a A. tuberculosa fue de 12 ‰ en agosto, en Estero Trastos, a densidades de 0.55-1.2 organismos/m². Si se considera la salinidad de 12 ‰ como el límite inferior de resistencia para la piangua (Campos et al. 1990), entonces se puede considerar este factor como el limitante para que la piangua sólo se encuentre distribuida en Estero Guarumal, desde Estero Trastos hasta la boca. Así como, uno de los principales factores responsables de las bajas densidades de pianguas en el Río Sierpe y en Boca Chica, afectada mayormente por el flujo de agua del Río Grande de Térraba.

En la estación G-3, localizada en Vuelta Rodríguez (dentro del área de distribución de la piangua, pero cerca de su límite), la salinidad entre los meses de agosto a noviembre, se mantuvo en o cerca de 15 ‰. Por lo que

considero que éstas salinidades, relativamente bajas, limitan la distribución de la piangua, pues no se encontraron individuos antes de la intersección Vuelta Rodríguez entrada a Trastos, con salinidad de 11 ‰ .

La salinidad se considera un factor importante en la regulación de la tasa de filtración de los moluscos, disminuyendo ésta con la disminución de la salinidad (Madrigal et al. 1985). Las tasas de crecimiento también resultan afectadas por exposiciones prolongadas a bajas salinidades, ya que el molusco mantiene las valvas cerradas para evitar la entrada de agua y por lo tanto disminuye considerablemente el tiempo de filtración (Broom 1982b, Richardson 1987), recurriendo a las reservas metabólicas para sobrevivir (Rainer et al. 1979).

A. granosa es capaz de sobrevivir a salinidades de hasta 12 ‰ (Pathansali 1963, Davenport & Wong 1986), aunque presenta cierto grado de mortalidad, aproximadamente el 50 % después de 168 h de experimentación (Davenport & Wong 1986). A. senilis abre sus valvas sólo cuando la salinidad supera las 15 ‰, para evitar la excesiva dilución de la hemolinfa (Djangmah et al. 1979). A. trapezia cierra sus valvas al disminuir la salinidad hasta 10 ‰, resultando más sensible a los cambios que otras especies (Rainer et al. 1979). Squires et al. (1975) comunicó que A. tuberculosa se encontró en salinidades de entre 15 y 23 ‰.

4.1.4 BIOMETRIA

4.1.4.1 PESO TOTAL Y PESO FRESCO

Las diferencias significativas entre ambos grupos de tallas, indican que el peso total y el peso fresco aumentan con el tamaño del organismo (Cruz & Palacios 1983, Squires et al 1975). El peso total presenta un comportamiento más oscilatorio lo que se ve reflejado en la Figura 1.7 y en los resultados del análisis de correlación. Esto por cuanto dicho parámetro está influenciado por el desgaste natural y por las partículas adheridas a la concha, así como por el peso del agua retenida por el molusco. Estos factores no son constantes y provocan alteraciones en el peso total.

El peso fresco no se ve afectado por dichos factores, por lo que su comportamiento es más estable, reflejando mejor la gordura del animal.

4.1.4.2 INDICE DE CONDICION Y RENDIMIENTO

El índice de condición y el rendimiento presentaron un comportamiento similar, con los valores mínimos en la época seca y los máximos en la lluviosa. Cruz y Palacios (1983) comunicaron estos mismos patrones para la piangua en el Golfo de Nicoya.

La correlación negativa con la salinidad concuerda con las observaciones de que el índice de condición es menor en la época seca, cuando las salinidades son más altas (Cruz 1982, 1984a y b).

Ambos índices presentaron un patrón similar al de la turbidez ya que, aumentaron a medida que las aguas se hicieron más turbias, pero sin ser máximos en los máximos de la turbidez. Este comportamiento puede estar relacionado con la existencia de partículas en suspensión y la disponibilidad de alimentos (Cruz 1982), aunque hay que considerar el efecto de las partículas suspendidas sobre la capacidad respiratoria del organismo (Broom 1982a, Peddicord 1977, Sastry 1979).

Un aspecto que se trata de reflejar a través del índice de condición es el reproductivo (Fernández Castro & Video de Mattio 1987). Se han encontrado estrechas relaciones entre dicho índice y los períodos de maduración y desove en muchos moluscos (Cruz 1984a y b, Liang 1981, Palacios et al 1986b).

Los mayores problemas relacionados con el índice de condición son: la metodología para su cálculo y la interpretación e identificación de las causas que lo afectan (Lawrence & Scott 1982). Muchos factores pueden afectarlo, elementos fisiológicos, factores ambientales e inclusive la contaminación se relacionan con su variación, además de la imprecisión del método volumétrico, el cual se ve afectado por problemas de densidad del agua y errores de manipulación (Andrews 1961, en Laurence & Scott 1982).

Mediante la utilización de la longitud, se gana en precisión y simplicidad, siempre y cuando el resultado exprese la condición del organismo, como efectivamente ocurre con A. tuberculosa, ya que el índice refleja adecuadamente el rendimiento y el desarrollo gonadal (Capítulo II).

4.2 CHUCHECA

4.2.1 ESTRUCTURA DE POBLACION

La estructura de tallas de la chucheca para Guarumal refleja la entrada de tallas menores a la población. El comportamiento de la media y de la distribución de frecuencia apoyan dicha observación, pues se presentó mayor frecuencia de tallas menores en noviembre-diciembre de 1992, mayo-julio de 1993 y noviembre de 1993-enero de 1994.

La diferencia en el resultado del Análisis de Varianza, al incluir o excluir el mes de noviembre 1992, debe ser tratado con cuidado. Considero que a pesar del tamaño de la muestra, el comportamiento de la media y de la secuencias de histogramas (Figuras 1.9 y 1.10) muestran claras tendencias, lo cual hace suponer que es adecuado la inclusión del mes de noviembre en el Análisis de Varianza.

La estructura de tallas por localidades muestra la explotación del recurso. La chucheca de Guarumal y de Zacate está más explotada, pues dichas localidades son más frecuentadas por los pescadores, los cuales aprovechan la marea baja para la extracción del molusco, ya sea para el consumo o para la venta en Puerto Cortés, donde se paga a 50 colones la unidad. Sierpe se encuentra más aislado y es menos frecuentado por los pescadores por lo que la población de chuchecas está más protegida.

Las bajas densidades ponen de manifiesto que la chucheca se está explotando comercialmente a pesar de estar protegida por ley desde 1977, (Decreto Ejecutivo Nº 7094, FAO 1988a).

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La densidad de población de Anadara tuberculosa en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe se estimó en 1.72 pianguas/m² (límites de confianza al 95 % = 1.25-2.19).

2- Los sitios de mayor abundancia se presentaron en Boca Guarumal.

3- Su abundancia absoluta se calculó entre 36 523 688 y 58 566 124, con un promedio de 46 018 151 individuos.

4- La estructura de tallas presentó patrones similares para Sierpe, Guarumal y Zacate, pero diferente para Boca Chica, donde la talla promedio fue mayor (49.75 mm).

5- La piangua presentó una alta resistencia a la explotación, pues soportó la extracción masiva, sin restitución, desde septiembre de 1992 hasta septiembre de 1993, mostrando capacidad de recuperación en poco tiempo.

6- Dentro del área de distribución de la piangua no se encontró relación entre los parámetros físico-químicos y la abundancia. Se recomienda un estudio más detallado, de distribución escogiendo a Boca Guarumal, por su accesibilidad y disponibilidad de piangüeros, como el mejor sitio para dicho estudio.

7- De los parámetros físico-químicos, la salinidad resultó el factor más variable, por lo que justifica su efecto como factor limitante en los límites de distribución de la piangua.

8- El peso fresco de la piangua, para tallas de 45-55 mm, se calculó en 6.74 g, con un rendimiento de 18.75 %, los cuales son similares a los valores calculados para el Golfo de Nicoya por Cruz & Palacios (1983).

9- Se recomienda mantener la talla mínima de captura y la realización de monitoreos mensuales para verificar el cumplimiento de dicha norma, en los sitios de procesamiento (quebradores), pues el aumento del precio de la piangua, estimula la explotación del recurso.

10- La piangua no está sobre-explotada, ni corre peligro inminente de sobre-explotación, si se mantiene el nivel actual de explotación.

11- La población de Anadara grandis presentó densidades muy bajas y su distribución se circunscribe a pequeños bajos lodosos de Boca de Sierpe cerca de Estero Virginia, al Bajo de la Chucheca en Boca Guarumal y al bajo de Boca de Zacate, frente a la estación Z-4.

12- Dicha especie está siendo explotada, lo que se ve reflejado en las bajas densidades y las menores tallas de las

zonas más frecuentadas por los pescadores, a pesar de estar protegida desde 1977, mediante el Decreto Ejecutivo Nº 7094. Se necesita establecer un mejor control sobre la demanda de compra, para eliminarla, pues es el principal factor que contribuye a su explotación comercial.

LITERATURA CITADA

- Ampie, C.L. & R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. *BRENESIA* 31: 21-24
- Broom, M.J. 1982a. Structure and seasonality in a Malaysian mudflat community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 135-150.
- Broom, M.J. 1982b. Analysis of the growth of Anadara granosa (Bivalvia: Arcidae) in natural, artificially seeded and experimental populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 9:69-79.
- Broom, M.J. 1983. Mortality and production in natural, artificially-seeded and experimental populations of Anadara granosa (Bivalvia: Arcidae). *Oecologia* 58:389-397.
- Broom, M.J. 1985. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara. *ICLARM-Studies and Reviews* 12: 37 pp.
- Campos, J.A., M.L. Fournier L. & R. Soto. 1990. Estimación de la población de Anadara tuberculosa (Bivalvia:Arcidae) en Sierpe-Térraba, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38(2B):477-480.
- Castaing, A., J.M. Jiménez & C.R. Villalobos. 1980. Observaciones sobre la ecología de manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica y su relación con la distribución del molusco Geloina inflata (Philippi) (Pelecypoda: Corbiculidae). *Rev. Biol. Trop.* 28(2): 323-339.
- Cruz S., R.A. 1982. Variación mensual del índice de condición del molusco Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 30(1): 1-4.
- Cruz, R.A. 1984a. Algunos aspectos de la reproducción de Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32(1): 45-50.
- Cruz, R.A. 1984b. Algunos aspectos reproductivos y variación del índice de condición de Anadara similis (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *BRENESIA* 22: 95-105.
- Cruz, R.A. 1986. Caracteres generales, edad y crecimiento de Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). *UNICIENCIA* 3 (1-2): 25-29.

- Cruz, R.A. & J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 31(2): 175-179.
- Davenport, J. & T.M. Wong. 1986. Responses of the blood cockle Anadara granosa (L.) (Bivalvia: Arcidae) to salinity, hipoxia and aerial exposure. Aquaculture 56: 151-162.
- Djangmah, S.E. Shumway & J Davenport. 1979. Effects of fluctuating salinity on the behaviour of the West African blood clam Anadara senilis and on the osmotic pressure and ionic concentrations of the haemolymph. Mar. Biol. 50: 209-213.
- FAO. 1988a. Manejo integral de un área de manglar. Propuesta de manejo forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva de Terraba-Sierpe, Costa Rica. Informe Técnico Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en el trabajo de P.W. Chong. 172 p.
- FAO. 1988b. Manejo Integral de un área de manglar. Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, Costa Rica, Información básica. Informe Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en la labor de Isabel Martín Núñez. 140 p.
- Fernández C., N. & N. de Vido de Mattio. 1987. Biochemical composition, condition index, and energy value of Ostrea puelchata (D'Orbigny): relationships with the reproductive cycle. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 108: 99-111.
- Fournier O., L.A. 1993. Recursos Naturales. 2. ed. corr. y aum. San José, C.R. EUNED: 33-38.
- Gainey, L.F. & M.J. Greenberg. 1977. physiological basis of the species abundance-salinity relationship in molluscs: a speculation. Mar. Biol. 40: 41-49.
- Hadfield, A.J. & D.T. Anderson. 1988. Reproductive cycles of the bivalve molluscs Anadara trapezia (Dehayes), Venerupis crenata lamarck and Anomia descripta Iredale in the Sydney region. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 39: 649-660.
- Hansopa, Y., K. Thanormkiat, S. Limsakul, Y. Charoenvittayakul, T. Chongpeepien, C. Mongkolmann & S. Tuaycharoen. 1988. Growth, mortality and transportation studies on transplanted cockles (Fam. Arcidae) in Nakhon Bay, Thailand. p. 102-108. In E.W. McCoy and T.

- Chongpeepien (eds.) Bivalve mollusc culture research in Thailand. ICLARM Technical Reports 19, 170 p.
- Jiménez R., J.A. & R. Soto S. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 25-38.
- Lawrence, D.R. & G.I. Scott. 1982. The determination and use of condition index of oysters. Estuaries 5(1): 23-27.
- Liang, O.T. 1981. Ecology of cockle: culture bed and its relationship to the growth of Anadara granosa(L.). Tesis de Maestría. University Sains, Malaysia. 146 p.
- Madrigal, C.E., J.A. Montoya, R.Q. Quezada, O.P. Urpí & E.Z. Madriz. 1985. Estructura de población y distribución de talla del ostión de manglar (Crassostrea rhizophorae, Guilding, 1828) en el estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 61-62.
- Martínez C., L.R. 1988. Bioecología de la almeja negra Chione fluctifraga (Sowerby, 1853). Rev. Biol. Trop. 36(2A): 213-220.
- Ortega, S. 1987. The effect of human predation on the size distribution of Siphonaria gigas (Mollusca: Pulmonata) on the Pacific Coast of Costa Rica. Veliger 29(3):251-255.
- Palacios, J.A., J.Bolaños, J.A. Rodríguez & R.A. Cruz. 1986a. Estudio sobre la biología de Protothaca asperrima (Pelecypoda: Veneridae) II. Estructura de población. BRENESIA 25-26: 12-22.
- Palacios, J.A., R.A. Cruz, J.Bolaños & J.A. Rodríguez. 1986b. Estudio sobre la biología de Protothaca asperrima (Pelecypoda: Veneridae) III. Ciclo reproductivo. BRENESIA 25-26: 23-32.
- Pathansali, D. 1961. Notes of the biology of cockle, Anadara granosa L. Proc. Indo-Pacific Fish. 11(II): 89-98.
- Pathansali, D. 1963. On the effect of salinity changes on the activity of the cockle, Anadara granosa L. Malaysian Agr. J. 44(1): 18-25.
- Peddicord, R.K. 1977. Salinity and substratum effects on condition index of the bivalve Rangia cuneata. Mar. Biol. 39: 351-360.
- Rainer, S.F., A.M. Ivanovici & V.A. Wadley. 1979. Effect of reduced salinity on Adenylate Energy Charge in three estuarine molluscs. Mar. Biol. 54: 91-99.

- Richardson, C.A. 1987. Microgrowth patterns in the shell of the Malaysia cockle Anadara granosa (L.) and their use in age determination. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 111: 77-98.
- Sastry, A.N. 1979. Reproduction of marine invertebrate: Pelecypoda (Excluding Ostreidae). Volumen V Molluscs: Pelecypods and lesser classes. Edited by Arthur C. Giese & John S. Pearse. Academic Press New York. 113-291.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1979. *Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones, Madrid. 832 p.
- Squires, H.J., M. Estévez, O. Barona & O. Mora. 1975. Mangrove cockles, Anadara spp. (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific Coast of Colombia. *Veliger* 18(1): 57-68.
- Villalobos, C.R. & A.L. Báez. 1983. Tasa de crecimiento y mortalidad de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) bajo dos sistemas de cultivo en el Pacífico de Costa Rica. *Rev. Lat. Acuí.* 17: 9-18.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice-Hall, Inc. USA. 718p.

CAPITULO II

**Ciclo reproductivo de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae)
en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.**

RESUMEN

Mediante muestreos manuales, desde septiembre de 1992 hasta enero de 1994, se recolectaron 20 ejemplares cada mes de Anadara tuberculosa en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe, entre las tallas de 45-55 mm. A cada ejemplar se le extrajo una sección de la parte media del cuerpo mediante corte transversal a nivel de gónada. Dicha sección fue procesada mediante técnicas histológicas para la preparación de placas, las cuales fueron utilizadas para medir el diámetro de los ovocitos. Para la determinación de los picos de desove se analizó la distribución de frecuencias del diámetro, a través de serie de histogramas. También se analizó la proporción de sexos y se midieron los parámetros ambientales (temperatura, salinidad y turbidez). Se ensayó con diferentes tipos de colectores (cuerda de henequén, planchas de fibrocemento, conchas de piangua, coco desmechado, malla de fibra de vidrio), colocados en canales y sobre el manglar, para la captación de semilla de piangua. Se encontró que la piangua presenta reproducción continua, con picos de desove en noviembre-diciembre y en abril-mayo, los cuales ocurren cuando la salinidad está alta (25-30 ‰). La proporción de sexos no se apartó de la esperada, 1:1 y los colectores no resultaron adecuados como sustrato para el asentamiento larvario. Al analizar el diámetro promedio con relación a la biometría se encontró correlación con el índice de condición ($r_s = 0,81$), el rendimiento ($r_s = 0.85$) y el peso fresco ($r_s = 0.69$), en todos los casos $P < 0.05$.

1 INTRODUCCION

Las estrategias reproductivas en los invertebrados se han estudiado con respecto a tipos de reproducción (Thorson 1950, Mileykovsky 1971, Vance 1973), patrones de asentamiento larvario (Watzin 1986), así como relaciones entre las estrategias de dispersión y los patrones biogeográficos (Scheltema & Williams 1983). Así mismo, estudios de los ciclos reproductivos han establecido las épocas de desove, asentamiento larvario y reclutamiento en algunas especies (Gallagher & Reid 1974, Petraitis 1991, Sakker 1986).

En los moluscos algunas investigaciones se han enfocado hacia la descripción de los ciclos reproductivos (Hadfield & Anderson 1988, Palacios et al. 1986, Toral-Barza & Gómez 1985), así como al establecimiento de relaciones entre la composición bioquímica, el índice de condición y la reproducción (Cruz 1984a y b, Cruz & Villalobos 1993, Fernández & Vido 1987).

Los árcidos, específicamente el género Anadara, han sido ampliamente estudiados, sobre todo debido a su valor dentro de las pesquerías y el cultivo (Broom 1985, Pathansali 1961 y 1963, Squires et al. 1975, Thamasavate et al. 1988).

En Costa Rica se han efectuado estudios en el Pacífico Norte y Central. Dichos estudios han establecido las épocas reproductivas para diferentes especies dentro de dicho género, así como las relaciones entre los picos reproductivos y los factores ambientales (Ampie & Cruz 1989, Cruz 1984a y b, 1986, 1987a y b, Fournier & de la Cruz 1987).

Cruz (1984b) comunica que Anadara similis presenta tres picos al año donde, al menos el 40 % de los individuos están en máxima madurez. Dichos picos los sitúa en enero, junio y noviembre.

En diciembre se encuentra un 97% de individuos de Anadara tuberculosa en madurez (estadio III) y máxima madurez (estadio IV), coincidiendo con bajas salinidades (15 ‰) (Cruz 1984a). Por otro lado, Squires et al. (1975) comunican que, en el Pacífico colombiano, el mayor porcentaje de individuos maduros ocurre en junio, con un 90 % y altos porcentajes (> 70 %) de individuos maduros de enero a marzo y en noviembre.

La chucheca, A. grandis, muestra actividad reproductiva durante todo el año, con picos de madurez de diciembre a febrero y en junio (60-80 % de ejemplares maduros), durante los máximos de salinidad (Fournier & De La Cruz 1987). En contraste, Cruz (1987b) encuentra que individuos maduros aparecen en alto porcentaje de julio a septiembre (62 %), lo que coincide con disminución de la salinidad y con aumentos o disminuciones de la temperatura.

Los picos de desove, en el Pacífico Norte y Central, varían según la especie. En A. similis los picos de desove ocurren en febrero, septiembre y diciembre (Cruz 1984b). Estudios realizados en Punta Morales (Cruz 1984a) demostraron que los meses de máximo desove para la piangua son junio, julio y agosto con un 70 % de individuos desovados y otro pico

de menor tamaño en abril (33 % de individuos desovados). Dichos picos coinciden con altas salinidades (23 ‰).

Cruz (1987b) comunica que el pico de desove en la chucheca, es en noviembre (62.5 % de individuos desovados) y ubica picos menores en enero (35 %), marzo (36 %) y en julio (35 %). El pico de desove de noviembre coincide con los mínimos valores de salinidad. En contraste, Cruz (1986) mediante estudio de tallas con el método de frecuencias, establece que A. grandis presenta dos picos de desove por año: uno en enero y otro en abril.

A. tuberculosa presenta sexos separados, en proporción 1:1 (Cruz 1984a, Ampie & Cruz 1989). No se ha encontrado indicios de dimorfismo sexual, por lo que para determinar el sexo hay que sacrificar el animal. En individuos sexualmente maduros, la gónada presenta color blanquecino y consistencia pegajosa, en los machos y, en las hembras son de apariencia granular y de color anaranjado (Cruz 1984a). Las mismas características se describen para A. similis (Cruz 1984b) y A. grandis (Cruz 1987a).

La proporción de sexos para la chucheca es de 1.3 machos por cada hembra (Cruz 1987a y b, Fournier & De La Cruz 1987). En el caso de Anadara similis, la proporción de sexos es de 1.2 machos por cada hembra, aunque se comunica un mayor porcentaje de machos a lo largo del año (Cruz 1984b).

La madurez sexual en la piangua se inicia entre 20.1-23.1 mm, aunque no es hasta tallas superiores a los 23 mm que el 90% de la población está sexualmente madura (Ampie &

Cruz 1989). En la chucheca se establece los 21 mm como la talla mínima de madurez y desove (Cruz 1987a).

A pesar de que en la Reserva Forestal Térraba-Sierpe se explota comercialmente a la piangua, hasta la fecha no se conoce su ciclo reproductivo. Todas las investigaciones se han realizado en el Pacífico Norte y Central, zonas con características climáticas e hidrológicas muy diferentes (Jiménez & Soto 1985). Tampoco se cuenta con estudios que involucren la recolección de semilla del medio natural, lo cual resulta indispensable para el establecimiento de las tasas de crecimiento y para programas de repoblación.

Sabiendo la importancia que reviste el conocimiento de estos factores para el establecimiento de planes de manejo el presente estudios se enfocó hacia:

- 1) Describir el ciclo reproductivo de Anadara tuberculosa mediante el análisis de cortes histológicos,
- 2) Determinar la influencia de la temperatura, salinidad y turbidez sobre el desove,
- 3) Relacionar los factores biométricos con el desove,
- 4) Establecer la proporción de sexos en dicha especie y,
- 5) Evaluar diferentes tipos de colectores para la obtención de semilla de A. tuberculosa.

2 MATERIAL Y METODOS

2.1 AREA DE ESTUDIO

Dentro de la Reserva Forestal Térraba-Sierpe (ver descripción en el capítulo I) se escogió a Boca Guarumal para la realización de los estudios reproductivos (Figura 2.1). Dicha área se caracteriza por presentar abundantes poblaciones de pianguas y por estar sometida a una fuerte explotación.

En el sitio de muestreo (las parcelas), la flora predominante está representada por Rizophora spp, con algunos especímenes de Pelliciera rhizophorae; el sustrato es muy blando, de textura franca. El canal principal es profundo, aproximadamente 5 m en marea baja.

En este ambiente, la piangua se localiza asociada a las raíces del mangle, enterrada en el fango, de donde los piangueros la extraen manualmente. Las densidades en el sitio de muestreo se estimaron por encima de 2 individuos/m² (Capítulo I).

2.2 TOMA Y PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Desde septiembre de 1992 hasta enero de 1994 se realizaron muestreos mensuales de las parcelas para los estudios descritos en el capítulo I. De las pianguas extraídas se seleccionó 20 individuos adultos de Anadara tuberculosa, cuyas tallas oscilaran entre 45-55 mm. A los ejemplares se les practicó un corte transversal a nivel de gónadas, seleccionando una sección de aproximadamente 5 mm que se fijó en solución de Bouin aproximadamente por 18h (Howard &

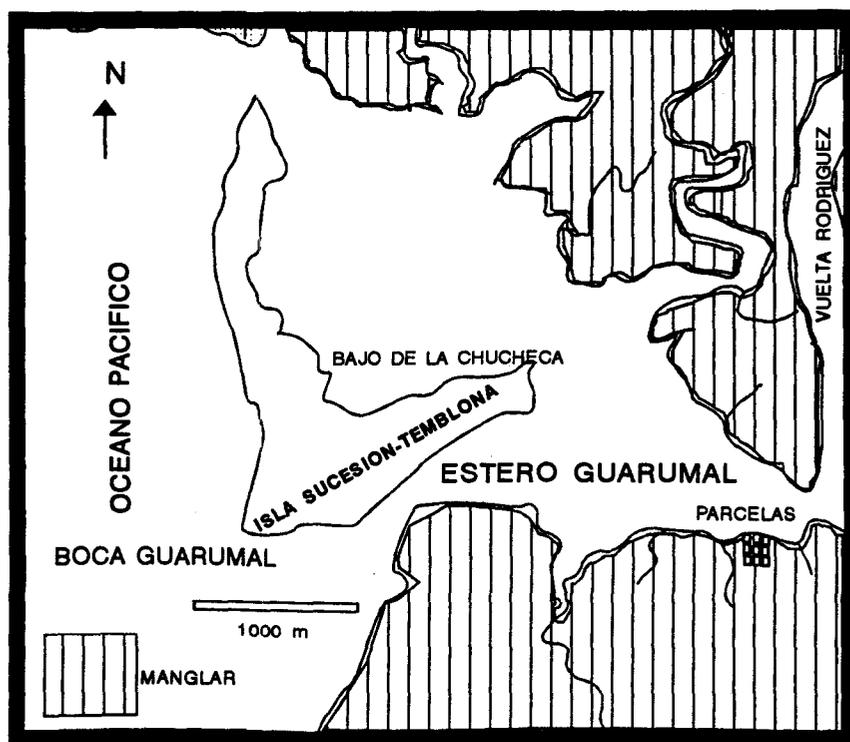
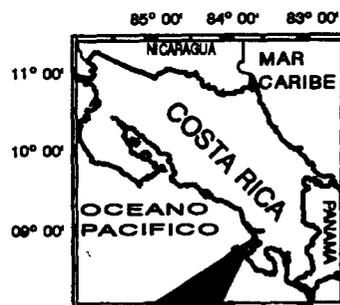


Fig.2.1. Se indica el sitio de extracción de las muestras (parcelas). Boca Guarumal, Térrraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

Smith 1983). Después de la fijación se lavó la muestra en agua dulce para retirar el exceso de fijador y se pasó a etanol al 70 % hasta su procesamiento en el laboratorio. Las secciones de gónadas se incluyeron en bloques de parafina; se cortaron en micrótopo en secciones de aproximadamente 7μ y se tiñeron en hematoxilina y eosina (Howard & Smith 1983).

2.3 UTILIZACION DE COLECTORES

Se utilizaron colectores confeccionados de cuerdas de fibras naturales (henequén), malla de fibra de vidrio de 1 mm de poro, placas de fibrocemento, coco desmechado y collares de conchas de pianguas (Borrero 1986, Hernández 1988). Los mismos se colocaron mensualmente, desde septiembre de 1992 hasta diciembre de 1993, en lugares con bancos naturales de A. tuberculosa, tanto sobre el sustrato como suspendidos en la columna de agua, en el canal. Dichos colectores eran revisados mensualmente y las muestras llevadas al laboratorio para la identificación de las especies fijadas.

Para confeccionar los colectores de malla de fibra de vidrio se cortaron cuadros de 25 cm de lado, confeccionándose una bolsa dentro de la cual se colocó otro pedazo de malla, de las mismas dimensiones, el cual era arrugado e introducido en la bolsa.

Los colectores se unían a una cuerda guía y a los colocados en los canales se le ponían flotadores y pesos para que quedaran suspendidos, de forma horizontal, en la columna de agua.

2.4 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

En cada gira se midió la temperatura (°C) del agua en el canal (con un termómetro de mercurio), se tomó muestras del agua que quedaba retenida en el manglar durante la marea baja para medir salinidad (con un salinómetro YSI), la turbidez, mediante la profundidad de lectura del disco Secchi. En abril y agosto de 1993 se tomaron muestras del sustrato (con un tubo PVC, hasta una profundidad de 10 cm) para análisis de textura, materia orgánica, química (Ca, Mg, K, P,) y pH.

2.5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

El aumento en el diámetro de los ovocitos con el desarrollo de la gametogénesis, se ha utilizado como criterio para la diferenciación de los estadios de desarrollo gonadal (Brousseau 1987, Gustafson et al., Pizarro & Cruz 1987). Con base en la metodología utilizada en estos estudios, se realizaron mediciones de los primeros treinta (30) ovocitos con núcleo que aparecieron en el campo del microscopio. Cada ovocito se midió a lo largo y ancho, obteniéndose el diámetro al sumar dichas medidas, dividir las por dos y multiplicar el resultado por el factor de escala para llevar las medidas a micrómetros (2.5).

Se utilizaron Kruskal Wallis, Chi Cuadrado, Análisis de Correlación por Rangos de Spearman (Zar 1984). La variación del diámetro de los ovocitos se analizó a través de secuencias de histogramas.

3 RESULTADOS

3.1 DIAMETRO DE LOS OVOCITOS

El diámetro de los ovocitos presentó diferencias significativas entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis $P = 0.0000$). En la Figura 2.2 se aprecian caídas bruscas en el promedio en diciembre de 1992, mayo de 1993 y una tenue disminución del diámetro en noviembre-diciembre de 1993.

En la distribución de frecuencias del diámetro destacan ciertos patrones de variación (Figura 2.3). Desde septiembre de 1992 y hasta noviembre del mismo año se observó un claro predominio de las clases que se sitúan alrededor de la clase modal (40-45 μ). En diciembre de 1992 la distribución se hace más dispersa, al aumentar las frecuencias de las clases que están por debajo de la clase modal y disminuir la frecuencia de las clases superiores. Este proceso se repitió desde febrero hasta mayo de 1993 y de forma menos evidente desde julio hasta diciembre de 1993.

3.2 PROPORCION DE SEXOS

La proporción de sexos se presenta en la Figura 2.4. Durante todo el período de estudio se observó predominancia de hembras, con excepción de octubre de 1992, abril y diciembre de 1993. No se encontró diferencias entre la proporción observada y la esperada, 1:1 ($\chi^2 = 10.38$, $gl = 13$, $P = 0.66$).

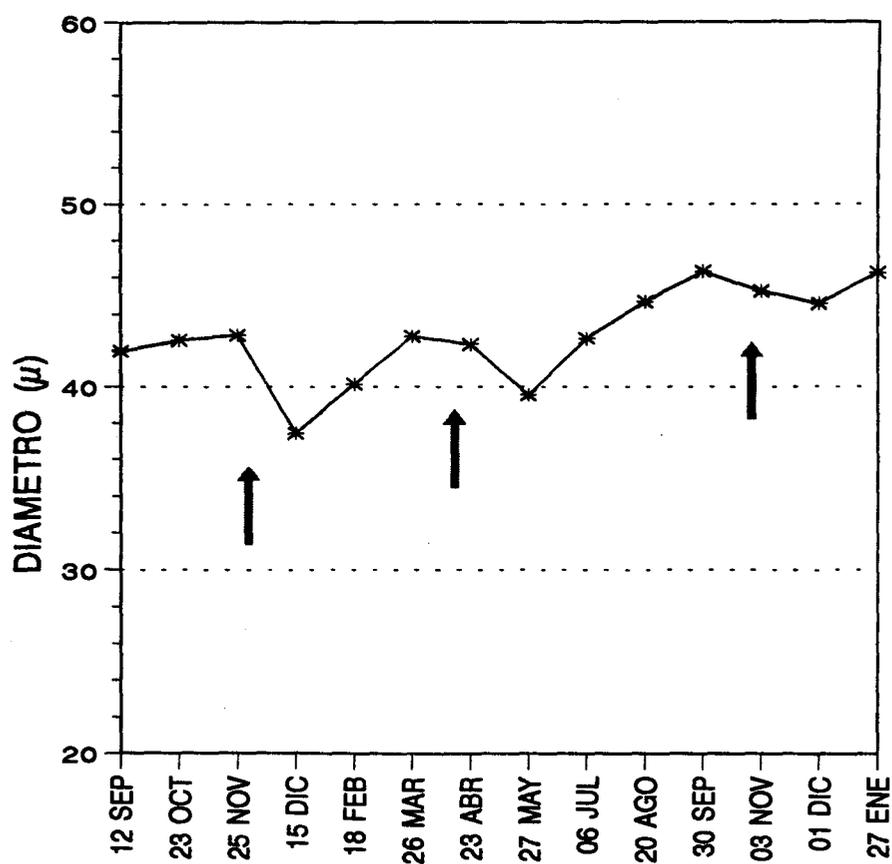
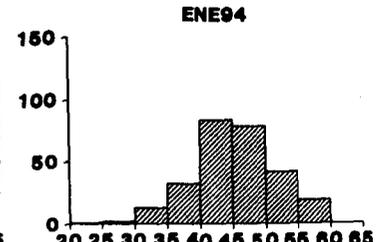
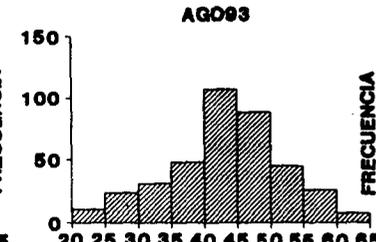
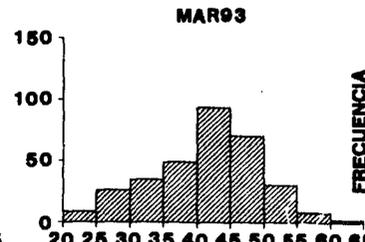
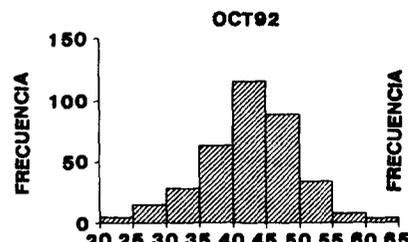
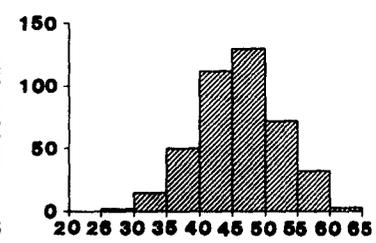
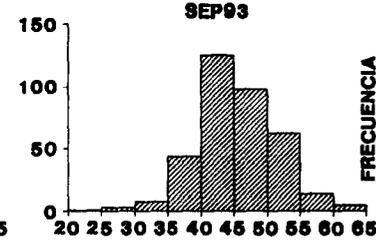
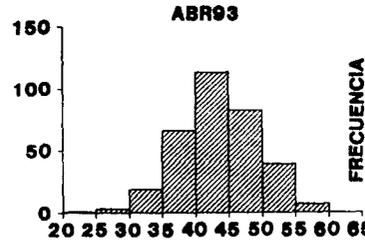
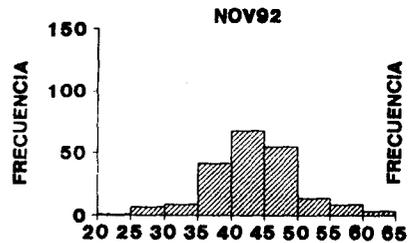
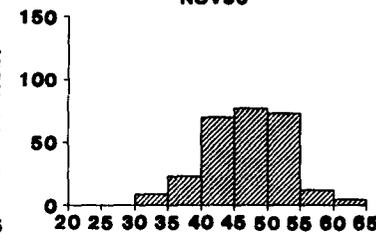
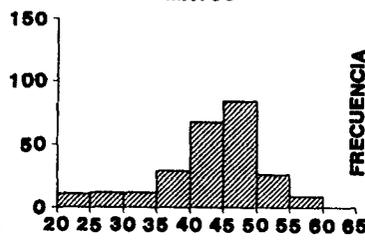
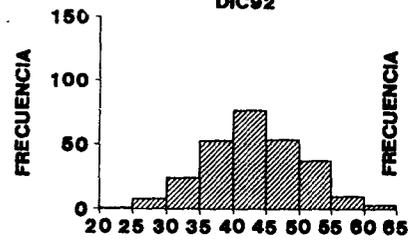
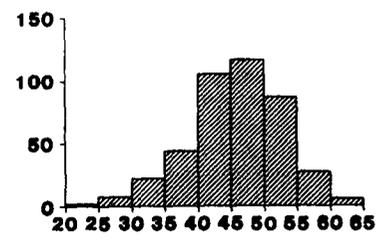
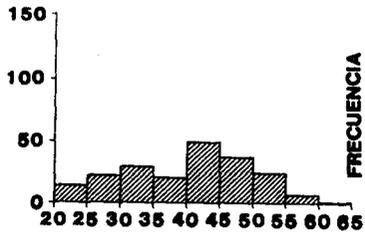
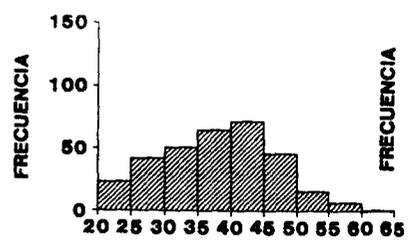


Fig.2.2. Variación mensual en el diámetro promedio de los ovocitos de *Anadara tuberculosa*. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Las flechas indican los picos de desove.

Fig. 2.3. Serie de histogramas del diámetro de los ovocitos medidos mensualmente en cortes histológicos de gónadas de Anadara tuberculosa procedentes de Boca Guarumal. Terrabassierpe, Puntarenas, Costa Rica.



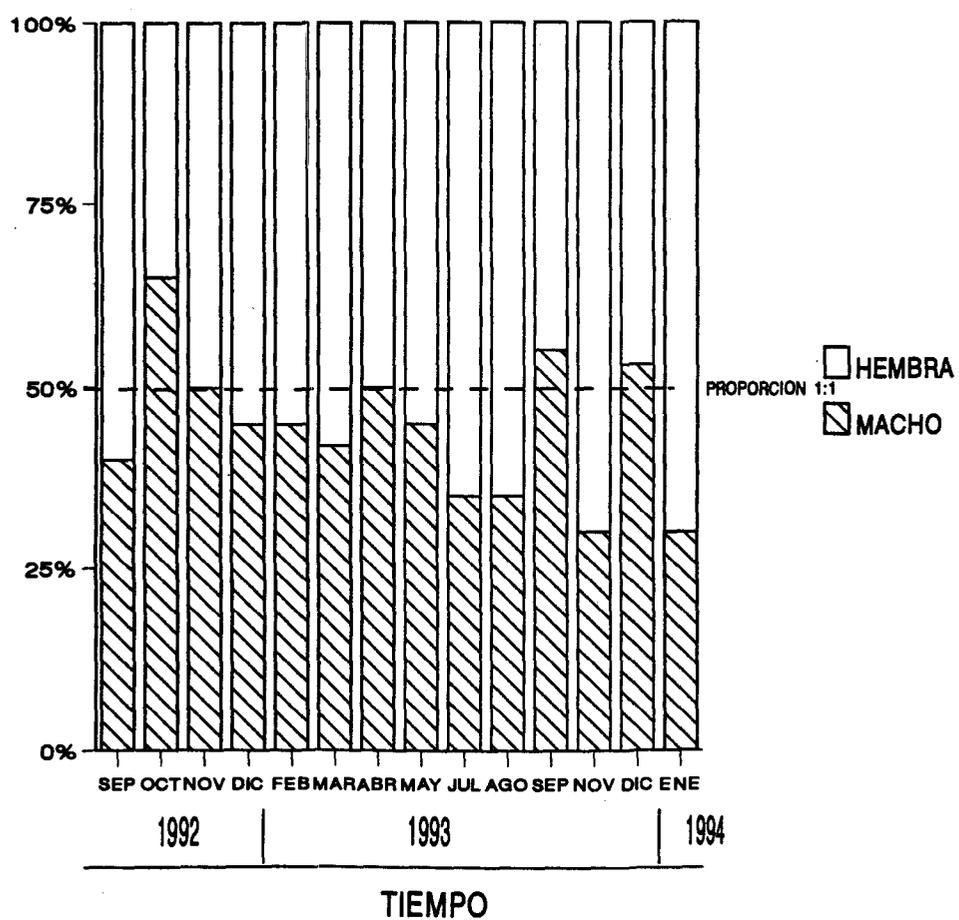


Fig.2.4. Variación mensual en la proporción de sexos de *Anadara tuberculosa*. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

3.3 UTILIZACION DE COLECTORES

En principio se colocaron colectores sobre el sustrato en el manglar, y en canales que permanecían con agua aún en marea baja. Los colocados sobre el sustrato, se enterraron al bajar la marea y al retirarlos estaban totalmente llenos de fango anóxico. De los colocados en los canales el coco desmechado, los collares de conchas y las placas de fibrocemento se enterraron en el fondo, no sucediendo esto con la cuerda desmechada y con la malla de fibra de vidrio.

Con base en estas observaciones, se decidió continuar utilizando la cuerda desmechada y la malla de fibra de vidrio (que resultó mucho más práctica de manipular y revisar).

Hay que destacar que se confrontaron serios problemas con dichos colectores, pues cuando la cuerda guía era de "nylon" o de cualquier otro material que resultó atractivo y útil para los pescadores del área, lo hurtaban y cuando se utilizó como guía cuerdas de henequén, las mismas no resistieron las condiciones ambientales adversas.

Con base en los colectores que se logró recuperar, se infieren las siguientes observaciones:

- a. Los de fibra natural desmechada resultaron muy atractivos para organismos ramoneadores, pues los mismos aparecieron comidos de las puntas hacia la base del colector.
- b. Los de malla de fibra de vidrio, al quedar protegidos por la bolsa del mismo material, brinda mayor protección a cualquier organismos cuya larva entre y se asiente.

c. En ambos tipos de colectores se logró recolectar semilla de bivalvos, pero no de piangua (a excepción de dos ejemplares de Anadara sp colectados en diciembre de 1992). Además, en los colectores de malla de fibra de vidrio, entraron larvas de crustáceos (cangrejos y camarones), poliquetos y gasterópodos, los cuales quedaron atrapados al crecer sin poder salir por el poro de la malla (1 mm).

En diciembre de 1992 y de 1993 se logró recuperar los colectores, observándose una marcada diferencia en el asentamiento de larvas de bivalvos. Los recuperados en diciembre de 1992 presentaron gran cantidad de semilla no sucediendo lo mismo en 1993, donde el asentamiento fue menor.

3.4 FACTORES FISICO QUIMICOS

3.4.1 TEMPERATURA, SALINIDAD Y PROFUNDIDAD DE LECTURA DEL DISCO SECCHI

Las variaciones de estos parámetros se presentan en la Figura 2.5. De dichos factores, la salinidad presentó la mayor variación estacional, con un promedio de 25.42 ‰. Para dicho factor el mínimo se presentó en el mes de agosto (19 ‰) y el máximo en abril (31 ‰). Por su parte la temperatura, presentó un promedio de 29.08 °C con el máximo en abril (30.5 °C) y el mínimo en agosto (27.5 °C). Con relación a la turbidez, medida como profundidad de lectura del disco Secchi, presentó en promedio 1.08 m. La máxima profundidad de lectura

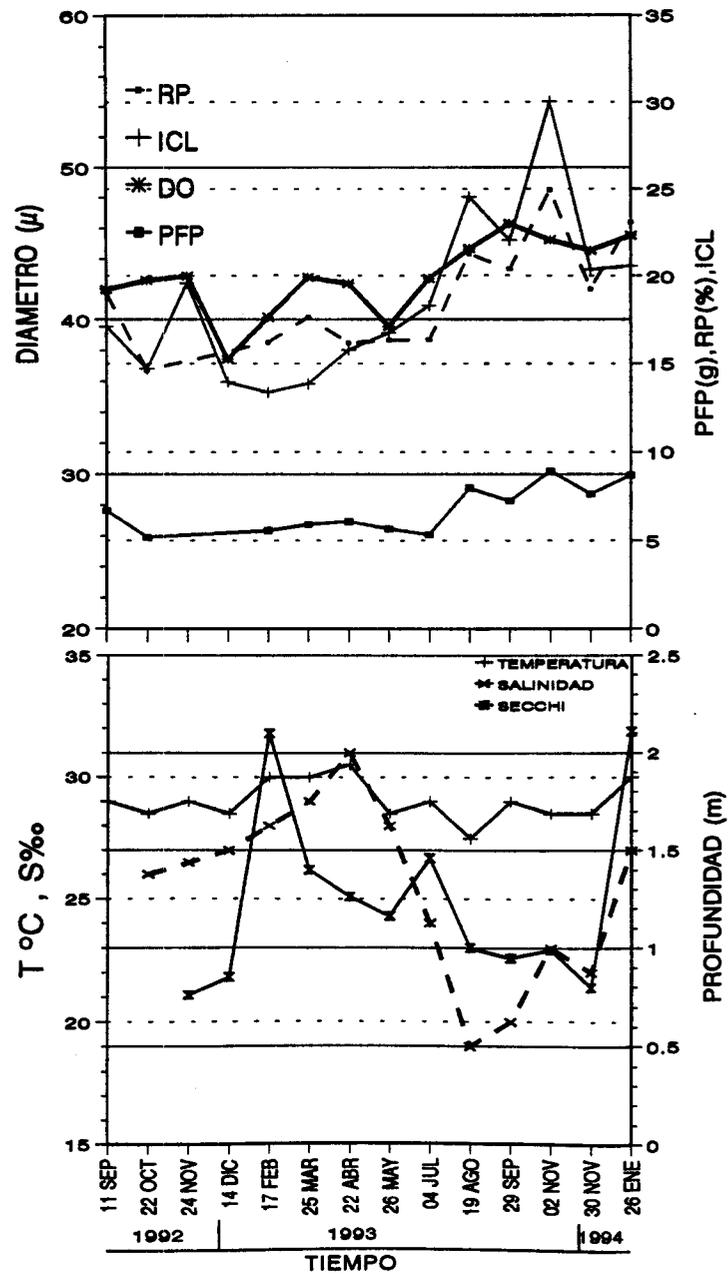


Fig.2.5. Relaciones entre el diámetro de los ovocitos, los parámetros físico-químicos y biométricos en Anadara tuberculosa. Terraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica. Rp: rendimiento, ICL: índice de condición, DO: diámetro de los ovocitos, PFP: peso fresco.

(aguas más claras) se presentó en enero (2.11 m) y la mínima (aguas más turbias) en noviembre (0.76 m).

De estos factores, el único que mostró correlación con el diámetro de los ovocitos fue la salinidad ($r_s = -0.6336$, $n = 14$, $P = 0.0282$).

3.4.2 ANALISIS DE SUSTRATO

El sustrato en el área de muestreo es de textura franca. Los valores de pH, Ca, Mg, K, P, y materia orgánica no presentaron variación entre abril y agosto, como tampoco los porcentajes de arena, limo y arcilla (Cuadro 2.1).

CUADRO 2.1

Características físico-químicas del sustrato en la estación de muestreo (parcelas) en Boca Guarumal, Térraba-Sierpe, Puntarenas, Costa Rica.

Mes	pH	cmol(+)/L				P (mg/L)	%			
		Ca	Mg	K			M.O.	AA	L	AR
abril	6.3	4.6	6.8	1.60	5.5	5.05	46.5	35.5	18	
agosto	6.8	4.9	14.6	2.19	6.8	4.9	48.0	31.0	21	

M.O = Materia orgánica

AA = Arena

L = Limo

Ar = Arcilla

4 DISCUSION

4.1 DIAMETRO DE LOS OVOCITOS VS PICOS DE DESOVE

Los estadios de madurez gonadal pueden ser estudiados por diferentes métodos (Sastry 1979). Muchos autores han utilizado las variaciones en el diámetro de los ovocitos para dichos estudios (Garwood 1987, Gustafson et al. 1987, Palacios et al. 1986).

Palacios et al. (1986) encontró estrechas relaciones entre el diámetro y las fluctuaciones mensuales del desove. Garwood (1987) comunica que proporciones altas de ovocitos de mayor tamaño indican períodos de madurez gonadal. También se considera que el diámetro de los ovocitos es un excelente indicador de dicha madurez independientemente del tamaño del cuerpo del animal (Grand & Tyler 1983 en Garwood 1987).

Los ovocitos son expulsados al estar listos para la fecundación, cuando tienen suficiente material de reserva para el desarrollo del embrión y en consecuencia el mayor diámetro. En la gónada quedan algunos ovocitos maduros y otros en desarrollo de menor tamaño (Yoyole 1974). Esto, junto con el menor diámetro que presentan los ovocitos en las fases tempranas de su desarrollo puede explicar que en los meses posteriores al desove el tamaño de los mismos sea menor (Sastry 1979).

Con base en dichos argumentos se puede establecer que para A. tuberculosa, los picos de desove en Terraba-Sierpe ocurren en abril-mayo y en noviembre-diciembre (Figura 2.2).

De las observaciones de Squires (1975), se puede inferir que la piangua en el Pacífico Colombiano, presenta picos de desove en abril-mayo y en noviembre-diciembre, observación que es confirmada por Borrero (1986) y coincide con nuestro resultado.

Para el Golfo de Nicoya, Cruz (1984a) comunica que los máximos desoves para la piangua ocurren entre abril y septiembre, en tanto para Anadara similis se encuentran picos en febrero, septiembre y diciembre (Cruz 1984b).

El ámbito de variación del diámetro de los ovocitos es estrecho, con un mínimo de 15μ y un máximo de 78.75μ , con el promedio localizado entre $40-45\mu$. Valores similares comunican para Anadara broughtonii, con un diámetro promedio de 60μ (King & Koo 1973). Para Ostrea iridescens, con $42.5 \pm 6.7 \mu$ (Fournier 1992) y para Protothaca asperrima, con 61.5μ (Palacios et al. 1986). En contraste, Solemya reidi, especie de clima templado, se comunica un ámbito de 24 a 300μ (Gustafson et al.)

La existencia durante todos los meses del estudio de ovocitos en todas las clases de tallas es indicativo de actividad reproductiva continua (Baron 1992), lo cual concuerda con las observaciones de Cruz (1984a), Squires et al. (1975) y Borrero (1986), para la piangua.

Resultados similares encuentran Gustafson et al. (1987), para Solemya reimi. En contraste Brousseau (1987) en Macoma baltica y Garwood (1987) en Patella vulgata comunican un período de reposo reproductivo con ovocitos de pequeño

diámetro, con clases de tallas diferentes entre los meses de reposo y los de maduración, y desove.

4.2 RELACION DESOVE-FACTORES AMBIENTALES

A excepción de la salinidad, los restantes factores no mostraron correlación con el diámetro de los ovocitos. La correlación negativa entre el diámetro y la salinidad demuestra que los períodos de desove están marcados por salinidades altas. El más notorio de estos picos es el de abril-mayo, cuando la salinidad fue máxima en el período de estudio y el diámetro presentó un brusco descenso. Al respecto, Cruz (1984a) encuentra la misma relación para la piangua en el Golfo de Nicoya y Fournier (1992) comunica una correlación negativa entre el desove y la salinidad para Ostrea iridescens, también en el Golfo de Nicoya, aunque comunica que el desove estuvo relacionado con descenso de salinidades de 32 a 29 ‰.

En este mismo sentido, Toral-Barza & Gómez (1985), establecen que A. anticuata presenta picos de desove cuando la salinidad disminuye de 36 a menos de 30 ‰.

De los árcidos estudiados en Costa Rica, A. tuberculosa (Cruz 1984a) y A. similis (Cruz 1984b) presentan picos de desove en la época seca. La excepción se presenta en la chucheca, con pico de desove en noviembre, cuando la salinidad fue mínima (Cruz 1987b), aunque para la misma especie Fournier & De La Cruz (1987) comunican picos de madurez entre diciembre y enero, y en junio, cuando las salinidades son altas.

Sastry (1979) establece que diferentes factores pueden afectar la gametogénesis e inducir el desove: cambios de temperatura y de salinidad, luz, estímulos químicos y mecánicos y las fases lunares, además de la disponibilidad de alimento y los factores endógenos.

Para los ecosistemas estuarinos tropicales, la disponibilidad de alimento para los organismos filtradores no parece ser una limitante, ya que se encuentra en concentraciones adecuadas durante todo el año (Córdoba 1993), posibilitando actividad reproductiva continua (Baron 1992, Sastry 1979).

Por su parte la temperatura se mantiene generalmente alta durante todo el año, por lo que no se considera como un factor limitante de la reproducción en las zonas tropicales (Baron 1992, Sastry 1979), contrariamente, en las zonas templadas la temperatura y la disponibilidad de alimento resultan factores limitantes para la reproducción (Hadfield & Anderson 1988).

La diferencia en la intensidad del desove de noviembre-diciembre de 1992, con relación al mismo período de 1993 puede ser explicado por las diferencias en las condiciones ambientales, principalmente la salinidad (Figura 2.5).

El 24 de noviembre de 1992, la salinidad del manglar fue de 26.5 ‰, el 2 de noviembre y el 30 de noviembre de 1993 la salinidad del manglar fue de 23 y 22 ‰, respectivamente. Esta diferencia de más de 3 unidades pueden ser la causa del desfase del desove, sobre todo si se tiene en cuenta que la piangua presenta picos de desove en salinidades altas.

4.3 RELACION DIAMETRO DE LOS OVOCITOS-FACTORES BIOMETRICOS

Se encontró alta correlación entre el diámetro de los ovocitos y el índice de condición ($r_s = 0.809$), el rendimiento ($r_s = 0.85$) y el peso fresco ($r_s = 0.69$). En todos los casos la correlación resultó significativa ($P < 0.05$), por lo que estos parámetros resultan adecuados indicadores del ciclo reproductivo. Resultados similares comunican Broom (1983), Cruz (1984a y b, 1987b), Palacios et al (1986).

4.4 PROPORCION DE SEXOS

La proporción de sexos 1:1 encontrada en el presente estudio, coincide con las comunicadas por otros autores para especies gonocóricas (Broom 1983, Cruz 1984b y 1987b, Fournier & de La Cruz 1987, Pizarro & Cruz 1987).

4.5 UTILIZACION DE COLECTORES

A pesar de los problemas encontrados, los colectores utilizados en la presente investigación no parecen ser eficientes para la recolección de larvas de pianguas. La poca recuperación de los mismos, por las razones antes expuestas, permite especular un poco sobre la poca eficiencia que mostraron.

Es notorio el hecho de que en diciembre de 1992 y 1993, así como en mayo de 1993 y enero de 1994, se logró recuperar colectores que contenían semilla de bivalvos, pero no de piangua (a excepción de las dos de diciembre de 1992), pues en

estos meses se encontraron picos de desove para la piangua, y no se logró coleccionar semilla.

Hernández (1988) comunicó que ensayos similares a los nuestros tampoco dieron resultado en Colombia, a pesar de colocar los colectores en sitios con densidades altas de pianguas. Por su parte, Borrero (1986) encuentra que con la utilización de estopa de coco, colocados en canales (los colocados en la zona intermareal resultaron inefectivos) se logró coleccionar semilla de Anadara spp.

La ausencia de semilla de piangua en los colectores recuperados hace suponer tres cosas:

- 1) La piangua no se asienta en los canales.
- 2) La piangua se asienta, pero la fuerza de la corriente la desprende del colector.
- 3) Los tipos de colectores resultaron sustratos inefectivos para el asentamiento larvario de la piangua.

Contrariamente a lo expuesto por Borrero (1986), asumo que la piangua en Terraba-Sierpe, no se asienta de forma significativa en los canales, pues tendría que darse una migración masiva hacia las zonas de cría, migraciones que no han sido confirmadas hasta el momento.

Por las características de los bordes del manglar, los cuales presentan pendientes verticales, que en marea baja establecen diferencias hasta de dos metros entre el borde y la superficie del agua (algunos puntos de Vuelta a Rodríguez),

creo que desde el punto de vista evolutivo es poco probable que la piangua se asiente en el fondo del canal a profundidades de hasta 12 metros en marea baja. Esto significaría que en determinadas épocas la semilla o el adulto tendría que remontar alturas de hasta 14 metros para distribuirse dentro de los sitios de cría.

Por otra parte no se puede considerar a los árcidos como especies "nadadoras", por lo que estarían expuestas a una depredación masiva durante los períodos migratorios, además del gasto energético que significaría moverse desde el fondo del canal hacia el manglar. Es más lógico suponer que resulta una mejor estrategia de reclutamiento, asentarse en el manglar, donde las condiciones de protección y alimentación son más adecuadas.

Los esfuerzos para coleccionar semilla deben estar dirigidos hacia sitios con corrientes relativamente lentas y hacia el ensayo con colectores de fácil manipulación, así como a experimentar con estímulos de atracción para el asentamiento, como podría ser con extractos de pianguas.

La utilización de la malla de fibra de vidrio es conveniente, aunque se debe convencer a los moradores del área de la importancia de respetar los colectores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1- La piangua en Térraba-Sierpe presenta reproducción continua, con picos de desove entre noviembre-diciembre y abril-mayo.

2- Los picos de desoves ocurren cuando las salinidades están altas (25-30 ‰).

3- Se encontró correlación entre el diámetro de los ovocitos y el índice de condición, el rendimiento y el peso fresco, por lo que resultan buenos indicadores del desarrollo gonadal.

4- La proporción de sexos encontrada para la piangua, no difiere de la esperada, 1:1.

5- La utilización de colectores no brindó los resultados esperados. No se logró obtener semilla del medio natural. Se recomienda seguir investigando en este sentido y la implementación de estudios para lograr su desove en el laboratorio, pues se necesita establecer las tasas de crecimiento de forma directa, para evaluar la posibilidad de su cultivo.

6- Se recomienda la realización de estudios de patrones de corriente en las bocas, lo cual permitiría el establecimiento de la dirección del movimiento larvario.

LITERATURA CONSULTADA

- Ampie, C.L. & R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. *BRENESIA* 31: 21-24
- Baron, J. 1992. Reproductive cycles of the bivalve molluscs Atactodea striata (Gmelin), Gafrarium tumidum Röding and Anadara scapha (L.) in New Calidonia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 43: 393-402.
- Borrero, F. 1986. The collection of early juveniles of Anadara spp. as a potential source of seed for culturing mangrove cockles on the Pacific Coast of Colombia. *Aquaculture*, 59: 61-69.
- Broom, M.J. 1983. Gonad development and spawning in Anadara granosa (L.) (Bivalvia: Arcidae). *Aquaculture* 30: 211-219.
- Broom, M.J. 1985. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara. *ICLARM-Studies and Reviews* 12: 37 pp.
- Brousseau, D.J. 1987. Gametogenesis and spawning in a population of Macoma balthica (Pelecypoda: Tellidae) from Long Island Sound. *Veliger* 29(3): 260-266.
- Córdoba M, M. del R. 1993. Productividad primaria en la columna de agua, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica. 73 p.
- Cruz, R.A. 1984a. Algunos aspectos de la reproducción de Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32(1): 45-50.
- Cruz, R.A. 1984b. Algunos aspectos reproductivos y variación del índice de condición de Anadara similis (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. *BRENESIA* 22: 95-105.
- Cruz, R.A. 1986. Caracteres generales, edad y crecimiento de Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). *UNICIENCIA* 3 (1-2): 25-29.
- Cruz, R.A. 1987a. Tamaño y Madurez sexual en Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). *BRENESIA* 27: 9-12.
- Cruz, R.A. 1987b. The reproductive cycle of the mangrove cockle Anadara grandis (Bivalvia: Arcidae) in Costa Rica. *BRENESIA* 27: 1-8.

- Cruz, R.A. & C. Villalobos. 1993. Shell length at sexual maturity and spawning cycle of Mytella guyanensis (Bivalvia: Mytillidae) from Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 41(1): 89-92.
- Fernández C., N. & N. de Vido de Mattio. 1987. Biochemical composition, condition index, and energy value of Ostrea puelchata (D'Orbigny): relationships with the reproductive cycle. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 108: 99-111.
- Fournier, M.L. 1992. The reproductive biology of the tropical rocky oyster Ostrea iridescens (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. Aquaculture 101:
- Fournier, M.L. & E. De La Cruz. 1987. Reproduction of the cockle Anadara grandis in Costa Rica. ICLARM: p 6.
- Gallagher, S.B. & G.K. Reid. 1974. Reproductive behavior and early development in Littorina scabra angulifera and Littorina irrorata (Gastropoda: Prosobranchia) in the Tampa Bay region of Florida. Malacological Review 7: 105-125.
- Garwood, P.R. 1987. the cycle of gonad development in Patella vulgata (Mollusca: Gastropoda): The use of oocyte diameter measurements and gravimetric estimates of sexual maturity. Sarsia 72: 29-35.
- Gustafson, R.G., B.D. Gustafson & R.G. Reid. 1987. Continuous reproduction in the prothobranch bivalve Solemya reidi (Criptodonta: Solemyidae). Veliger 29(4): 367-373.
- Hadfield, A.J. & D.T. Anderson. 1988. Reproductive cycles of the bivalve molluscs Anadara trapezia (Dehayes), Venerupis crenata lamarck and Anomia descripta Iredale in the Sydney region. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 39: 649-660.
- Hernández, A. 1988. Experiencia en Colombia sobre cultivo de moluscos filtradores (Crassostrea y Anadara) utilizando captación de larvas en ambiente natural. Producción de larvas y juveniles de especies marinas, Eduardo Uribe (Editor). 61-66.
- Howard, D.W. & C.S. Smith. 1983. Histological techniques for marine bivalves mollusks. NOAA. 97p.
- Jiménez R., J.A. & R. Soto S. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 25-38.
- Kim, J.D. & J.H. Koo. 1973. Studies on the seedling production of the Ark, Anadara broughtonii (SCHRENK) in tank (1). Bull. Fish. Res. Dev. Agency 11:71-78.

- Mileikovskiy, S.A. 1971. Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance; a re-evaluation. *Mar. Biol.* 10: 193-213
- Palacios, J.A., R.A. Cruz, J. Bolaños & J.A. Rodríguez. 1986. Estudio sobre la biología de Protothaca asperrima (Pelecypoda: Veneridae) III. Ciclo Reproductivo. *BRENESIA* 25-26: 23-32.
- Pathansali, D. 1961. Notes of the biology of cockle, Anadara granosa L. *Proc. Indo-Pacific Fish.* 11(II): 89-98.
- Pathansali, D. 1963. On the effect of salinity changes on the activity of the cockle, Anadara granosa L. *Malaysian Agr. J.* 44(1): 18-25.
- Petraltis, P.S. 1991. Recruitment of the mussel Mytilus edulis L. on sheltered and exposed shores in Maine, USA. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 147: 65-80.
- Pizarro J.F. & R.A. Cruz. 1987. Ciclo reproductivo de la almeja Protothaca grata (Pelecypoda: veneridae). *Brenesia* 27: 23-34.
- Richardson, C.A. 1987. Microgrowth patterns in the shell of the Malaysia cockle Anadara granosa (L.) and their use in age determination. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 111: 77-98.
- Sakker, E.R. 1986. Seasonal reproductive cycles of three Australian species of Chitons (Mollusca: Polyplacophora). *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development* 10: 1-16.
- Sastry, A.N. 1979. Reproduction of marine invertebrate: Pelecypoda (Excluding Ostreidae). Volume V Molluscs: Pelecypods and lesser classes. Edited by Arthur C. Giese & John S. Pearse. Academic Press New York. p 113-291
- Scheltema, R.S. & I.P. Williams. 1983. Long-distances dispersal of planktonic larvae and the biogeography and evolution of some polynesian and Western Pacific Mollusks. *Bull. Mar. Sci.* 33(3): 545-565.
- Squires, H.J., M. Estévez, O. Barona & O. Mora. 1975. Mangrove cockles, Anadara spp. (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific Coast of Colombia. *Veliger* 18(1): 57-68.
- Thamasavate, T., K. Silapajarn, J. Nugranad, W. Pattharapinyo, C. Sangrungruang, S. Limsurat & S. Yangponlakan. 1988. Transplantation of cockle (Fam. Arcidae) into Sawi Bay, Thailand, p 109-112. In E.W. McCoy and T Chomgpeepien (eds.) Bivalve mollusc culture research in Thailand. ICLARM Technical Reports 19, 170 p.

- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.* 15: 1-45.
- Toral-Barza, L. & E.D. Gómez. 1985. Reproductive cycle of the cockle Anadara antiquata L. in Calatagan, Batangas, Philippines. *Journal Coastal Research*. 1(3): 241-245.
- Vance, R.R. 1973. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. *The American Naturalist* 107(955): 339-351.
- Watzin, M.C. 1986. Larval Settlement into marine soft-sediment systems: interactions with the meiofauna. *J. Exp. Mar Biol. Ecol.* 98: 65-113.
- Yoyole, V. 1974. The sexual phases of the West African bloody cockle Anadara senilis (L.). *Proc. Mal. Lond.*, 41: 25-27.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice-Hall, Inc. USA. 718p.

CAPITULO III
CONSIDERACIONES SOBRE MANEJO DEL RECURSO

RESUMEN

Se integra la información generada en estudios de estructura de población, distribución y abundancia de Anadara tuberculosa y A. grandis con los de capacidad de resistencia a explotación intensiva y reproductivos en A. tuberculosa, y las observaciones de parámetros físico-químicos con el concepto de manejo integrado de zonas costeras en la Reserva Forestal de Térraba-Sierpe. Se determinó que la piangua no está sobre-explotada y se recomiendan medidas para evitar la pérdida del recurso por sobre-explotación o por la influencia de factores tales como la contaminación y la sedimentación. La chucheca está en peligro de extinción por sobre-pesca, y se recomiendan medidas para evitarlo.

INTRODUCCION

El manejo integrado de la zona costera es un proceso dinámico en el cual se desarrolla e implementa una estrategia coordinada para asignar recursos ambientales, socio-culturales e institucionales, con el fin de alcanzar la conservación y el uso múltiple sostenido de la zona costera (Coastal Area Management Program and Planning Network 1989 en Sorensen 1992).

Como se observa en la definición, se requiere investigación constante y multidisciplinaria, coordinación entre todas las partes involucradas, definición de los recursos y la implementación de programas que integren todas las partes del ecosistema. Esto con el fin de utilizar los recursos sin afectar la capacidad de renovación y sin degradar el medio.

En la Reserva Forestal Térraba-Sierpe se explotan diferentes recursos madereros y no madereros (FAO 1988a y b). Hasta la fecha no se cuenta con un programa de manejo sostenido, fundamentalmente por la falta de experiencia en el manejo y porque no se cuenta con la base científico-técnica que ayude a desarrollar un programa que integre de manera armónica la explotación de todos los recursos (FAO 1988a).

En este sentido, el presente capítulo integra la información generada en los capítulos anteriores y la enmarca dentro del concepto de Manejo Integrado de la Zona Costera.

2 RECOMENDACIONES SOBRE EL MANEJO DE MOLUSCOS

Es claro que si se espera a generar la base de datos que permita desarrollar un plan de manejo sostenido de los recursos de la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, algunos de estos desaparecerán. Es necesario ir aplicando medidas correctivas sobre la marcha, para evitar el deterioro del ambiente y de los recursos.

En los capítulos anteriores, se sustentó la importancia de Anadara tuberculosa (piangua) y de A. grandis (chucheca) como los principales recursos explotados en la Reserva, fundamentalmente la piangua y se procesó información generada a lo largo de la investigación.

Con relación a la piangua, resulta interesante el hecho de que a pesar de lo intenso de los muestreos y de la extracción de un alto porcentaje de individuos de las parcelas (que en total representan un área de 135 m²), la recuperación del recurso es alta. Esto es, en poco más de un mes de intervalo entre muestreos, se recuperó gran parte de la población dentro de las parcelas. Se refleja así que el recurso es todavía abundante y, que las pianguas presentan mecanismos que les permiten "desplazarse" dentro del manglar.

Dichos mecanismos no resultan claros, pues en los estudios de conducta (Capítulo I) no se observó que la piangua pudiera moverse en la columna de agua, lo cual es corroborado al no quedar atrapada por las redes colocadas en el manglar. En este sentido, se argumenta que las pianguas se arrastran debajo de las redes, pues para mantenerlas en un encierro

confeccionado con redes, fue necesario enterrar láminas de zinc de 15 cm en el sustrato (María Luisa Fournier, comunicación personal).

Actualmente se está capturando mucho menos de 5 millones de pianguas al año, lo que representa aproximadamente el 25 % de la población superior a los 44 mm de longitud total. Debido a esto se puede entender porque la piangua se recupera tan rápido de los sitios de donde se extrae, pues los piangueros regresan aproximadamente cada 8 días al mismo lugar de recolecta.

El desarrollo de proyectos de cultivo de camarón y la reactivación de la compañía bananera en el área, han ayudado a disminuir la presión de explotación, pero no así la contaminación, sobre los recursos del manglar y por ende sobre la piangua.

Resulta indispensable que se tomen en serio los controles de tallas, ya que durante el período de investigación se observó un aumento de las personas que se dedican a la extracción de la piangua, así como el incumplimiento de la talla mínima de captura (47 mm, FAO 1988b), motivados por el aumento del precio de la piangua.

Al utilizar como criterio de comparación el índice de explotación del recurso (Campos et al. 1990), se obtuvo que para la piangua extraída para la venta, en Boca Guarumal, dicho índice paso de 0.13 en junio de 1988 (Campos et al. 1990) a 0.15, en septiembre de 1992 (este estudio), lo cual refleja un ligero aumento en el grado de explotación entre

estas fechas. Para poblaciones que no estén en explotación dicho índice debe ser = 0, aumentando a medida que aumenta el grado de explotación del recurso, hasta un máximo de 1.

La explotación de la piangua presenta una tendencia de aumento en la cantidad que se procesa por semana, pero sin alcanzar la cantidad que se procesaba en 1988. Tal vez con el aumento del precio, resulte atractiva la actividad para otros quebradores, y para los propios pobladores del área. En este momento hay que mantener controles adecuados, con monitoreos continuos sobre la talla mínima de captura y sobre la cantidad de piangua que se procesa mensualmente.

Resulta mucho más adecuado, barato y efectivo realizar inspecciones para controlar la talla mínima de captura en los sitios de procesamiento (quebradores) que realizarlos en el campo. Cuando se convenza a los intermediarios de respetar la talla mínima de captura, cesará la oferta de compra de ejemplares menores a los permitidos, que aunque es en muy bajo porcentaje, con el aumento del esfuerzo pesquero la tendencia será hacia la eliminación de las tallas grandes y a concentrar la explotación sobre los ejemplares de menor tamaño.

Para el monitoreo en los quebradores se recomienda escoger al azar una muestra de 100 ejemplares, a los cuales se les determina la talla y se confeccionan histogramas de distribución de frecuencias a la vez se recomienda la determinación del índice de explotación del recurso, lo que permitiría obtener una visión de la evolución de la estructura

de tallas y verificar el cumplimiento de la talla mínima de captura.

El seguimiento del número de pianguas que se procesan y de la cantidad de piangueros involucrados en la recolección (esfuerzo pesquero), serviría como buen indicador de la evolución de la explotación del recurso. Sería fácil convencer a los encargados de los quebradores de mantener esta información actualizada pues en la cadena de explotación resultan ampliamente beneficiados (FAO 1988a).

La capacidad reproductiva de la piangua y el establecimiento de la talla mínima de captura, muy por encima del tamaño de primera maduración son, en parte, los responsables de que resista el grado de explotación al que está sometida actualmente, e inclusive la captura de ejemplares cuyas tallas son inferiores a las legalmente permitidas.

Se deben imponer vedas en noviembre-diciembre y en abril-mayo, coincidiendo con los picos reproductivos de la piangua, determinados en esta investigación. A la vez, se debe ofrecer alternativas de trabajo a los piangueros. Una puede ser la explotación del cangrejo Ucides occidentalis, previa evaluación de campo, ampliamente explotado en El Salvador (comunicación personal de Francisco Chicas), Nicaragua (Campos 1993) y Panamá (Observaciones personales). También se puede considerar como alternativa, la explotación de la iguana verde (Iguana iguana), para la cual existe un amplio programa de manejo, así como alternativas en la agricultura de playa. Al

respecto, durante el período de estudio se observó el interés de los moradores de Boca Guarumal por la explotación del cultivo de la sandía, con el inconveniente de la inexistencia de mercado para su cosecha, por lo que con un mayor apoyo se les puede ayudar a colocar el producto en el mercado.

Otro problema, mucho más serio y que amerita acción inmediata se presenta por la oferta de compra de chucheca, la cual se paga a 50 colones la unidad. Las densidades de chucheca son muy bajas, lo cual se debe al alto grado de explotación al que ha estado sometida; además, los sitios donde se encuentra son pocos y de poca extensión, considerándose en peligro de extinción (Cruz 1986).

Considero que esta especie no resiste mas la explotación comercial y que sólo se le puede utilizar por medio de planes de cultivo, utilizando los bancos como fuente de reproductores. Recomendaciones similares presentan Campos & Fournier (1990) al estudiar un pequeño banco de Ostrea iridescens y Madrigal et al. (1985) con relación a Crassostrea rhizophorae.

Es prioritario que se haga cumplir la ley con relación a la prohibición de explotación de la chucheca (Decreto ejecutivo Nº 7094 de 1977) y que se estimulen programas de investigación para tratar de desarrollar técnicas de desove y cultivo del molusco, lo cual también debe ser aplicado a la piangua.

Estos avances en la investigación en Térraba-Sierpe, deben ser complementados con la información que se está

generando en la parte ictiológica y maderera e integrados a la base de datos sobre la Reserva para cumplir con las Fases I y II de las recomendaciones de FAO (1988b).

Considero que el peligro inminente para los recursos del manglar se encuentra en la reactivación de la bananera, el aumento del turismo y el desarrollo de la acuicultura. Actividades que se están realizando y que pueden repercutir en la degradación de los recursos a través de la contaminación tóxica (plaguicidas y herbicidas agrícolas), contaminación con materia orgánica y no degradable (desagües domésticos y de las instalaciones turísticas y, materiales de desecho tales como bolsas y recipientes plásticos); así como procesos de eutroficación debidos a la contaminación por fertilizantes.

Se necesita establecer monitoreos en la calidad del agua, evaluar el impacto de las actividades anteriormente mencionadas, así como determinar la capacidad de carga de la Reserva, pues la tendencia del turismo es a aumentar. Por ejemplo, se conoce que se realizaron negocios de compra-venta de sectores de la Isla Sucesión-Temblona y se especula que es con planes turísticos (comunicaciones personales de los moradores de la isla).

Otro factor identificado como delicado es la erosión observada en las márgenes del Río Sierpe, específicamente en el sector comprendido entre el poblado de Sierpe y Ajuntaderas. Debido a la amplitud de las mareas y su influencia sobre el río, periódicamente se observan

desprendimiento de bloques de tierra y vegetación, lo cual provoca sedimentación en los canales de navegación, deposición en la zona costera y una mayor turbidez, que afecta la capacidad respiratoria de la fauna acuática estuarina (FAO 1988a).

Cada uno de estos factores puede tener influencias negativas sobre los recursos pesqueros. Los moluscos son sumamente sensibles a factores tales como la sedimentación (FAO 1988 a) y la contaminación (Liang 1981). Es muy probable que disminuya la abundancia de la piangua en la Reserva debido a la contaminación y a la sedimentación antes que por una sobre-explotación.

Se necesita realizar un estudio sobre contaminantes agrícolas en la Reserva, ya que no se cuenta con antecedentes en este aspecto y hay que tener un punto de referencia para establecer monitoreos y un seguimiento periódico.

Se ha dado un paso importante hacia la creación de una base de datos científica y sólida, y se está generando información sobre otros aspectos (ictiológicos), queda bastante por realizar y queda en manos de los administradores de los recursos, conjuntamente con el apoyo de los especialistas la integración de toda la información generada y por generar, para conseguir el fin último, el desarrollo de un plan de manejo integrado de los manglares de la Reserva Forestal de Terraba-Sierpe.

LITERATURA CITADA

- Campos, J.A. 1993. Evaluación preliminar del Ucides occidentalis en el Estero Real. (del 3 al 8 de junio de 1993). Proyecto DANIDA-Manglares. Estero Real, Nicaragua. Estudios Biofísicos. Mecanografiado, 14 p.
- Campos, J.A. & M. L. Fournier. 1990. El banco de Ostrea iridescens (Pterioidea: Ostreidae) de Bahía Curú, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 38(2A): 331-333.
- Campos, J.A., M.L. Fournier L. & R. Soto. 1990. Estimación de la población de Anadara tuberculosa (Bivalvia:Arcidae) en Sierpe-Térraba, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 38(2B):477-480.
- Cruz, R.A. 1986. Caracteres generales, edad y crecimiento de Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). UNICIENCIA 3 (1-2): 25-29.
- FAO. 1988a. Manejo integral de un área de manglar. Propuesta de manejo forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva de Terraba-Sierpe, Costa Rica. Informe Técnico Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en el trabajo de P.W. Chong. 172 p.
- FAO. 1988b. Manejo Integral de un área de manglar. Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, Costa Rica, Información básica. Informe Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en la labor de Isabel Martín Núñez. 140 p.
- Liang, O.T. 1981. Ecology of cockle: culture bed and its relationship to the growth of Anadara granosa(L.). Tesis de Maestría. University Sains, Malaysia. 146 p.
- Madrigal, C.E., J.A. Montoya, R.Q. Quezada, O.P. Urpí & E.Z. Madriz. 1985. Estructura de población y distribución de talla del ostión de manglar (Crassostrea rhizophorae, Guilding, 1828) en el estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 61-62.
- Sorensen, J.C., A.T. McCreary & A. Brandani. 1992. Costas: Arreglos institucionales para manejar ambientes y recursos costeros. Centro de Recursos Costeros. Universidad de Rhode Island. 185 p.

ANEXO

LITERATURA CONSULTADA

- Ampie, C.L. & R.A. Cruz. 1989. Tamaño y madurez sexual de Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) en Costa Rica. BRENESIA 31: 21-24
- Baron, J. 1992. Reproductive cycles of the bivalve molluscs Atactodea striata (Gmelin), Gafrarium tumidum Röding and Anadara scapha (L.) in New Calidonia. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 393-402.
- Borrero, F. 1986. The collection of early juveniles of Anadara spp. as a potential source of seed for culturing mangrove cockles on the Pacific Coast of Colombia. Aquaculture 59: 61-69.
- Broom, M.J. 1982a. Structure and seasonality in a Malaysian mudflat community. Estuarine, Coastal and Shelf Science 15: 135-150.
- Broom, M.J. 1982b. Analysis of the growth of Anadara granosa (Bivalvia: Arcidae) in natural, artificially seeded and experimental populations. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9:69-79.
- Broom, M.J. 1983a. Mortality and production in natural, artificially-seeded and experimental populations of Anadara granosa (Bivalvia: Arcidae). Oecologia 58: 389-397.
- Broom, M.J. 1983b. Gonad development and spawning in Anadara granosa (L.) (Bivalvia: Arcidae). Aquaculture 30: 211-219.
- Broom, M.J. 1985. The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara. ICLARM-Studies and Reviews 12: 37 pp.
- Brousseau, D.J. 1987. Gametogenesis and spawning in a population of Macoma balthica (Pelecypoda: Tellidae) from Long Island Sound. Veliger 29(3): 260-266.
- Campos, J.A. 1993. Evaluación preliminar del Ucides occidentalis en el Estero Real. (del 3 al 8 de junio de 1993). Proyecto DANIDA-Manglares. Estero Real, Nicaragua. Estudios Biofísicos. Mecanografiado, 14 p.
- Campos, J.A. & M. L. Fournier. 1990. El banco de Ostrea iridescens (Pterioidea: Ostreidae) de Bahía Curú, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 38(2A): 331-333.

- Campos, J.A., M.L. Fournier L. & R. Soto. 1990. Estimación de la población de Anadara tuberculosa (Bivalvia:Arcidae) en Sierpe-Térraba, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 38(2B):477-480.
- CARICOMP. 1991. Manual de métodos sobre mapeo y monitoreo de parámetros físicos y biológicos en la zona costera del Caribe. Caribbean Coastal Marine Productivity, Nivel 1. 44p.
- Castaing, A., J.M. Jiménez & C.R. Villalobos. 1980. Observaciones sobre la ecología de manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica y su relación con la distribución del molusco Geloina inflata (Philippi) (Pelecypoda: Corbiculidae). Rev. Biol. Trop. 28(2): 323-339.
- Córdoba M, M. del R. 1993. Productividad primaria en la columna de agua, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica. 73 p.
- Cruz S., R.A. 1982. Variación mensual del índice de condición del molusco Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 30(1): 1-4.
- Cruz, R.A. 1984a. Algunos aspectos de la reproducción de Anadara tuberculosa (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 32(1): 45-50.
- Cruz, R.A. 1984b. Algunos aspectos reproductivos y variación del índice de condición de Anadara similis (Pelecypoda: Arcidae) de Jicaral, Puntarenas, Costa Rica. BRENESIA 22: 95-105.
- Cruz, R.A. 1986. Caracteres generales, edad y crecimiento de Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). UNICIENCIA 3 (1-2): 25-29.
- Cruz, R.A. 1987a. Tamaño y Madurez sexual en Anadara grandis (Pelecypoda: Arcidae). BRENESIA 27: 9-12.
- Cruz, R.A. 1987b. The reproductive cycle of the mangrove cockle Anadara grandis (Bivalvia: Arcidae) in Costa Rica. BRENESIA 27: 1-8.
- Cruz, R.A. & J.A. Palacios. 1983. Biometría del molusco Anadara tuberculosa (Pelecypoda:Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 31(2): 175-179.

- Cruz, R.A. & C. Villalobos. 1993. Shell length at sexual maturity and spawning cycle of Mytella guyanensis (Bivalvia: Mytillidae) from Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 41(1): 89-92.
- Davenport, J. & T.M. Wong. 1986. Responses of the blood cockle Anadara granosa (L.) (Bivalvia: Arcidae) to salinity, hypoxia and aerial exposure. *Aquaculture* 56: 151-162.
- Dawes, C.J. 1981. *Maryne Botany*. Wiley-Interscience Publications, John Wiley & Sons, New York. 517-538.
- D'Cross, L. & B. Kwecinski. 1980. Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá. *Rev. Biol. Trop.* 28(1): 13-29.
- Díaz N., L. 1993. Producción y descomposición de hojarasca de la especie multifloreada de Rhizophora (Rhizophoraceae), en el estero de Morales, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 85 P.
- Djangmah, S.E. Shumway & J. Davenport. 1979. Effects of fluctuating salinity on the behaviour of the West African blood clam Anadara senilis and on the osmotic pressure and ionic concentrations of the haemolymph. *Mar. Biol.* 50: 209-213.
- FAO. 1982. Management and utilization of mangroves in Asia and the Pacific; based on the work of Christensen, B. *Environ. Paper* 3. 160 p.
- FAO. 1988a. Manejo integral de un área de manglar. Propuesta de manejo forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva de Terraba-Sierpe, Costa Rica. Informe Técnico Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en el trabajo de P.W. Chong. 172 p.
- FAO. 1988b. Manejo Integral de un área de manglar. Reserva Forestal de Terraba-Sierpe, Costa Rica, Información básica. Informe Preparado para el Gobierno de Costa Rica por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Basado en la labor de Isabel Martín Núñez. 140 p.
- Fernández C., N. & N. de Vido de Mattio. 1987. Biochemical composition, condition index, and energy value of Ostrea puelchata (D'Orbigny): relationships with the reproductive cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 108:99-111.

- Fournier O., L.A. 1993. Recursos Naturales. 2. ed. corr. y aum. San José, C.R.: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 33-38.
- Fournier, M.L. 1992. The reproductive biology of the tropical rocky oyster Ostrea iridescens (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Aquaculture* 101:
- Fournier, M.L. & E. De La Cruz. 1987. Reproduction of the cockle Anadara grandis in Costa Rica. *ICLARM*: p 6.
- Gainey, L.F. & M.J. Greenberg. 1977. Physiological basis of the species abundance-salinity relationship in molluscs: a speculation. *Mar. Biol.* 40: 41-49.
- Gallagher, S.B. & G.K. Reid. 1974. Reproductive behavior and early development in Littorina scabra angulifera and Littorina irrorata (Gasteropoda: Prosobranchia) in the Tampa Bay region of Florida. *Malacological Review* 7: 105-125.
- García, S. & L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO Doc. Téc Pesca*, (203): 180 p.
- Garwood, P.R. 1987. The cycle of gonad development in Patella vulgata (Mollusca: Gastropoda): The use of oocyte diameter measurements and gravimetric estimates of sexual maturity. *SARSIA* 72: 29-35.
- Gocke, K., M. Vitola & G. Rojas. 1981. Oxygen consumption patterns in a mangrove swamp on the Pacific coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29(1): 143-154.
- Gustafson, R.G., B.D. Gustafson & R.G. Reid. 1987. Continuous reproduction in the prothobranch bivalve Solemya reidi (Criptodonta: Solemyidae). *Veliger* 29(4): 367-373.
- Hadfield, A.J. & D.T. Anderson. 1988. Reproductive cycles of the bivalve molluscs Anadara trapezia (Dehayes), Venerupis crenata lamarck and Anomia descripta Iredale in the Sydney region. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 39: 649-660.
- Hansopa, Y., K. Thanormkiat, S. Limsakul, Y. Charoenvittayakul, T. Chongpeepien, C. Mongkolmann & S. Tuaycharoen. 1988. Growth, mortality and transportation studies on transplanted cockles (Fam. Arcidae) in Nakhon Bay, Thailand. p. 102-108. In E.W. McCoy and T. Chongpeepien (eds.) *Bivalve mollusc culture research in Thailand*. *ICLARM Technical Reports* 19, 170 p.

- Hernández, A. 1988. Experiencia en Colombia sobre cultivo de moluscos filtradores (Crassostrea y Anadara) utilizando captación de larvas en ambiente natural. Producción de larvas y juveniles de especies marinas, Eduardo Uribe (Editor). 61-66.
- Howard, D.W. & C.S. Smith. 1983. Histological techniques for marine bivalves mollusks. NOAA. 97p.
- Jiménez R., J.A. & R. Soto S. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 25-38.
- Kim, J.D. & J.H. Koo. 1973. Studies on the seedling production of the Ark, Anadara broughtonii (SCHRENK) in tank (1). Bull. Fish. Res. Dev. Agency 11:71-78.
- Lawrence, D.R. & G.I. Scott. 1982. The determination and use of condition index of oysters. Estuaries 5(1):23-27.
- Liang, O.T. 1981. Ecology of cockle: culture bed and its relationship to the growth of Anadara granosa(L.). Tesis de Maestría. University Sains, Malaysia. 146 p.
- Madrigal, C.E., J.A. Montoya, R.Q. Quezada, O.P. Urpí & E.Z. Madriz. 1985. Estructura de población y distribución de talla del ostión de manglar (Crassostrea rhizophorae, Guilding, 1828) en el estero Vizcaya, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 33(1): 61-62.
- Martínez C., L.R. 1988. Bioecología de la almeja negra Chione fluctifraga (Sowerby, 1853). Rev. Biol. Trop. 36(2A): 213-220.
- Mileikovsky, S.A. 1971. Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance; a re-evaluation. Mar. Biol. 10: 193-213
- Ortega, S. 1987. The effect of human predation on the size distribution of Siphonaria gigas (Mollusca: Pulmonata) on the Pacific Coast of Costa Rica. Veliger 29(3):251-255.
- Palacios, J.A., J.Bolaños, J.A. Rodríguez & R.A. Cruz. 1986a. Estudio sobre la biología de Protothaca asperrima (Pelecypoda: Veneridae) II. Distribución cuantificación . BRENESIA 25-26: 13-23.
- Palacios, J.A., R.A. Cruz, J.Bolaños & J.A. Rodríguez. 1986b. Estudio sobre la biología de Protothaca asperrima (Pelecypoda: Veneridae) III. Ciclo Reproductivo. BRENESIA 25-26: 23-32.

- Pathansali, D. 1961. Notes of the biology of cockle, Anadara granosa L. Proc. Indo-Pacific Fish., 11(II): 89-98.
- Pathansali, D. 1963. On the effect of salinity changes on the activity of the cockle, Anadara granosa L. Malaysian Agr. J., 44(1): 18-25.
- Peddicord, R.K. 1977. Salinity and substratum effects on condition index of the bivalve Rangia cuneata. Mar. Biol., 39: 351-360.
- Perry, D.M. 1988. Effects of associated fauna on growth and productivity in the red mangrove. Ecology, 69(4): 1064-1075.
- Petraltis, P.S. 1991. Recruitment of the mussel Mytilus edulis L. on sheltered and exposed shores in Maine, USA. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 147: 65-80.
- Pizarro J.F. & R.A. Cruz. 1987. Ciclo reproductivo de la almeja Protothaca grata (Pelecypoda: Veneridae). BRENESIA 27: 23-34.
- Rainer, S.F., A.M. Ivanovici & V.A. Wadley. 1979. Effect of reduced salinity on Adenylate Energy Charge in three estuarine molluscs. Mar. Biol. 54: 91-99.
- Richardson, C.A. 1987. Microgrowth patterns in the shell of the Malaysia cockle Anadara granosa (L.) and their use in age determination. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 111: 77-98.
- Robertson, A.L. & N.C. Duke. 1987. Mangroves as nursery sites: Comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. Mar. Biol. 96: 193-205.
- Sakker, E.R. 1986. Seasonal reproductive cycles of three Australian Species of Chitons (Mollusca: Polyplacophora). International Journal of Invertebrate Reproduction and Development 10: 1-16.
- Sastry, A.N. 1979. Reproduction of marine invertebrate: Pelecypoda (Excluding Ostreidae). Volume V Molluscs: Pelecypods and lesser classes. Edited by Arthur C. Giese & John S. Pearse. Academic Press New York. 113-291
- Scheltema, R.S. & I.P. Williams. 1983. Long-distances dispersal of planktonic larvae and the biogeography and evolution of some polynesian and Western Pacific Mollusks. Bull. Mar. Sci. 33(3): 545-565.

- Snedaker, C.S. & C.D. Getter. 1985. Costas: Pautas para el manejo de los recursos costeros. Publicación No. 2 sobre manejo de costas, serie de información sobre recursos renovables. Preparado por research Planning Institute, Inc. Columbia, South Carolina para National Park Service. 286 P.
- Sorensen, J.C., A.T. McCreary & A. Brandani. 1992. Costas: Arreglos institucionales para manejar ambientes y recursos costeros. Centro de Recursos Costeros. Universidad de Rhode Island. 185 p.
- Soto, R. 1988. Geometry, biomass allocattion and leaf demography of Avicenia germinans (L.) (Avicenniaceae) along a salinity gradient in Salinas, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop., 36(2A): 309-323.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones, Madrid. 832 p.
- Soto, R. & J.A. Corrales. 1987. Variaciones de algunas características foliares de Avicenia germinans (L.) en un gradiente climático y de salinidad. Rev. Biol. Trop. 35(2): 245-256.
- Soto, R. & J. A. Jiménez. 1982. Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La cruz, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Bio. Trop. 30(2): 161-168.
- Squires, H.J., M. Estévez, O. Barona & O. Mora. 1975. Mangrove cockles, Anadara spp. (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific Coast of Colombia. Veliger 18(1): 57-68.
- Thamasavate, T., K. Silapajarn, J. Nugranad, W. Pattharapinyo, C. Sangrungruang, S. Limsurat & S. Yangponlakan. 1988. Transplantation of cockle (Fam. Arcidae) into Sawi Bay, Thailand, p 109-112. In E.W. McCoy and T Chomgpeepien (eds.) Bivalve mollusc culture research in Thailand. ICLARM Technical Reports 19, 170 p.
- Thorson, G. 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Biol. Rev., 15: 1-45.
- Toral-Barza, L. & E.D. Gómez. 1985. Reproductive cycle of the cockle Anadara antiquata L. in Calatagan, Batangas, Philippines. Journal Costal Research. 1(3): 241-245.
- Vance, R.R. 1973. On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. The American Naturalist 107(955): 339-351.

- Watzin, M.C. 1986. Larval Settlement into marine soft-sediment systems: interactions with the meiofauna. J. Exp. Mar Biol. Ecol. 98: 65-113.
- Vance, D.J., M.D.E. Haywood & D.J. Staples. 1990. Use of a Mangrove estuary as a nursery area by postlarval and juvenile banana prawns, Penaeus merguensis de man, in Northern Australia. academic Press Limited: 689-701.
- Villalobos, C.R. & A.L. Báez. 1983. Tasa de crecimiento y mortalidad en Anadara tuberculosa (Bivalvia: Arcidae) bajo dos Sistemas de cultivo en el Pacífico de Costa Rica. Rev. Lat. Acui., 17: 9-18.
- Villalobos, C.R., G. Cruz & R.A. Cruz. 1985. Notas sobre la biología de Sphaeroma terebrans Bate 1966 (Sphaeromatidae: Isopoda) en el manglar de Pochote, provincia de Puntarenas, Costa Rica. BRENESIA 24: 287-296
- Yoyole, V. 1974. The sexual phases of the West African bloody cockle Anadara senilis (L.). Proc. Mal. Lond., 41: 25-27.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Second edition. Prentice-Hall, Inc. USA. 718p.