

34
2Ej.



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias



"SISTEMATICA DE LOS MOLUSCOS DULCEACUICOLAS EN LA
RESERVA ECOLOGICA "EL EDEN" QUINTANA ROO, MEXICO".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGO
P R E S E N T A:
ROBERTO CARLOS COZATL MANZANO

ASESOR: DR. FRANCISCO JAVIER VEGA VERA



MEXICO, D. F.

FACULTAD DE CIENCIAS
SECRETARIA AL

JUNIO 1999

2472102

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Sistemática de los moluscos dulceacuícolas en la reserva ecológica "El Edén", Quintana Roo, México".

realizado por Roberto Carlos Cózatl Manzano

con número de cuenta 9135062-4 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Francisco Javier Vega Vera.

Propietario Dra. Edna Naranjo García.

Propietario Biol. Efraín Tovar Sánchez.

Suplente Dra. María del Carmen Perrilliat Montoya. *Ma. Carmen Perrilliat*

Suplente Dr. Sergio R.S. Cevallos Ferriz. *Sergio Cevallos*

Edna María Suárez D.

Consejo Departamental de Biología.

Dra. Edna María Suárez D.

2EJ

“ Quizá los biólogos modernos no siempre reconocen el genio de los hombres que, bajo la estupefaciente variedad de las morfologías y de los modos de vida de los seres vivos, supieron descubrir si no una «forma» única, al menos un número finito de planos anatómicos, cada uno de ellos invariante en el seno del grupo que él caracteriza. ”

Jacques Monod

“Formado, pues, que hubo de la tierra el Señor Dios todos los animales terrestres y todas las aves del cielo, los trajo a Adán para que viese cómo los había de llamar.”

Génesis 2, 19

A mis abuelos: Evangelina y Juan quienes con su ejemplo, fomentaron en mí el respeto al trabajo y la perseverancia.

A Pilar, mi Madre: a quien debo mi vida y todo lo que soy. Gracias por tu apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Francisco Javier Vega, por el apoyo, la confianza y sobre todo la amistad brindada durante la realización de este trabajo.

A la Dra. Edna Naranjo y al Biol. Efraín Tovar por su apoyo incondicional a este trabajo y su participación decidida en mi formación académica.

A la Dra. María del Carmen Perrilliat y al Dr. Sergio Cevallos, por sus valiosos comentarios y ayuda en la evaluación y realización de este trabajo.

Al Dr. Arturo Gómez-Pompa y todo el equipo de trabajo de la Reserva Ecológica “El Edén”, por su colaboración y apoyo económico.

Al programa de becas para tesis de licenciatura PROBETEL, por los recursos económicos otorgados para el presente trabajo.

A los Doctores: Rosa Luz Tavera, Eberto Novelo y Rodolfo Dirzo, por sus comentarios y su orientación con respecto a este trabajo.

A los Doctores: Elizabeth Arellano y Francisco González por su amistad, ejemplo y dedicación al trabajo y, a la M.en C. Adriana Ayala por quien entré a esta carrera y a Maritza González por la ayuda en el diseño de esta tesis.

A mi familia y a Ale por todo el apoyo, la paciencia y el cariño que han tenido conmigo.

A mis amigos, que son parte esencial de mi vida y que aligeran los momentos difíciles.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todas las oportunidades de desarrollo que generosamente me ha brindado.

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	6
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	11
ZONA DE ESTUDIO	12
MATERIAL Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	42
LITERATURA CITADA	43
APÉNDICE I	51

RESUMEN

Las colectas realizadas en la Reserva Ecológica “El Edén” Quintana Roo, en los meses de marzo y septiembre de 1998 revelan la existencia de once especies de moluscos dulceacuícolas; dos prosobranquios: *Pomacea flagellata* Say, *Pyrgophorus* sp., ocho pulmonados: *Physella cisternina* Morelet, *Physella impluviata* Morelet, *Physella* sp., *Biomphalaria havanensis* Pfeiffer, *Drepanotrema cimex* Moricand, *Drepanotrema kermaoides* Orbigny *Helisoma trivolvis* Say, *Planorbulla armigera* Morelet y un bivalvo: *Sphaerium transversum* Say. La diversidad encontrada es alta considerando las características de los ecosistemas en la Reserva Ecológica y baja en comparación con la diversidad reportada para el resto de la península de Yucatán. Se registran diferencias significativas en la diversidad de moluscos entre las dos temporadas de colecta y entre algunos de los sitios de muestreo. El número de substratos disponibles, el área, la resistencia a los cambios estacionales y la temperatura, fueron los factores determinantes de la composición en los sitios de muestreo evaluados. Las dos especies de prosobranquios encontradas y los pulmonados *Biomphalaria havanensis* y *Helisoma trivolvis* fueron las especies más comunes en los sitios y en las temporadas de muestreo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Phylum Mollusca

Dentro del reino animal, el Phylum Mollusca ocupa el segundo lugar en diversidad después del Phylum Arthropoda, con alrededor de 100,000 especies conocidas (Hickman *et al.*, 1994). Esta alta diversidad se puede explicar tomando en cuenta su existencia desde hace más de 570 millones de años, sin duda tiempo suficiente para permitir el diseño de tan variadas formas y consecuentemente la colonización de un ámbito extenso de hábitats dentro de los ecosistemas, marino, dulceacuícola y terrestre (Barnes *et al.*, 1989). Son varios los textos que, en aras del entendimiento del diseño básico de los moluscos, enumeran las características que en un momento dado, un molusco ancestral hipotético debió tener (Barnes, 1977; Anderson, 1982; Brusca y Brusca, 1990; Hickman *et al.*, 1994). Sin embargo el nombre Mollusca, derivado del latín *mollis* “suave o elástico”, es un concepto filogenético más que anatómico o morfológico (Pojeta, 1980), ya que la relación entre los taxones que lo componen, es lo que da cohesión al grupo. Así, los grupos considerados dentro del taxón Mollusca descienden de un ancestro con simetría bilateral, no segmentado, acelomado, que desarrolló un esqueleto dorsal (Stasek, 1972) en forma de una cutícula orgánica, espículas calcáreas o una concha continua (Pojeta, 1985), con musculatura dorsoventral y un tipo de segmentación espiral (Runnegar, 1985).

En los grupos de moluscos actuales no existe una característica presente en todos (Pojeta, 1985), por lo que estudios de desarrollo embrionario y más recientemente estudios con marcadores moleculares, se han utilizado con el propósito de aclarar las relaciones existentes entre los diferentes taxones que componen al Phylum Mollusca. Así, los estudios embriológicos sobre la segmentación en espiral, la formación del mesodermo y la presencia de una larva del tipo trocófora (Anderson, 1982), y los estudios moleculares realizados con las secuencias de nucleótidos de RNA ribosomal 5S (Kumazaki *et al.*, 1983) sugieren una mayor afinidad de los moluscos con platelmintos y nemertinos, por lo que el ancestro común de los moluscos debió de haber tenido un grado de organización muy parecida al de estos grupos (Stasek, 1972; Trueman, 1975; Salvini-Plawen, 1980). Es evidente que se requiere una mayor cantidad de información para entender estas relaciones más claramente, no obstante la incertidumbre filética de ciertos grupos, existen caracteres plesiomórficos (primitivos) que definitivamente la dan cohesión al grupo haciendolo un grupo natural (Pojeta, 1985).

De las siete clases de moluscos actualmente existentes sólo las clases Gastropoda y Bivalvia se encuentran representadas en la fauna continental (dulceacuícola y terrestre), por lo que a continuación se presenta una descripción de estos grupos de interés.

1.2. Clase Gastropoda

Esta clase se distingue de las demás por su mayor riqueza específica (35,000 especies vivientes) (Barnes *et al.*, 1989) y porque presenta un proceso embrionario exclusivo de la clase denominado torsión, donde las visceras y la concha de la larva veliger de simetría bilateral, rotan 180° en contra de las

manecillas del reloj en relación a la cabeza y al pie (Signor, 1985), colocando las aberturas de la cavidad del manto, las branquias y el ano, en una posición anterior, mientras que los aparatos digestivo y nervioso se curvaron en forma de U (Hickman *et al.*, 1994). Este proceso de torsión tiene una serie de implicaciones etológicas, ecológicas y funcionales que afectan directamente a los organismos de estas clase (Signor, 1985). Un número de hipótesis se han desarrollado en torno al origen de la torsión, de estas, la que tiene una mayor importancia para este estudio, menciona que la torsión se dió para satisfacer las necesidades de la vida embrionaria, otorgándole a este proceso un valor adaptativo ya que le permite a la larva, por vez primera en su desarrollo, retraer el *velum*; esto a su vez juega un papel importante en la locomoción y alimentación de los gasterópodos (Yonge, 1960). Otras características de este grupo son: la rádula, diferenciación de ganglios nerviosos y pleurales, la concha es de sólo una pieza, calcárea cerrada apicalmente, y regularmente no se divide en cámaras (Moore, 1960).

Las posibles relaciones entre los grupos que componen a la clase Gastropoda son todavía oscuras toda vez que la información derivada del análisis del registro fósil es confusa (Signor, 1985). Una de las relaciones filéticas más aceptadas es la que pone al orden Archeaeogastropoda como el más primitivo (Cámbrico Tardío) y como posibles derivados de este orden a los otros dos órdenes de prosobranquios; Mesogastropoda y Neogastropoda (Ponder, 1973).

A continuación se mencionan algunas características importantes de las subclases Prosobranquia y Pulmonata, ya que los grupos que componen a la fauna de moluscos dulceacuícolas en la zona de estudio pertenecen a estas subclases.

1.2.1. Subclase Prosobranchia

Los grupos pertenecientes a esta Subclase se consideran sobrevivientes primitivos del linaje de los gasterópodos porque presentan algunas características consideradas como primitivas tales como: (1) el enrollamiento dextrógiro de la concha (provoca una condición asimétrica en los órganos internos por una reducción del tamaño de estos en el lado derecho de la espiral), (2) fertilización externa, (3) sexos separados y, (4) branquias bipectinadas, además la abertura de la concha puede cerrarse por la acción de un opérculo localizado dorsalmente en el pie (Graham, 1985). El desarrollo postorsional de los organismos dá como resultado órganos cefálicos y un aparato bucal poderoso. Los prosobranquios presentan mandíbulas cuticulares y una rádula de tipo ripidoglosa que está adaptada para el tipo de alimentación detritívora, predominante en este grupo (Brown, 1991). En la mayoría de los grupos de prosobranquios no existe una especialización de los conductos genitales (Hyman, 1967). Los grupos dulceacuícolas han desarrollado adaptaciones particulares al medio donde destacan las de carácter fisiológico, para los cambios osmóticos y la gran variación de estrategias reproductivas como la presencia de fertilización interna y la ovoviviparidad (Pennak, 1989). Algunas de las familias dulceacuícolas más comunes de prosobranquios son: Neritinae, Pleuroceridae, Viviparidae y Ampullariidae (Brown, 1991).

1.2.2. Subclase Pulmonata

Este grupo se encuentra distribuido en ecosistemas terrestres, marinos, y dulceacuícolas comprendidos en regiones templadas y tropicales (Hickman *et al.*, 1994). La característica más importante y que le da nombre al grupo es la conversión de la cavidad del manto en un pulmón, con una vascularización del techo de la cavidad del manto y la presencia de un poro respiratorio (Barnes *et al.*, 1989). El tipo más común de pulmonado en las aguas continentales es el basomatóforo, éste presenta un par de tentáculos y los ojos en la base de estos (Hyman, 1967). Algunas de las familias de gasterópodos pulmonados más comunes en agua dulce son: Lymnaeidae, Physidae y Planorbidae. Estos grupos son predominantemente detritívoros y algunos pueden alimentarse de bacterias (Kesler *et al.*, 1986).

1.3. Clase Bivalvia

Estos moluscos presentan una simetría bilateral, sin torsión, con un manto que envuelve en forma de dos lóbulos laterales, a los demás órganos del cuerpo y que secreta las valvas (Barnes, 1977). La cabeza es rudimentaria, sin tentáculos, faringe, cavidad bucal ó rádula (Hickman *et al.*, 1994). Un par de aurículas, riñones y gónadas simples se presentan, mientras que las branquias suelen ser alargadas y modificadas para formar un septo muscular (Bottjer, 1985). Los bivalvos que llegan a nuestros días son los protobranquios y lamelibranquios (Cox, 1960; Yonge, 1960), siendo estos últimos, los que tienen importancia en relación a la alta diversidad que presentan y su dominancia numérica en las biotas actuales. La subclase Lamellibranchia se divide en los superordenes Pterioidea, Veneroidea, Myoidea, Anomalodesmata, Trigonida y Unionida (Bottjer, 1985). Sólo dos de estos grupos presentan formas de agua dulce: Veneroidea (i.e. *Dreissena*, *Pisidium* y *Corbicula*) y Unionida (i.e. *Quadrula*, *Anodonta* y *Psoronaias*). En este último grupo se registran un mayor número de especies de agua dulce (Stanley, 1970). Dentro del ambiente dulceacuícola, existen factores ambientales como la temperatura, el pH y la salinidad que limitan la distribución de este grupo (Pennak, 1989). El factor ambiental de mayor importancia para el grupo es la cantidad de agua disponible en el ambiente ya que, a pesar de su larga historia evolutiva los bivalvos han permanecido como un grupo acuático sin colonizar el ambiente terrestre (Bottjer, 1985). Otros factores importantes son: las características del sustrato (i.e. dureza, grosor, cantidad de materia orgánica) y la energía general del ambiente (i.e. corrientes, movimientos ascendentes del agua) (Pennak, 1989). Los bivalvos detritívoros son más abundantes en ambientes con sustratos finos y poca energía, mientras que los suspensívoros se encuentran preferentemente en ambientes con sustratos duros, de granos grueso y con una mayor energía (Stanley, 1970).

1.4. Fauna dulceacuícola

Como resultado de la invasión al ambiente dulceacuícola, diversas características se desarrollaron en los grupos representativos como adaptaciones a este ecosistema; de esta serie de características se mencionan las que los moluscos en particular han desarrollado toda vez que el grado de adaptación es determinante de la distribución de estos organismos (Brown, 1991). (1) el tamaño de los organismos se

reduce para maximizar la eficiencia de los procesos metabólicos (Pennak, 1989), y para maximizar la capacidad de dispersión y movilidad en general (Vermeij y Covich, 1978), (2) los ciclos de vida se reducen para poder alcanzar las tallas adultas y los estadios reproductivos óptimos en un tiempo menor (Vermeij y Covich, 1978), (3) en ecosistemas donde los cuerpos de agua son temporales, la desecación se convierte en la presión ambiental más fuerte, provocando un desarrollo importante de estrategias para soportarla (Pennak, 1989), (4) a nivel de concha y periostraco (membrana externa proteínica que cubre la concha de la mayoría de los moluscos), se reducen las ornamentaciones como nodos, espinas, costillas, etc., en respuesta a las estrategias alimenticias de los depredadores de caracoles en los sistemas dulceacuícolas (aves, sanguijuelas, ostrácodos y algunos coleópteros) quienes fundamentalmente extraen o succionan al organismo fuera de su concha sin romperla (Sohn y Kornicker, 1975; Eckblad, 1976). La colonización de los ambientes dulceacuícolas (a partir de ambientes marinos) debe concebirse como una serie de pasos a través de ambientes o zonas de transición como los estuarios, manglares, pantanos y deltas (Pennak, 1989). Esta colonización supone una constante adaptación de los organismos al medio continental, en donde los parámetros abióticos y bióticos presentan una gran variación (Vermeij y Covich, 1978).

II. ANTECEDENTES

2.1. Los moluscos dulceacuícolas en México

Los trabajos más importantes en relación a los moluscos de agua dulce en México, comienzan en la primera mitad del siglo pasado. La mayoría de los trabajos se enfocan al inventariado de la fauna, abarcando aspectos taxonómicos y de distribución geográfica de los grupos. Hacia 1930 se realizan los primeros trabajos relacionados con otros aspectos de la biología de este grupo, como su importancia médica y repercusiones de esto en la actividad ganadera (i.e. Aguirre, 1939; Mazzotti, 1955). Esta línea de trabajo ha permanecido desde entonces, y actualmente se desarrolla en varios puntos del país (Gómez-Agudelo *et al.*, 1978; Landeros *et al.*, 1981; Rangel-Ruíz y Martínez-Duran, 1994; y Rangel-Ruíz, 1995) (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Algunos de los trabajos más importantes en relación a los moluscos de agua dulce en México.

Autor	Año	Zona de estudio	Tipo de trabajo	Comentario
Phillips	1846	Republica Mexicana	Descriptivo	Sólo se describen dos especies
Morelet	1849-61	Península de Yucatan	Descriptivo	Se profundiza en el conocimiento de algunos grupos
Crosse y Fischer	1878	América central y Mex	Inventariado faunístico notas sobre: habitat distribución, sinoni- mias, etc de las spp	Ilustraciones a color, esquemas de rádulas y otras partes anatómicas
Pilsbry	1890	Península de Yucatan	Inventariado de fauna mapas de los sitios de colecta	Posteriores expediciones a los Estados de Veracruz, Michoacán y Nuevo Leon
Von Martens	1890-1901	Republica Mexicana	notas sobre: habitat sinonimias, etc	
Díaz de León	1910	Republica Mexicana	catálogo de moluscos terrestres, marinos, y dulceacuícolas	Primer trabajo realizado por un mexicano, alrededor de 60 especies dulceacuícolas, de las familias Lymnaeidae, Ancylidae, Ampullariidae, Planorbidae, Physidae e Hydrobiidae.
Bequaert y Clench	1933	Península de Yucatan	reporte de la fauna encontrada	Nota sobre la falta de expediciones hacia el Estado de Quintana Roo, reportan una baja diversidad de moluscos para la zona
Harry	1950	Península de Yucatan	Descriptivo	Ninguno
Rehder	1966	Quintana Roo	reporte de la fauna encontrada	Añición de los resultados obtenidos por Richards, 1937, el en- foque de la colecta hacia las especies terrestres principalmente. Ubicación de los sitios de muestreo, Isla Cozumel, Isla Mujeres Norte de Puerto Morelos

A pesar de que varios trabajos se han realizado en la península de Yucatán, muy poco de lo que hoy se conoce como Quintana Roo, ha podido muestrearse. Pilsbry (1890) realiza uno de los primeros trabajos en la zona de la península de Yucatán, describiendo la ubicación de las localidades de muestreo (Fig. 2.1), (zona marcada con pequeñas rayas).

En el mapa se observa que gran parte de la zona Noreste de la península no se considera en dichos muestreos.

Bequaert y Clench (1933), realizan estudios en la península pero no abarcan el territorio del Estado de Quintana Roo. El primer registro formal es el de Richards (1937), teniendo lugar en la isla de Cozumel. A partir de este trabajo, se desarrollan otros que están relacionados con la fauna de agua

dulce en la zona (Harry, 1950; Rehder, 1966; Naranjo-García y García-Cubas, 1985).

El análisis de estos trabajos, deja claro que son muy pocas las investigaciones realizadas con los moluscos dulceacuícolas en el Estado de Quintana Roo, y que no se ha realizado trabajo alguno donde se evalúe las relaciones ecológicas de estas comunidades (Tabla 2.1).

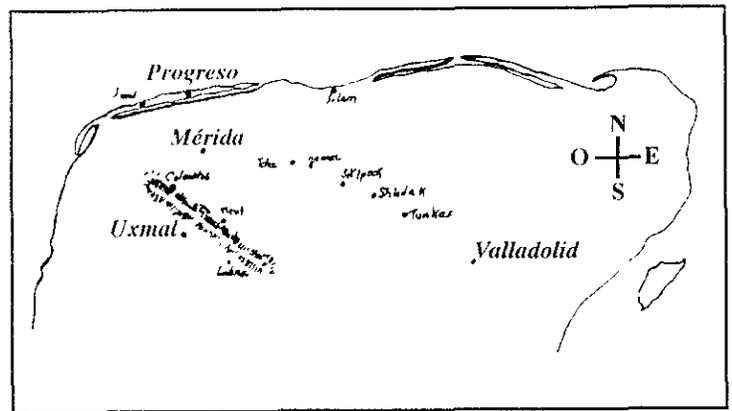


Fig. 2.1 Esquema modificado del artículo original de Pilsbry (1890)

2.2. Ecología de las comunidades

En este trabajo se considera que una comunidad, es el conjunto de poblaciones de especies de moluscos dulceacuícolas que existen en cada una de las pozas o cuerpos de agua de los humedales en la Reserva Ecológica “El Edén”, por lo que estas comunidades se delimitan en función a la extensión de las pozas. Además de las características propias de estas comunidades, existen interacciones de las diferentes especies en ellas (en este caso, especies de moluscos dulceacuícolas) con su medio, con otras especies y, entre sí (Goodall, 1990). A continuación se mencionan las interacciones más importantes que los moluscos sostienen en los diversos cuerpos de agua continentales y algunas características intrínsecas de este grupo que modifican la composición de las comunidades.

2.2.1. La selección del hábitat y del alimento.

Los gasterópodos de agua dulce pueden ser hervíboros (cuando no existe perifiton disponible i.e. Sheldon, 1987), detritívoros (aprovechando el incremento en los niveles de nitrógeno y la bacterias existentes en los detritos i.e. Jokinen *et al.*, 1982) e incluso carroñeros (Bovbjerg, 1968) y carnívoros (pueden alimentarse pasivamente de pequeños invertebrados asociados al perifiton i.e. Cuker, 1983a). Existe una preferencia por el perifiton puesto que es más fácil de raspar que el tejido de macrofitas, contiene concentraciones más altas de nutrientes como nitrógeno (Russell-Hunter 1978; Aldridge, 1983) y presenta una menor cantidad de metabolitos secundarios (Brönmark, 1985). A nivel de familias y géneros existen

preferencias alimenticias bien documentadas (Lodge, 1985; Kesler *et al.*, 1986; Brown, 1991). Patrick, 1970; Sumner y McIntire, 1982; Cuker, 1983b, Lowe y Hunter, 1988; McCormick y Stevenson, 1989 y Barnese *et al.*, 1990; documentan el forrajeo selectivo de algas verdes filamentosas por distintos gasterópodos dejando intactas otras especies más pequeñas. Cattaneo (1983), Cuker, (1983b) Steinman *et al.*, (1987) encontraron que una intensidad de forrajeo baja, produce en el perifiton una dominancia de algas verdes filamentosas y un forrajeo intenso produce una dominancia de algas cianofitas que pueden llegar a ser tóxicas. De esto se desprende que los moluscos de agua dulce pueden modificar la composición del hábitat en el que se encuentran.

Estudios de selección de hábitat, demuestran que los pulmonados detritívoros presentan una mayor diversidad en sitios con una baja energía de movimiento, mientras que los sitios de alta energía son preferidos y más diversos en prosobranquios (Harman, 1972; Clampitt, 1973). El tipo de sustrato presente (arenoso, arcilloso, rocoso, etc), juega también un papel importante en la composición de las comunidades (Weber y Lodge, 1990).

2.2.2. Reproducción e historia de vida

La variedad de estrategias reproductivas y ciclos de vida que presentan los moluscos, favorece la buena adaptación de estos organismos a su medio (Partridge y Harvey, 1988). De acuerdo a la clasificación de tipos de historias de vida para gasterópodos de agua dulce (Russell-Hunter, 1978 y Calow, 1978), la mayoría de los pulmonados presentan ciclos de vida anuales donde la reproducción se da en primavera y después mueren (se da un completo remplazamiento de las generaciones), mientras que en el caso de poblaciones sub-tropicales ó tropicales, existen hasta tres intervalos reproductivos con varios grados de remplazamiento de generaciones (Brown, 1991).

En comparación con algunos prosobraquios, las familias de pulmonados se reproducen en estadios más tempranos y de menor talla, producen más huevos por puesta y, presentan ciclos de vida más cortos (Brown, 1991).

La variedad de historias de vida que se presenta en estas poblaciones puede deberse a la acción de varios factores ambientales como la productividad del perifiton (Aldridge, 1982; Brown, 1985) y variables fisicoquímicas como la dureza y la temperatura del agua (McMahon, 1983).

2.2.3. Competencia

El papel de la competencia interespecífica (competencia por recursos limitados entre individuos de diferentes especies) y la competencia intraespecífica (competencia por recursos entre individuos de la misma especie) ha sido poco estudiada en moluscos dulceacuícolas (Brown, 1991). En relación a la competencia interespecífica, a cerca del solapamiento en la utilización de recursos, se ha observado que existe poca evidencia en comunidades naturales donde prosobranquios y pulmonados coexisten (i.e. Calow, 1974 a,b). Sin embargo, la competencia podría inferirse a través de cambios en el tiempo en la abundancia relativa de especies de moluscos en un área determinada (Harman, 1968). Es decir;

donde, a través del principio de exclusión competitiva (especies similares que compiten por el mismo recurso no pueden coexistir en el mismo lugar), los pulmonados son comunes en pequeñas pozas y áreas con vegetación en los lagos, mientras que los prosobranquios son raros en pozas y comunes en lagos (Lodge *et al.*, 1987).

Por otro lado, el grado de competencia intraespecífica estará determinado por las características de los recursos disponibles en el hábitat, las características de la población y otros factores reguladores de la densidad poblacional como la tasa de mortalidad natural y el clima (i.e. Eisenberg, 1970).

2.2.4. Depredación y parasitismo

En general, estos factores van a tener una mayor importancia como determinantes de la composición de comunidades de moluscos de agua dulce en cuerpos de agua relativamente grandes (Lodge *et al.*, 1987), además normalmente existen otros factores de tipo ambiental o fisicoquímico que son de mayor importancia (Vermeij y Covich, 1978). Sin embargo en condiciones especiales, la depredación (i.e. Brown y DeVries, 1985; Osenberg, 1989) así como la tasa de infección por parásitos (i.e. Anderson y May, 1979; Holmes, 1983), constituyen factores importantes en la regulación de la densidad poblacional de prosobranquios y pulmonados.

Existen una gran variedad de factores ambientales (temperatura, pH, alcalinidad, conductividad, disolución de gases), que han sido propuestos como determinantes de la composición de las comunidades de moluscos dulceacuícolas por varios autores (Boycott, 1936; Hubendick, 1958; Okland, 1983; Pip, 1986). Sin embargo, muchos de estos factores sólo son importantes bajo determinadas condiciones en ciertos hábitats. Por ejemplo, se sabe que teniendo la cantidad necesaria de calcio en el agua, existe poca relación entre los factores fisicoquímicos y la diversidad de moluscos (Lodge *et al.*, 1987).

A continuación se discuten los factores ambientales que pueden modificar la estructura de las poblaciones sub-tropicales y tropicales.

2.2.5 Factores ambientales

Variación estacional: Es uno de los factores que más impacto tienen sobre la estructura de la comunidad en sitios donde existen diferencias climáticas marcadas en el año (época de sequía y lluvias), puesto que la cantidad de agua disponible determina, entre otras cosas, la abundancia y riqueza de los productores, la química del sustrato, y la distribución de las poblaciones de consumidores en el hábitat, así como la permanencia de éste (Hubendick, 1958; Ndifon y Ukoli, 1989).

Dimensiones: De acuerdo a la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson, 1967), las “islas” ó hábitats más grandes usualmente soportan una mayor cantidad de especies. Al respecto, en algunos estudios con moluscos de agua dulce se ha encontrado una relación significativa entre la diversidad de moluscos y el área del hábitat (Lassen, 1975; Browne, 1981; Bronmark, 1985). El incremento de área se traduce en una mayor diversidad de recursos alimenticios, sustratos, refugios temporales y microhábitats aprovechables (Ebling *et al.*, 1966; Vermeij y Covich, 1978; Brown, 1991).

Temperatura: En ambientes básicamente lénticos, es decir con poco movimiento de agua (estanques y pozas), en regiones sub-tropicales y tropicales este factor es importante (Ndifon y Ukoli, 1989), ya que el patrón de fluctuación y la temperatura diaria, afectan directamente a los moluscos y modifican las condiciones limnológicas alterando la tasa fotosintética y la tasa de descomposición bacteriana (Hubendick, 1958), esto tiene a su vez repercusiones en la tasa metabólica global y el flujo trófico del hábitat. En las áreas cálidas, el incremento de temperatura es la causa principal de la desecación parcial o total de los cuerpos de agua (Hubendick, 1958; Pennak, 1989).

III. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la importancia que los humedales del Estado de Quintana Roo tienen, como hábitat de un gran número de especies y, de la importancia que los moluscos dulceacuícolas poseen como vectores de enfermedades parasitarias, indicadores de contaminación y consumidores primarios que desarrollan un papel crítico en las relaciones tróficas de las comunidades donde habitan, no se ha realizado ningún estudio malacológico en la zona que abarque cuestiones fundamentales como la taxonomía y diversidad de este grupo.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo general

Evaluar la diversidad y composición de los moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México.

4.2. Objetivos particulares

- a) Identificar todos los moluscos dulceacuícolas colectados en la Reserva Ecológica “El Edén”.
- b) Realizar una comparación entre la diversidad de moluscos dulceacuícolas encontrada en la Reserva Ecológica “El Edén”, y la diversidad registrada para la península de Yucatán.
- c) Evaluar la variación espacial de la estructura de las comunidades de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”.
- d) Evaluar la variación temporal en la estructura de las comunidades de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”.

4.3. Hipótesis

- a) Se espera que durante la temporada de lluvias la riqueza de especies se incremente ya que, el agua es un factor que favorece la permanencia del hábitat, el incremento de recursos aprovechables y la creación de nuevos microhábitats.
- b) Se espera que la diversidad de moluscos dulceacuícolas encontrada en la Reserva Ecológica “El Edén”, sea baja en comparación a la del resto de la península de Yucatán debido a las características especiales que predominan en la zona de la Reserva como la ausencia total de ríos, cuerpos de agua permanentes escasos y relativamente aislados, una época de sequía fuerte, suelos con poca materia orgánica y un área de colecta relativamente pequeña.
- c) Se espera que al incrementarse el tamaño de la poza se incremente la riqueza de especies en ella.

III. JUSTIFICACIÓN

A pesar de la importancia que los humedales del Estado de Quintana Roo tienen, como hábitat de un gran número de especies y, de la importancia que los moluscos dulceacuícolas poseen como vectores de enfermedades parasitarias, indicadores de contaminación y consumidores primarios que desarrollan un papel crítico en las relaciones tróficas de las comunidades donde habitan, no se ha realizado ningún estudio malacológico en la zona que abarque cuestiones fundamentales como la taxonomía y diversidad de este grupo.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo general

Evaluar la diversidad y composición de los moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México.

4.2. Objetivos particulares

- a) Identificar todos los moluscos dulceacuícolas colectados en la Reserva Ecológica “El Edén”.
- b) Realizar una comparación entre la diversidad de moluscos dulceacuícolas encontrada en la Reserva Ecológica “El Edén”, y la diversidad registrada para la península de Yucatán.
- c) Evaluar la variación espacial de la estructura de las comunidades de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”.
- d) Evaluar la variación temporal en la estructura de las comunidades de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”.

4.3. Hipótesis

- a) Se espera que durante la temporada de lluvias la riqueza de especies se incremente ya que, el agua es un factor que favorece la permanencia del hábitat, el incremento de recursos aprovechables y la creación de nuevos microhábitats.
- b) Se espera que la diversidad de moluscos dulceacuícolas encontrada en la Reserva Ecológica “El Edén”, sea baja en comparación a la del resto de la península de Yucatán debido a las características especiales que predominan en la zona de la Reserva como la ausencia total de ríos, cuerpos de agua permanentes escasos y relativamente aislados, una época de sequía fuerte, suelos con poca materia orgánica y un área de colecta relativamente pequeña.
- c) Se espera que al incrementarse el tamaño de la poza se incremente la riqueza de especies en ella.

V. ZONA DE ESTUDIO

5.1. La Reserva Ecológica “El Edén”

La Reserva Ecológica “El Edén”, se encuentra dentro de la bioregión conocida como Yalahau (palabra Maya que significa “donde nace el agua”, “agua del Rey” ó “Gran Señor”) (Reserva Ecológica, 1995). La región de Yalahau contiene más de 250,000 hectáreas de ambientes naturales bien conservados que representan los principales ecosistemas de la península de Yucatán y el Caribe, incluidos los ambientes lagunares y marinos, los pastizales marinos, distintos tipos de humedales, manglares, sabanas, dunas costeras y diversos tipos de selva. La zona está considerada como una de las de mayor diversidad biológica dentro de la península de Yucatán y contiene también un gran número de endemismos (Lazcano *et al.*, 1992).

La Reserva Ecológica “El Edén”, se estableció como tal en el año de 1990 (Reserva Ecológica, 1995). Esta es la primera reserva no gubernamental en el país dedicada a la investigación para la conservación biológica de México. Tiene una extensión de 1492 hectáreas. Se encuentra ubicada a los 21° 13' N y 87° 11' W. La altitud del sitio de estudio oscila entre los 5 y 10 m. El punto geográfico que usualmente se utiliza para ubicar la reserva, es la población de Leona Vicario, que se ubica al suroeste de la reserva (Fig. 5.1). Dicha población pertenece al Municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo (Sec. de Gob. y Gob. del Edo. de Q. Roo, 1987).

5.1.1. Clima

La estación meteorológica que monitorea las condiciones climáticas de la zona donde se encuentra la reserva, es la estación de Kantulnilkín. Esta se ubica a 31 km al SW de la reserva ecológica. Para esta zona se registra una temperatura media anual de 1511.4 mm, siendo el clima de acuerdo con García (1981), Aw “2(i)” cálido subhúmedo con lluvias en verano, con canícula, con un cociente de P/T mayor de 55.3, con poca oscilación de la temperatura media mensual, entre 5 y 7 °C. Los vientos predominantes provienen del sureste (Reserva Ecológica, 1995).

5.1.2. Geología Física e Histórica

La península de Yucatán conforma una gran losa de material calcáreo de origen reciente. En la Reserva Ecológica, las rocas calizas que forman el

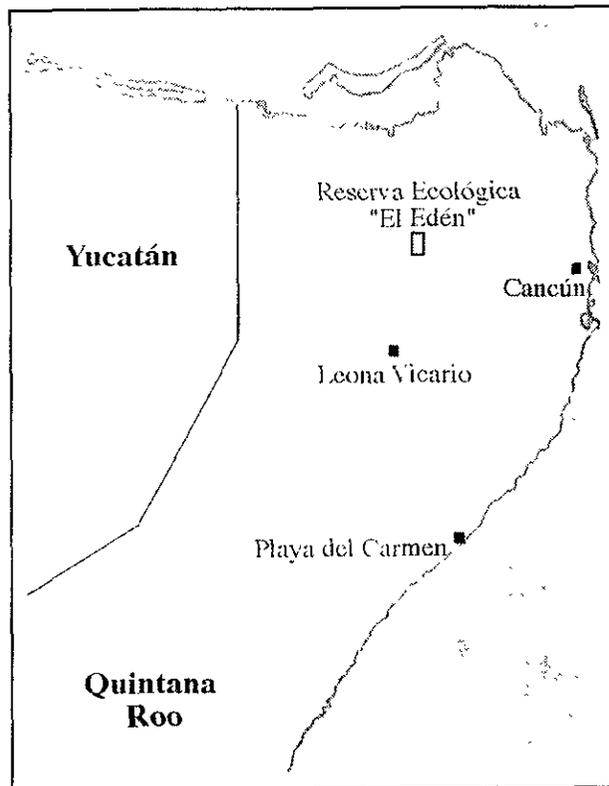


Fig. 5.1 Ubicación de la Reserva Ecológica “El Edén” en Quintana Roo, México.

substrato son de origen Cuaternario y Terciario. El área presenta una topografía casi plana, con altitudes que apenas rebasan los 30 m. Debido a la conformación geológica, la infiltración de agua de lluvia por la roca forma causes subterráneos y como la pendiente es muy suave no hay afloramiento y sus movimientos son muy lentos. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras, tipificadas por los cenotes, dolinas, aguadas y lagunas pequeñas (Reserva Ecológica, 1995). La formación de los cenotes se da por la acción disolvente del agua en la superficie calcárea, las dolinas, como producto de la disolución subterránea de las calizas cuyos techos llegan a colapsarse, y las aguadas por la acumulación de agua de lluvia en depresiones impermeables (Reserva Ecológica, 1995) Los estudios a cerca de la formación de la península de Yucatán, así como de la formación de los cenotes, son muy extensos y han llamado la atención de numerosos grupos de trabajo desde hace muchos años, los que a su vez han generado diversos tratados geológicos, biogeográficos y biológicos (Bequaert y Clench, 1933).

5.1.3. Edafología

La interacción de roca calizas afectadas por las altas temperaturas y la gran cantidad de lluvia, han generado predominantemente, suelos delgados, rocosos y con poca materia orgánica, como las rendzinas que corresponden a los suelos “tzeke” en la clasificación Maya (Sría. de Gob., y Gob. del Edo. Q. Roo, 1987). Así mismo, debido al carácter reciente de su formación, los suelos son inmaduros con excepción de los que se hallan en las colinas que son de color rojo intenso, poco profundos y muy alterados, lo que ocasiona que la fertilidad del suelo sea baja. La textura es arcillosa y pesada, propiciando que en la mayoría de los casos exista un drenaje excesivo (Reserva Ecológica, 1995).

5.1.4. Tipos de vegetación

En la Reserva Ecológica existen de acuerdo a su folleto (1995), varios tipos de vegetación bien representados. Algunos tipos de vegetación presentan un grado de perturbación relativamente bajo. Estos son los tipos de vegetación existentes en la reserva ecológica “El Edén” (Reserva Ecológica, 1995).

Selva mediana: Este ecosistema es quizá uno de los más perturbados en la reserva, debido a la acción sistemática de los fenómenos meteorológicos que con cierta frecuencia ocurren en la zona y, a la perturbación producida por la explotación forestal que data de épocas prehispánicas. Las especies arbóreas dominantes son: el árbol del chicle (*Manilkara achras*), la chaca (*Bursera simaruba*), el cedro tropical (*Cedrela mexicana*) y el ramón (*Brosimum alicastrum*). Sobre estos estratos podemos observar una gran cantidad de especies epífitas de bromelias, orquídeas y cactáceas. En cuanto a la fauna, encontramos una cantidad considerable de animales como el mono araña, el jaguar, el ocelote, el puma, el venado temazate, el pecarí de collar, así como varias especies de aves.

Los tintales: Estas son selvas bajas en suelos inundables donde el árbol dominante es el palo de tinte ó palo de Campeche (*Haematoxylon campechianum*).

Las sabanas: Las sabanas interiores o continentales están muy bien representadas en la reserva. El

suelo de estas, está casi siempre inundado conteniendo bajas concentraciones de O₂, por lo que sólo algunos árboles pueden crecer en las sabanas interiores. Las pocas especies arbóreas que los han conseguido son: el nanche (*Brysonima crassifolia*) y el jícaro (*Crescentia cujete*). En cambio dominan los tulares, carrizales y varias especies de palmas.

Los humedales: Estos se forman por extensas depresiones o fracturas en el suelo. En ellos se encuentran una gran variedad de plantas y animales para cuya existencia el agua es el componente vital. Debido a la descomposición de hojas y materia orgánica por los hongos y bacterias, se considera que aquí se inicia un gran número de cadenas alimenticias. Existe una variación considerable en cuanto al tipo de humedales, lo que se refleja en una variación de la composición florística. Las especies más abundantes son: *Typha latifolia*, *Eleocharis sp.* y *Cladium jamaicense*.

La vegetación acuática: Este tipo de vegetación está bien representada en los sitios que presentan una inundación permanente como los cenotes o los humedales. En ella, existen varias especies de plantas flotantes, sumergidas y emergentes, donde el género dominante es *Nymphaea*.

Aspectos socioeconómicos: La Reserva Ecológica “El Edén”, se ubica en el Municipio de Lázaro Cárdenas. Este municipio posee 137 localidades y una población de alrededor de 15,730 habitantes, con una de las densidades poblacionales más bajas del Estado con sólo cuatro habitantes por Km².

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Planteamiento general

Se seleccionaron cinco pozas, dentro de la zona de inundación, con características contrastantes entre sí, para determinar la variación espacial de las comunidades en la Reserva Ecológica “El Edén”. En el siguiente mapa de la Reserva Ecológica se aprecia la ubicación de los sitios de muestreo (**Figura 6.1**).

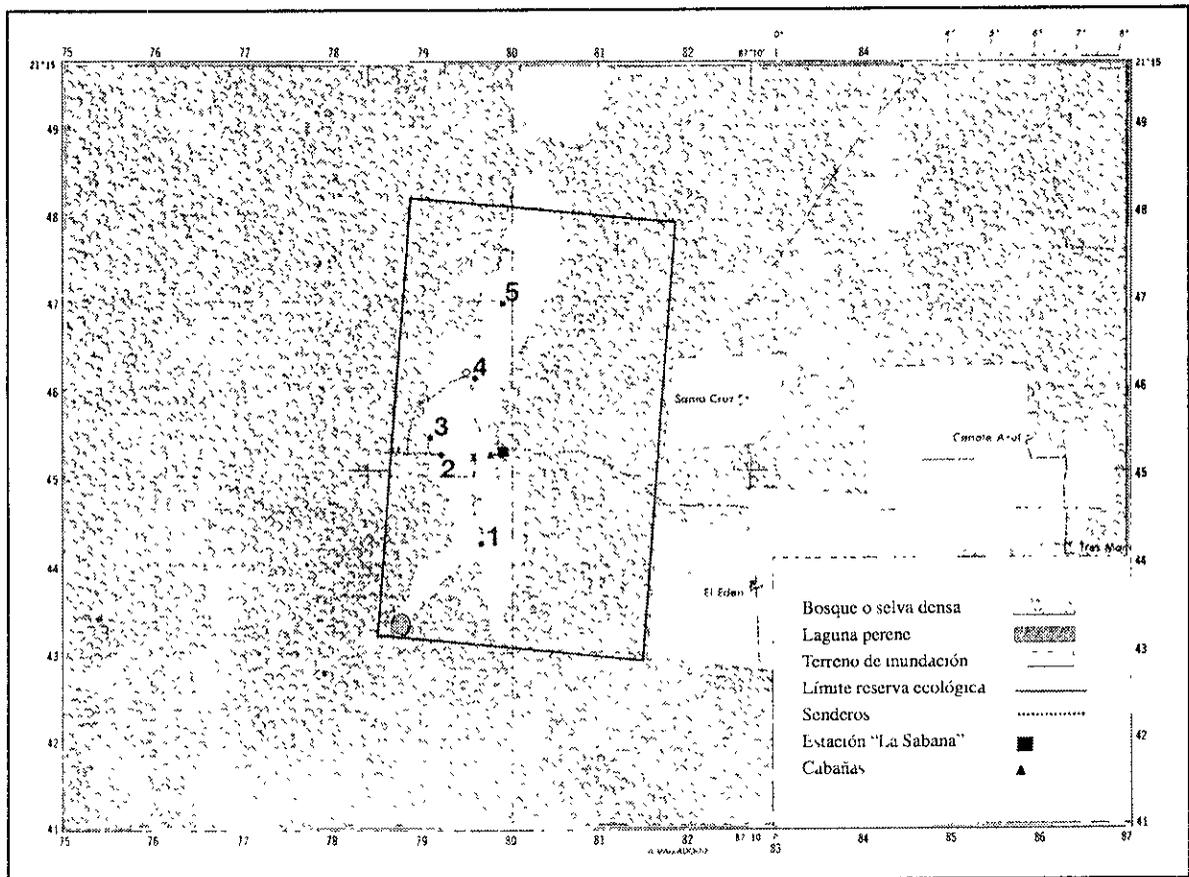


Fig. 6.1 Ubicación de los sitios de muestreo en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México

A continuación se mencionan la ubicación y algunas particularidades de estos sitios.

Sitio 1. Este cuerpo de agua es conocido como “Laguna Chamacos” y se caracteriza por tener agua durante todo el año. Se localiza a $21^{\circ} 12' 3''$ N y $87^{\circ} 11' 42''$ W. Este sitio se encuentra rodeado por Sabana; dominan las plantas vasculares de la familia *Cyperaceae*. La vegetación acuática está bien representada dominando el género *Nymphaea*.

Sitio 2. Se localiza en la parte Oeste de la reserva a $21^{\circ} 12' 37''$ N y $87^{\circ} 12' .3''$ W. El sitio presenta un sustrato dominado por perifiton en al menos 90% del área, ocupando la navajuela (*Cladium jamaicensis*), el otro 10%. En el sitio no se presenta otra asociación vegetal evidente y este, se encuentra dentro del cause natural por donde el agua de inundación se desplaza. No existen barreras naturales que lo delimiten

como grandes tramos de vegetación o elevaciones considerables de terreno.

Sitio 3. Se ubica en la zona limítrofe entre la Sabana y la Selva mediana al Oeste de la reserva. Las coordenadas son: 21° 12' 46" N y 87° 12' 4" W. En este sitio se observa una composición vegetal consistente en 3 especies arbóreas de las cuáles sólo el nanche (*Brysonima crassifolia*) se identificó. Se observaron 2 tipos de sustrato algal, (perifiton y algas verdes filamentosas) y una acumulación de materia orgánica hacia el centro de la poza. En la periferia de la poza existen macrofitas subacuáticas como *Cladium jamaicensis*.

Sitio 4. Se encuentra en la parte Norte de la reserva, sus coordenadas son 21° 13' 4" N y 87° 11' 47" W. Es básicamente una depresión natural de la roca madre. El sustrato es predominantemente rocoso con algas verdes filamentosas y raíces de plantas vasculares.

Sitio 5. Se localiza a los 21° 13' 39" N y 87° 11' 44" W. En él existen 4 especies vegetales distintas. Se identificaron la palma *Paurotis wrightii*, la navajuela (*Cladium jamaicensis*) y otra planta más de la familia Amarilidaceae.

Las características fisonómicas y las mediciones realizadas de los parámetros fisicoquímicos en estos sitios de muestreo se presentan (Tabla 6.1). En esta tabla se observa que el área y el tipo de sustrato no varían mucho entre temporadas. De los parámetros registrados, la profundidad y la temperatura son los que registran una mayor variación. El pH se mantiene dentro del ámbito de tolerancia de los moluscos de agua dulce.

Dentro de cada uno de los sitios se trazó un cuadrante, el cuál sirvió de base para elegir los cuadros al azar que se iban a muestrear, cada cuadro de 30 x 30 cm. En cada uno de los cuadros se llevó a cabo una revisión del sustrato, de los elementos vegetales, rocas, etc., en busca de organismos vivos o conchas de estos; considerando a las conchas en buen estado, como un organismo más.

Tabla 6.1 Características topográficas, de la vegetación y parámetros abióticos medidos en los sitios de colecta

Sitio	Área (m ²)		Profundidad (cm)		Temperatura (C°)		pH		sustrato		Características
	sequia	lluvia	sequia	lluvia	sequia	lluvia	sequia	lluvia	sequia	lluvia	
1	140	140	23,9 ± 5	25,7 ± 2	23,3	29,92	6,8	6,5	1*2*3	1*2*3	cuerpo de agua permanente y profundo
2	10,5	10,5	13,4 ± 9	22,2 ± 7	25,7	33,39	6,9	6,5	2	-	estanque temporal muy perturbado
3	31,95	32,73	12 ± 3	74,7 ± 2	25,4	29,2	6,8	6,6	1*2*3	1*2*3	cuerpo de agua temporal próximo a la selva mediana
4	1,73	1,73	19,1 ± 0	26,2 ± 3	27,1	31,6	6,0	6,5	2*3*4	1*2*3*4	cuerpo de agua temporal en una oquedad del suelo
5	22,23	23,12	17,4 ± 9	22,5 ± 6	22,3	28,4	6,7	6,2	1*2*2	1*2*3	cuerpo de agua temporal diverso en macrofitas

Tipos de sustrato:

1=materia orgánica 2=algas (perifiton y algas verdes filamentosas) 3=raíces de plantas macrofitas 4=sustrato rocoso.

Profundidad:

Los datos de profundidad están representados por el promedio y su error estándar.

El esfuerzo de muestreo para cada sitio se describe en la (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Esfuerzo de muestreo para cada sitio de colecta

Sitio	Temporada	N número de cuadros muestreados (30x30 cm)	Total	Observaciones
1	sequía	30	60	Muestreos solo por la orilla de la laguna, menos tiempo buscando en los cuadros por la presencia de cocodrilos
	lluvias	30		
2	sequía	20	40	Muy pocos ejemplares. Casi todos, organismos vivos.
	lluvias	20		
3	sequía	10	30	Falta de tiempo para completar los muestreos en la temporada de secas.
	lluvias	20		
4	sequía	10	20	Reducción del número de cuadros debido a la cobertura de la poza
	lluvias	10		
5	sequía	20	40	Ninguna
	lluvias	20		

Para determinar la variación temporal de las comunidades de moluscos dulceacuícolas se realizaron las colectas durante la época de sequía (marzo) y lluvias (septiembre) de 1998 (Fig. 6.2).

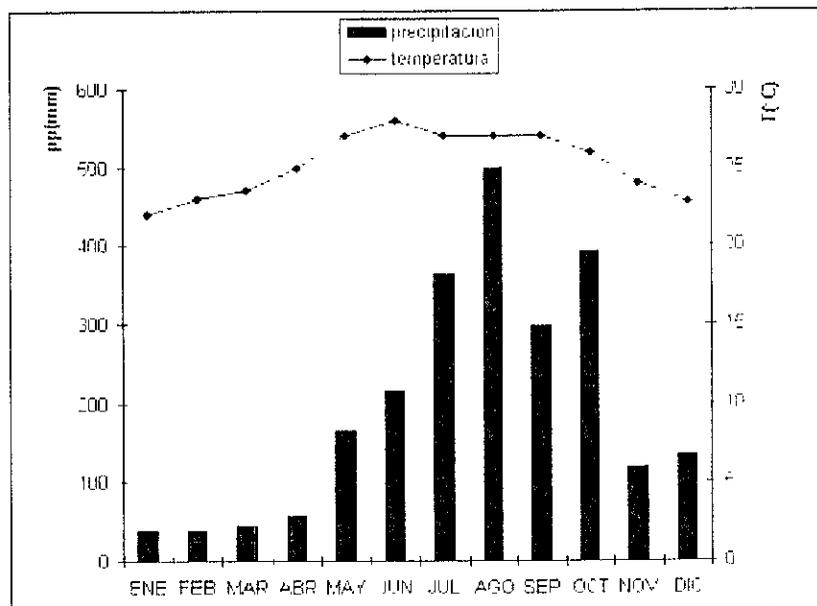


Fig. 6.2 Climograma de la Reserva Ecológica "El Edén" con base en los datos de la estación meteorológica de la reserva, durante 1998.

* Los datos de los 3 primeros meses son tomados de la estación meteorológica de Kantunilkín

** La estación meteorológica de la reserva fue donada por el Dr. Allen de la Universidad de California en Riverside y es funcional a partir de abril de 1998.

De acuerdo a Hubendick (1958), Brown (1982) y Perera *et al.* (1995), en los sitios de muestreo se realizaron mediciones de los siguientes parámetros ambientales: temperatura, pH, dimensión del cuerpo de agua, composición vegetal relativa y composición relativa del sustrato.

6.2. Identificación

Los organismos fueron identificados utilizando las siguientes claves taxonómicas:

- 1) Baker, F.C. 1945.
- 2) Burch, J.B. 1989
- 3) Burch y Cruz Reyes, 1987
- 4) Herrington, H.B. 1962
- 5) Fischer, P. y H. Crosse, 1870-1900
- 6) Pennak, R.W. 1989
- 7) von Martens, E. 1890-1901

La identificación se llevó a cabo comparando las características de las conchas y los ámbitos de tamaño de los ejemplares obtenidos en el muestreo con los registrados en las claves. En el caso de *Biomphalaria havanensis*, se realizó una disección para efectuar una comparación anatómica de caracteres diagnósticos entre los ejemplares de la reserva y los reportados en la literatura (i.e. Yong *et al.*, 1997). La observación de ciertos caracteres se llevó a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico (OLYMPUS SZ-ST).

6.3. Preparación del material colectado

6.3.1. Tratamiento de organismos vivos

- a) Una vez colectados los organismos, se colocaron en frascos de plástico con materia orgánica, vegetación y agua del sitio de colecta.
- b) Para el caso de organismos colectados vivos, se observaron en el laboratorio de campo, los caracteres taxonómicos importantes con ayuda de un microscopio estereoscópico.
- c) En el proceso de fijación se utilizó una solución de alcohol al 10% previa a la solución definitiva de alcohol al 70 % para evitar el endurecimiento de los tejidos (Lind, 1979; Green *et al.*, 1981). En el caso de *Pomacea flagellata* se cambió la solución de relajamiento, por cerveza. El tiempo que los caracoles permanecieron en la solución relajadora, fue variable y en función a la respuesta del organismo. Se juzgó que la señal de adormecimiento adecuada sería la ausencia de una respuesta rápida del animal ante el contacto de las cerdas de un pincel. Una vez fijados los caracoles, estos se guardaron en frascos de plástico para su identificación posterior.

6.3.2. Tratamiento de conchas

- a) La concha tuvo que estar en el mejor estado posible puesto que las conchas bien preservadas hacen

la identificación más fácil, además de que las conchas maltratadas o con poco periostraco pueden haber pertenecido a un organismo que murió hace varias temporadas. Esto último constituye un sesgo si se quiere cuantificar la abundancia estacional de los organismos.

- b) Las conchas seleccionadas se limpiaron lo mejor posible con un pincel fino y agua corriente y se guardaron en frascos debidamente etiquetados. Las conchas pequeñas se guardaron en frascos separados para evitar la ruptura de las mismas.
- c) En el laboratorio, las conchas se lavaron en una solución poco concentrada de jabón y posteriormente fueron sonicadas (sonicador Cole-Parmer Mod: 33-R /0.2 AMPS). En este proceso las conchas se envolvieron en tela de maya (tul), y fueron separadas para evitar al máximo la fricción y la ruptura de estas (Naranjo-García, com. pers). Las conchas frágiles fueron sonicadas entre 15 y 20 segundos. Una vez limpio el material, se realizaron las mediciones de las conchas (Fig. 6.3).

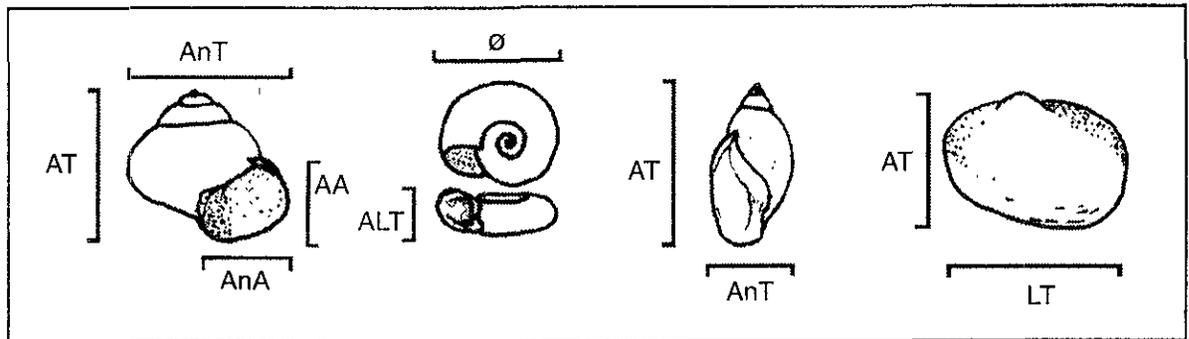


Fig. 6.3 Esquemas de las mediciones efectuadas

6.3.3. Mediciones

- a) En los prosobranquios se tomaron 4 mediciones: **AT** = altura total, **AnT** = ancho total, **AA** = altura de la abertura y **AnA** = ancho de la abertura.
 - b) Para los planorbidos se tomaron 3 medidas: **Ø** = diámetro máximo, **ALT** = altura total y **# de V** = número de vueltas.
 - c) En los físidios 2 medidas fueron tomadas: **AT** = altura total, **AnT** = ancho total.
 - d) Para bivalvos se tomaron en cuenta: **LT** = largo total de la valva y **AT** = ancho total de la valva.
- La mayoría de las mediciones se efectuaron con el ocular graduado del microscopio OLYMPUS. Para medir las conchas de *Pomacea flagellata* se utilizó un vernier. Los datos de máximos y mínimos de cada especie se utilizaron para establecer los ámbitos de tamaño.

6.3.4. Obtención y fotografía de rádulas

La presente técnica está tomada y modificada de el trabajo de Burch y Jeong (1984).

- a) Se separa el cuerpo del caracol de la concha y se enjuaga en una solución de agua destilada por 5 minutos. Posteriormente, se separa la parte cefálica del cuerpo.

- b) Se realiza una incisión por la parte dorsal de la cabeza para dejar descubierta la masa bucal del organismo, separándola de la cabeza para colocarla en una solución de cloro al 40% por 4 minutos a temperatura ambiente. Las rádulas pequeñas se mantienen en el cloro 1.5 minutos y se vigilan constantemente con el microscopio para evitar la disolución del tejido radular.
- c) Se separa la rádula de los tejidos adyacentes con pinzas y aguja de disección y se lava en un vidrio de reloj con agua destilada por espacio de 15 minutos.
- d) Para determinar la orientación de los dientes, las rádulas se colocan en un portaobjetos cóncavo con agua, donde se observan al microscopio (10X).
- e) Las rádulas limpias, se colocan sobre la cara adhesiva de la cinta especial para microscopía electrónica. Posteriormente la cinta se pega al portamuestras especial del microscopio. Este debe estar libre de polvo e impurezas.
- f) A las muestras se les colocó un baño de pintura de oro, como medida adicional para mejorar el flujo de electrones a través de ellas. Se tomaron las fotos en un microscopio electrónico de barrido por superficie JEOL JSM – 3SC. Utilizando una película Kodak VP 6041 B/N para impresiones.

6.3.5. Fotografía de las conchas

En esta parte se tomaron en cuenta la metodología de los trabajos de Wu y Beetle, 1995 y Naranjo-García, 1988; además de las observaciones y sugerencias de Naranjo-García y Vega Vera.

- a) Para prosobranquios se tomaron dos vistas: **Ventral** (se expone la abertura, el ombligo sí se presenta). **Lateral** (se expone el contorno del labio exterior).
- b) Para los pulmonados planórbidos 3 vistas de la concha se tomaron: **Izquierda** (se aprecian las ornamentaciones en general y la forma de la espira). **Derecha** (se aprecia la forma del ombligo). **Abertura** (se observa el contorno de la abertura y el ancho de la última vuelta).
- c) Para los pulmonados físidios, 2 vistas se tomaron: **Ventral** (se expone la abertura, el contorno del labio interior y exterior). **Lateral** (se expone el contorno del labio externo con el ápice hacia arriba).

6.4. Tratamiento de datos

- a) Para evaluar el estado de las comunidades de moluscos en cada uno de los sitios de muestreo elegidos, se obtuvieron, con base en los datos de número de especies y abundancia relativa, dos índices de diversidad - Simpson (**D'**) y Shannon-Wiener (**H'**) – (Zar, 1984); y dos índices de similitud entre localidades – Czekanowski (**Cz**) y Jaccard (**Sj**). Los valores de diversidad y abundancia relativa junto con los valores de los índices fueron calculados con el programa de computo denominado BIODIVERSIDAD (versión 1991).
- b) Con los datos de ambas colectas se construyeron gráficas de curvas acumulativas de especies de moluscos dulceacuícolas para cada sitio para determinar la bondad del muestreo.
- c) Los índices de diversidad entre comunidades se compararon utilizando pruebas de t-student, así como el ajuste de Bonferroni para calcular el nivel de confianza correspondiente (n=5, a= 0.01,

Sokal y Rohlf, 1995).

- d) Los sitios de muestreo fueron comparados por su composición de moluscos tanto en la temporada de sequía como en la de lluvias, utilizando los índices de similitud (Jaccard **Sj** y Czekanowski **Cz**). Estos índices de similitud fueron calculados con las siguientes ecuaciones (Magurran, 1988):

$$S_j = \frac{c}{a+b-c} \times 100$$

donde **c** es el número de especies que comparten ambas comunidades, **a** es el número de especies de la comunidad a, y **b** es el número de especies de la comunidad b.

$$C_z = \frac{S \sum m_i}{a_i + b_i} \times 100$$

donde **m_i**, se refiere a la abundancia mínima; **a_i** representa la abundancia mínima de la especie i en la comunidad a y **b_i**, representa la abundancia mínima de la especie i en la comunidad b.

VII. RESULTADOS

Once especies de moluscos dulceacuícolas habitan las cinco pozas estudiadas en la Reserva Ecológica “El Edén” (Tabla 7.1). De estas, diez son gasterópodos y un solo bivalvo de la Familia Pisidiidae. De los gasterópodos, ocho de ellos pertenecen a la subclase Pulmonata con cinco especies de la Familia Planorbidae y tres diferentes especies de la familia Physidae. Los prosobranquios están representados por dos especies: *Pomacea flagellata* familia Ampullaridae y una especie del género *Pyrgophorus*. En términos cuantitativos se obtuvieron 256 organismos (28 vivos y 228 conchas), 74 se colectaron en la temporada de sequía y 182 en la temporada de lluvias.

Tabla 7.1 Ordenamiento taxonómico de las especies encontradas en el estudio

PHYLUM MOLLUSCA	
CLASE: GASTROPODA	
SUBCLASE	Prosobranchia
Orden	Mesogastropoda
Familia	Ampullaridae
	<i>Pomacea flagellata</i> , Say 1829
Familia	Hydrobiidae
	<i>Pyrgophorus</i> sp
SUBCLASE	Pulmonata
Orden	Limnophila
Familia	Physidae
	<i>Physella cisternina</i> , Morelet 1851
	<i>Physella imolviata</i> , Morelet
	<i>Physella</i> sp
Familia	Planorbidae
	<i>Biomphalaria havanensis</i> , Pfeiffer 1840
	<i>Drepanotiema cimex</i> , Moricand 1837
	<i>Drepanotiema kermatoides</i> , Orbigny D' 1835
	<i>Helisoma trivolvis</i> , Say 1817
	<i>Planorbulla armigera</i> , Morelet 1849
CLASE: BIVALVIA	
Familia	Pisidiidae
	<i>Sphaerium transversum</i> , Say 1862

Sitios

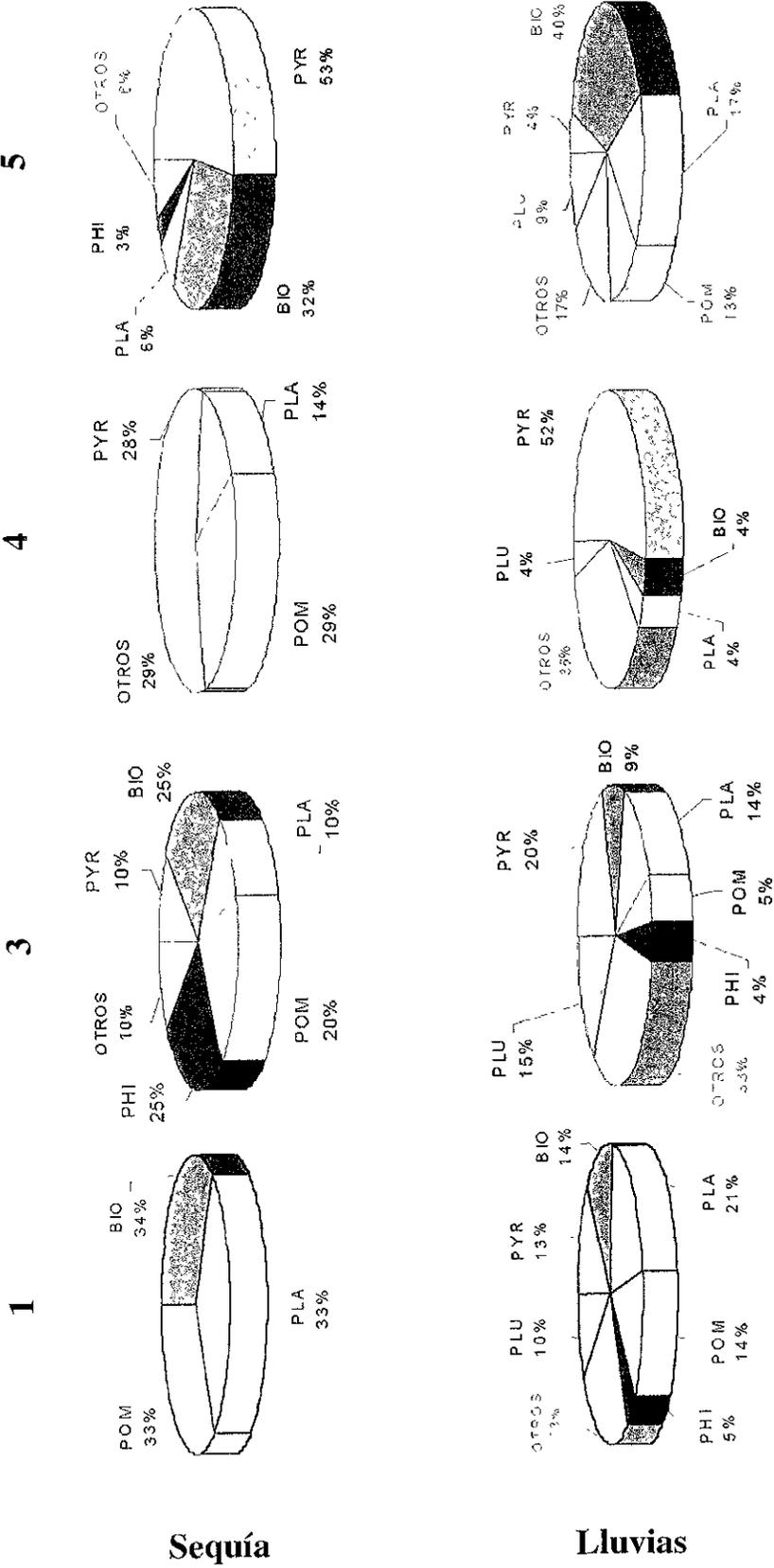


Fig. 7.1 Comparación de la composición de moluscos dulceacuícolas en 4 sitios y 2 temporadas (Sequia-Lluvias) en la Reserva Ecológica "El Edén", Quintana Roo, México.
 Simbología: POM *Pomacea flagellata* BIO *Biomphalaria havanensis* PLA *Helisoma trivolvis* PYR *Fyrgophorus sp.* PHI *Physella impluviata* PLU *Planorbilla armigera* OTROS otras especies presentes con abundancias menores.
 Nota: La ausencia de abreviaturas en algunas gráficas debe interpretarse como 0%.

En la **Figura 7.1** se muestra la distribución espacial (por sitios) y temporal (sequía – lluvias) de los organismos colectados. La descripción de los resultados no toma en cuenta los datos del sitio 2, pues se consideró que este sitio, que presenta dos especies en la temporada de sequía y una sola especie para la temporada de lluvias, no puede considerarse una comunidad. En esta gráfica se puede observar de forma general que la riqueza específica se incrementa para la temporada de lluvias en todos los sitios. Algunas especies como *Pomacea flagellata*, *Biomphalaria havanensis* y *Helisoma trivolvis* (POM, BIO y PLA respectivamente) se presentan en al menos 4 de los 5 sitios en ambas temporadas. (POM= en 3 sitios, BIO= en 3 sitios y PLA= en 4 sitios). Sólo *Planorbulla armigera* se registra exclusivamente para el tiempo de lluvias. Para la temporada de sequía, se observa que hay mayor variación de la composición entre sitios (i.e. el sitio 1 presenta sólo 3 especies dominantes mientras que el sitio 3 presenta 6). Esta tendencia se revierte ligeramente para el tiempo de lluvias puesto que el sitio con menor número de especies dominantes es el 4 con 5 especies y los sitios con mayor número de especies dominantes son el 1 y el 3 con 7. De las especies que se presentan en ambas temporadas, sólo *Pomacea flagellata* reduce su abundancia relativa en el tiempo de lluvias en los sitios en los que ya estaba presente.

En la **Figura 7.2**, referente a las curvas acumulativas de especies, se observa que los sitios 1, 2 y 5 alcanzaron una estabilización de la curva tanto en la época de sequía como en lluvias, mientras que la curva del sitio 3 sólo se estabilizó para la temporada de lluvias. La curva que mostró menor estabilidad en las temporadas es la del sitio 4. Así mismo, la mayor riqueza específica acumulada, tanto para sequía como para lluvias, se obtuvo en el sitio 3. El sitio 2 presentó los valores de riqueza acumulativas más bajos para ambas temporadas.

En la **Tabla 7.2** se observa un incremento general en número de especies (S) para la temporada de lluvia; el mayor incremento se presenta para el sitio 1 con 6 especies. La mayor riqueza específica en la temporada de sequía se presenta en el sitio 3 con 7 especies de moluscos y la menor en el sitio 1 con 3 especies.

En la temporada de lluvias el sitio con mayor riqueza fue el 3 con 11 especies, y los de menor riqueza fueron el 4 y el 5 con 6 especies cada uno. Los índices de diversidad de Simpson (D') y Shannon-Wiener (H') presentan un patrón similar. Es decir, estos se incrementan entre temporadas con excepción del sitio 4 (sequía $D'=0.8$ y lluvias $D'=0.5$ y sequía $H'=1.4$ y lluvias $H'=1.3$). Este valor es muy cercano para los sitios 1, 5 y 4 en sequía sobresaliendo el valor del sitio 3. Para lluvias, los valores de los sitios 1 y 3 se asemejan. Los valores del índice de Shannon –Wiener (H') para ambas temporadas indican que el sitio más diverso fue el 3 ($H'=2.2$) seguido del sitio 1 y los sitios 4 y 5 con el mismo valor.

La **Tabla 7.3 a, b** y **c**, muestra que el sitio 2 difiere significativamente del resto de los sitios en los valores del índice de Shannon – Wiener (H') en todas las temporadas. Así mismo, para la temporada de sequía el sitio 3 difiere significativamente del sitio 1 y el 5 (**Tabla 7.3. a**). En la temporada de lluvias, tanto el sitio 1 como el sitio 3 difieren significativamente con el sitio 4 y el 5 (**Tabla 7.3.b**).

Tabla 7.2 Riqueza específica e índices de diversidad para las comunidades de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México

S = # de spp. D' = Índice de Simpson H' = Índice de Shannon-Wiener

SITIOS	SEQUIA			LLUVIAS			AMBAS TEMPORADAS		
	S	D'	H'	S	D'	H'	S	D'	H'
1	3	0.5	1.1	9	0.7	2	9	0.6	2
3	7	0.7	1.8	11	0.7	2.2	11	0.7	2.2
4	4	0.2	1.4	6	0.5	1.3	7	0.5	1.6
5	5	0.5	1.2	6	0.6	1.6	7	0.5	1.6

* El valor de S para - ambas temporadas - no representa la suma de las dos anteriores temporadas.

** Los datos del sitio 2 se omiten puesto que éste no se consideró como una comunidad.

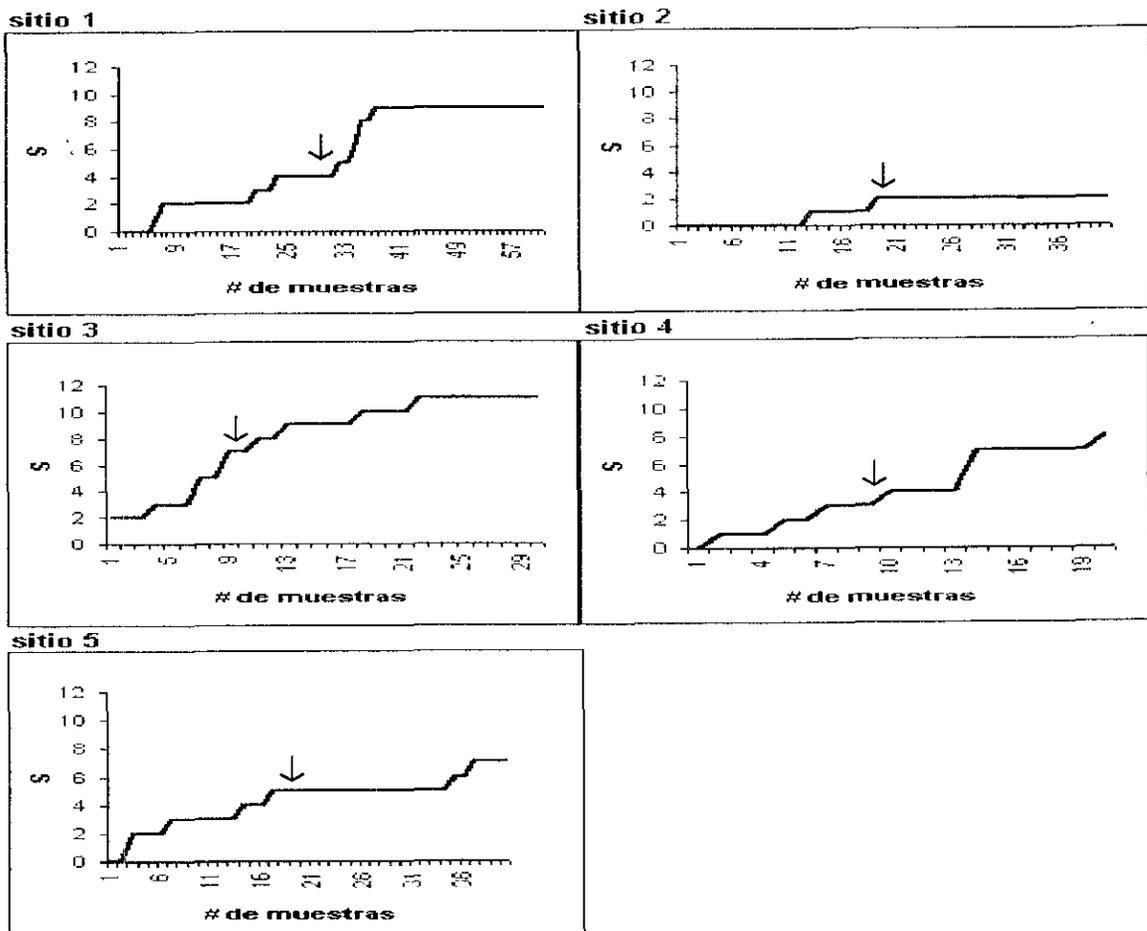


Fig. 7.2 Curvas acumulativas de especies de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México.

S=riqueza de especies

La flecha indica cambio entre temporadas (Sequia-Lluvias)

Para los datos de ambas temporadas, además del sitio 2 con todos los demás sitios, sólo el sitio 5 presenta diferencias significativas con el sitio 1 y con el sitio 3 (**Tabla 7.3.c**).

Tabla 7.3 Matriz de prueba de t-student para comparar entre índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') en a) temporada de sequía, b) temporada de lluvias y c) ambas temporadas, en la Reserva Ecológica "El Edén", Quintana Roo, México

a)

H'	1.1	0.6	1.8	1.4	1.2
sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	*	*	NS	NS
2		1	*	*	*
3			1	NS	*
4				1	NS
5					1

NS = diferencias no significativas

* = $p < 0.01$

b)

H'	2	0	2.2	1.3	1.6
sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	*	NS	*	*
2		1	*	*	*
3			1	*	*
4				1	NS
5					1

NS = diferencias no significativas

* = $p < 0.01$

c)

H'	2	0.68	2.2	1.6	1.6
sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	*	NS	NS	*
2		1	*	*	*
3			1	NS	*
4				1	NS
5					1

NS = diferencias no significativas

* = $p < 0.01$

En cuanto a las matrices de los índices de similitud de Czekanowski y Jaccard (**Tabla 7.4.a**) para la temporada de sequía, el índice de similitud de Czekanowski mostró que el mayor porcentaje de especies de moluscos que se comparten entre sitios fue del 58%, entre el sitio 2 y el 1. El menor fue del 25% y se registró entre el sitio 4 y el 3.

Tabla 7.4 Matrices de similitud de Czekanowski y Jaccard para comparar las comunidades de moluscos en a) temporada de sequía b) temporada de lluvias y c) ambas temporadas en la Reserva Ecológica “El Edén”, Quintana Roo, México

a)					
Czekanowski sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.58	0.55	0.42	0.38
2		1	0.45	0.25	0.32
3			1	0.4	0.49
4				1	0.35
5					1
Jaccard sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.41	0.37	0.27	0.24
2		1	0.29	0.14	0.19
3			1	0.25	0.33
4				1	0.21
5					1

b)					
Czekanowski sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.15	0.69	0.43	0.6
2		1	0.05	0	0.13
3			1	0.44	0.49
4				1	0.16
5					1
Jaccard sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.08	0.53	0.27	0.43
2		1	0.02	0	0.06
3			1	0.28	0.33
4				1	0.08
5					1

c)					
Czekanowski sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.36	0.68	0.43	0.52
2		1	0.21	0.09	0.4
3			1	0.52	0.6
4				1	0.49
5					1
Jaccard sitio/sitio	1	2	3	4	5
1	1	0.22	0.52	0.29	0.35
2		1	0.12	0.04	0.25
3			1	0.35	0.43
4				1	0.32
5					1

El índice de similitud de Jaccard presentó el mismo patrón que el de Czekanowski sólo que el índice de Jaccard presentó valores porcentuales menores. Para la temporada de lluvias se obtuvo un valor máximo de similitud de Czekanowski de hasta 69% de especies compartidas entre el sitio 1 y el 3. El menor valor registrado para esta temporada fue de 5 % de especies compartidas entre el sitio 2 y el 3. El porcentaje de especies compartidas entre el sitio 1 y el 5 se incremento notablemente con respecto a la época de sequía. Existe nula similitud o valores muy cercanos entre el sitio 2 y todos los demás. La tendencia del índice de Jaccard es similar a la de Czekanowski (**Tabla 7.4.b**).

Finalmente, la tendencia se mantiene con los datos de ambas temporadas puesto que los sitios con mayor porcentaje de especies compartidas son el 1 con el 3, seguidos del sitio 3 con el 4 y el 1 con el 5 (**Tabla 7.4.c**).

No se encontró una correlación entre el área de la poza y la riqueza de especies ($r= 0.3620$, $gl =3$, $p > 0.05$).

A continuación se presentan de forma resumida los datos de cada una de las especies encontradas además de su morfología externa (**Láminas 1 a 7**).

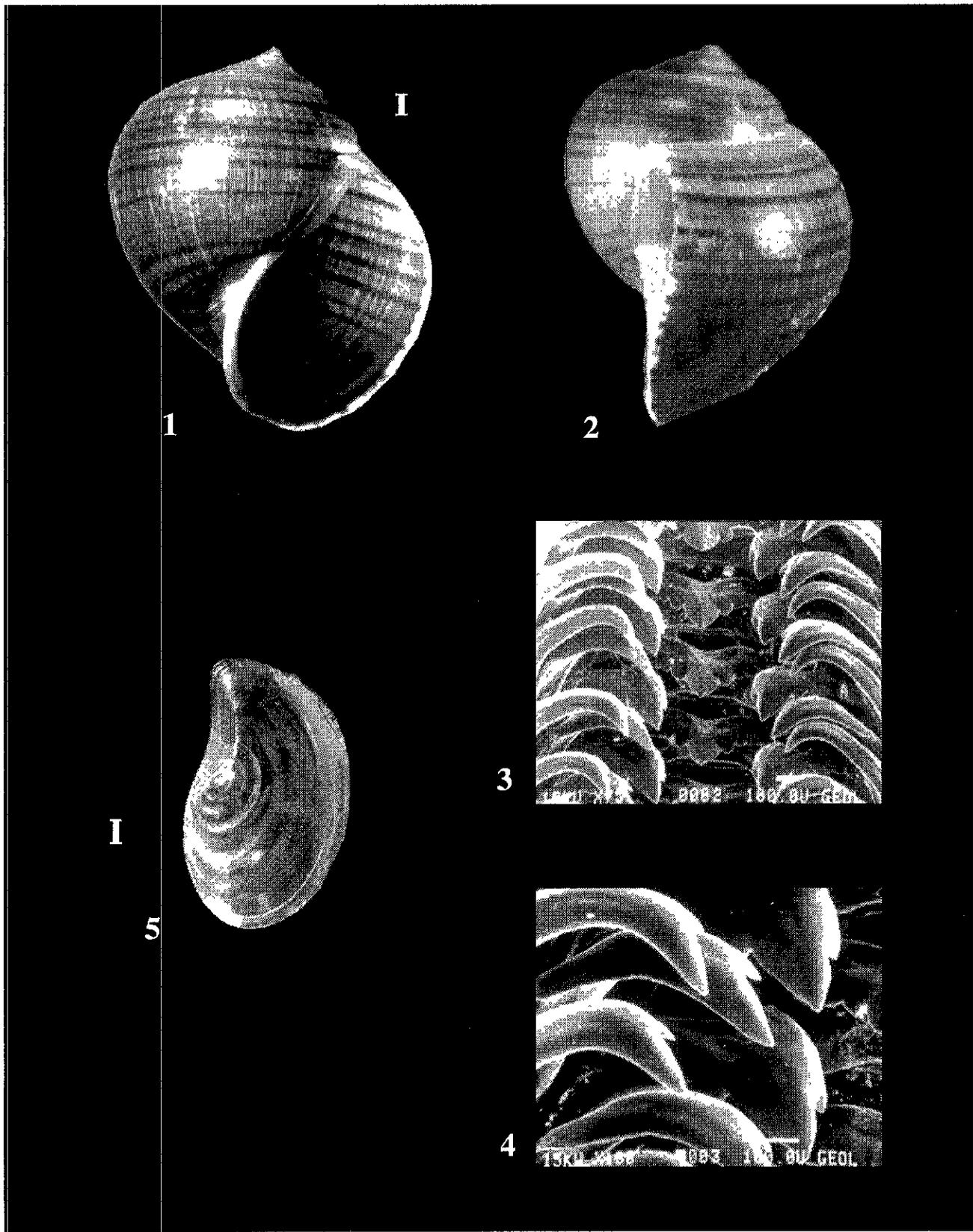


Lámina 1. *Pomacea flagellata*. 1) Vista ventral 2) Vista lateral 3) Rádula: dientes central, lateral y marginal 4) Detalle de dientes marginal y lateral. 5) Opérculo concéntrico n=30 org. Ámbito ATmax 5.55ATmin.45; AnTmax4.70 AnTmin0.35. Escala=2mm.

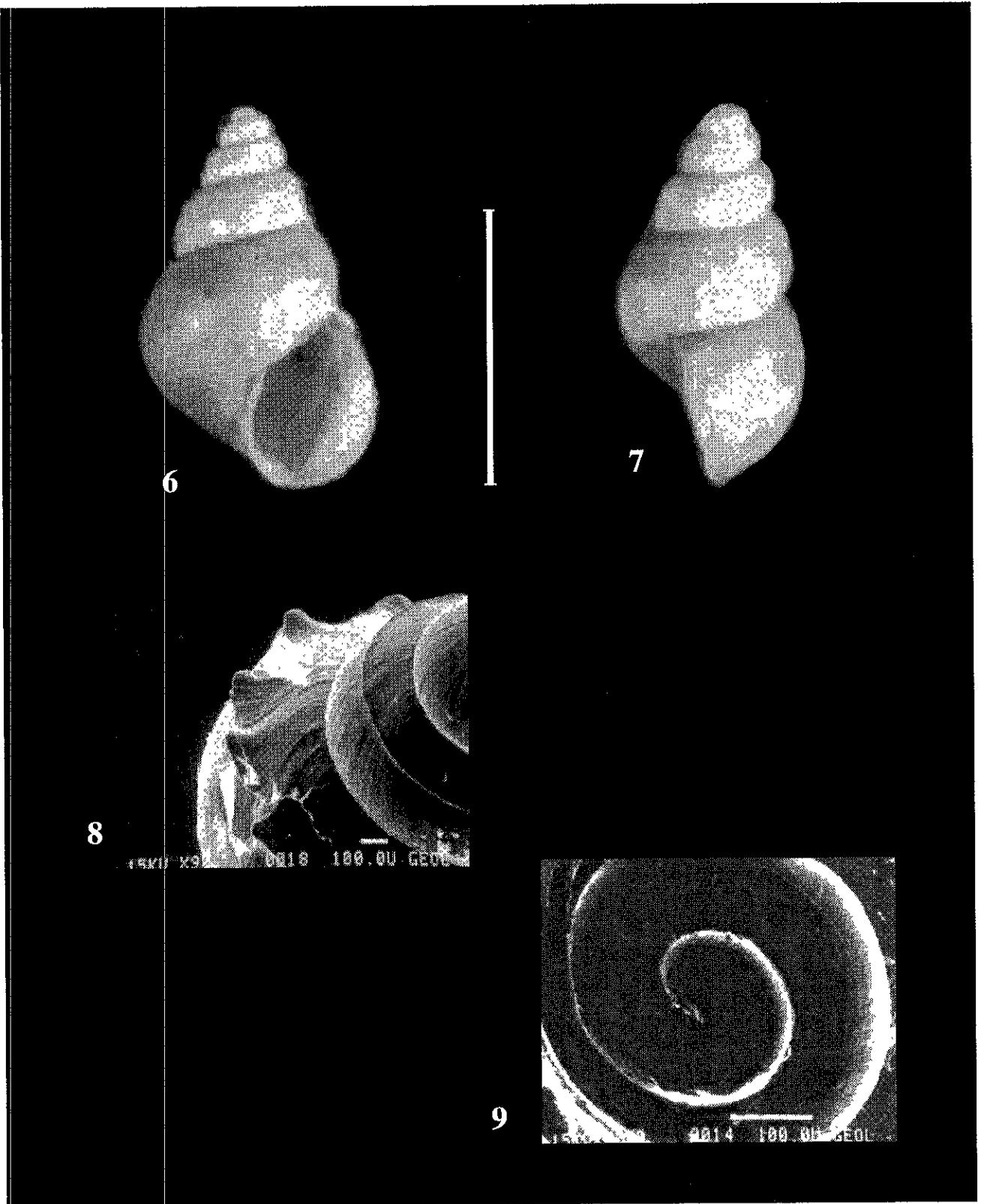


Lámina 2. *Pyrgophorus sp.* 6) Vista ventral 7) Vista lateral 8) Ecotipo carinado, detalle de la vuelta de la concha con espinas. 9) Parte apical de la concha. n=57 org. Ámbito ATmax 4.0 ATmin 0.9; AnTmax 2.3 AnTmin 0.7; AAmax 1.7 AAmin 0.7; AnAmax 1.1 AnAmin 0.6.
Escala=2mm.

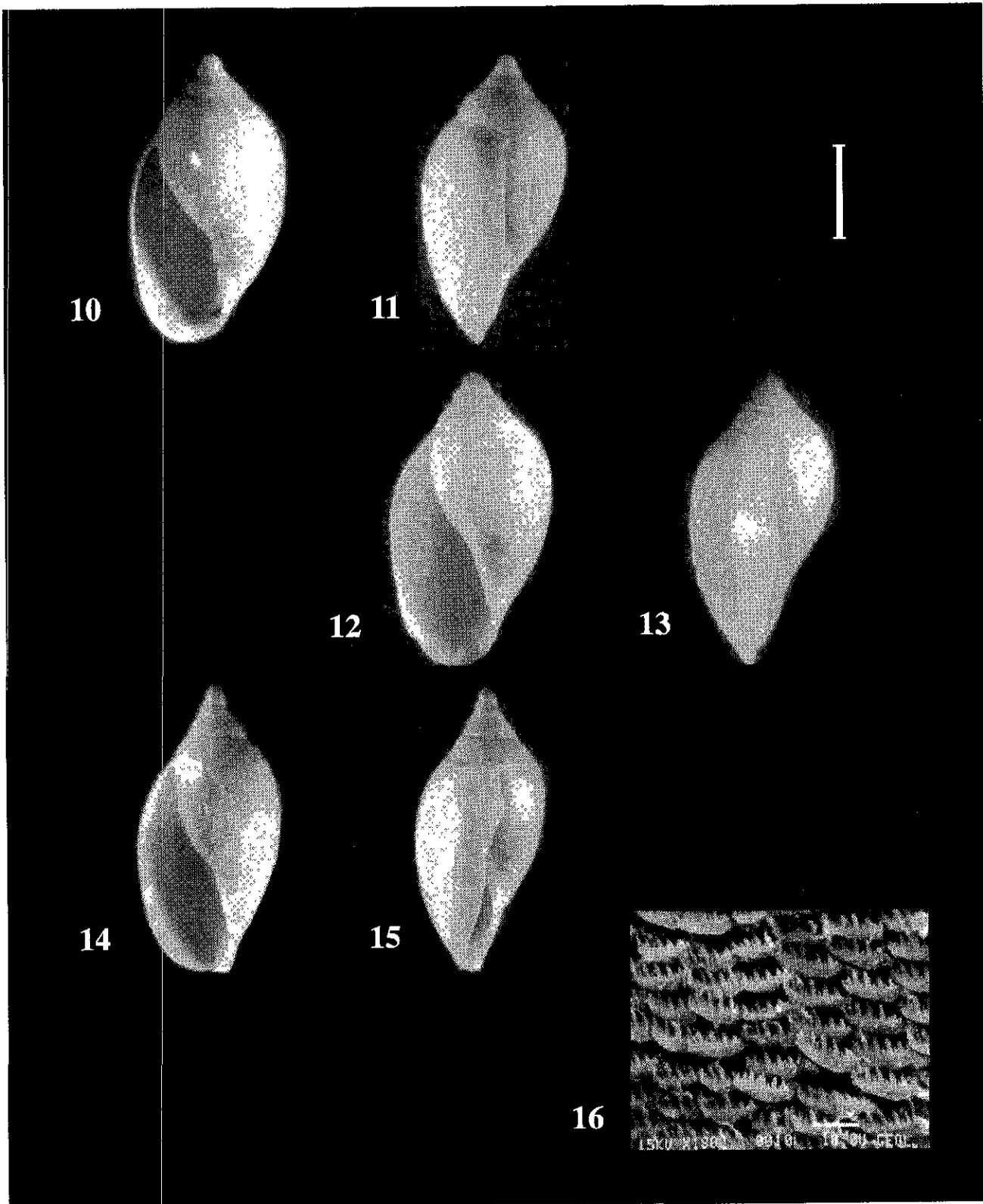


Lámina 3. *Physella* sp. 10) Vista ventral 11) Vista lateral n=1 AT 6.3; AnT 3.3
Physella impluviata 12) Vista ventral 13) Vista lateral n=12 ATmax 9.3; ATmin3.3; AnTmax5.0; AnTmin1.7
Physella cisternina 14) Vista ventral 15) Vista lateral n=9 ATmax10.2; ATmin3.8; AnTmax5.0; AnTmin1.8
 16) Detalle de rádula *Physella cisternina*
 Escala=2mm.

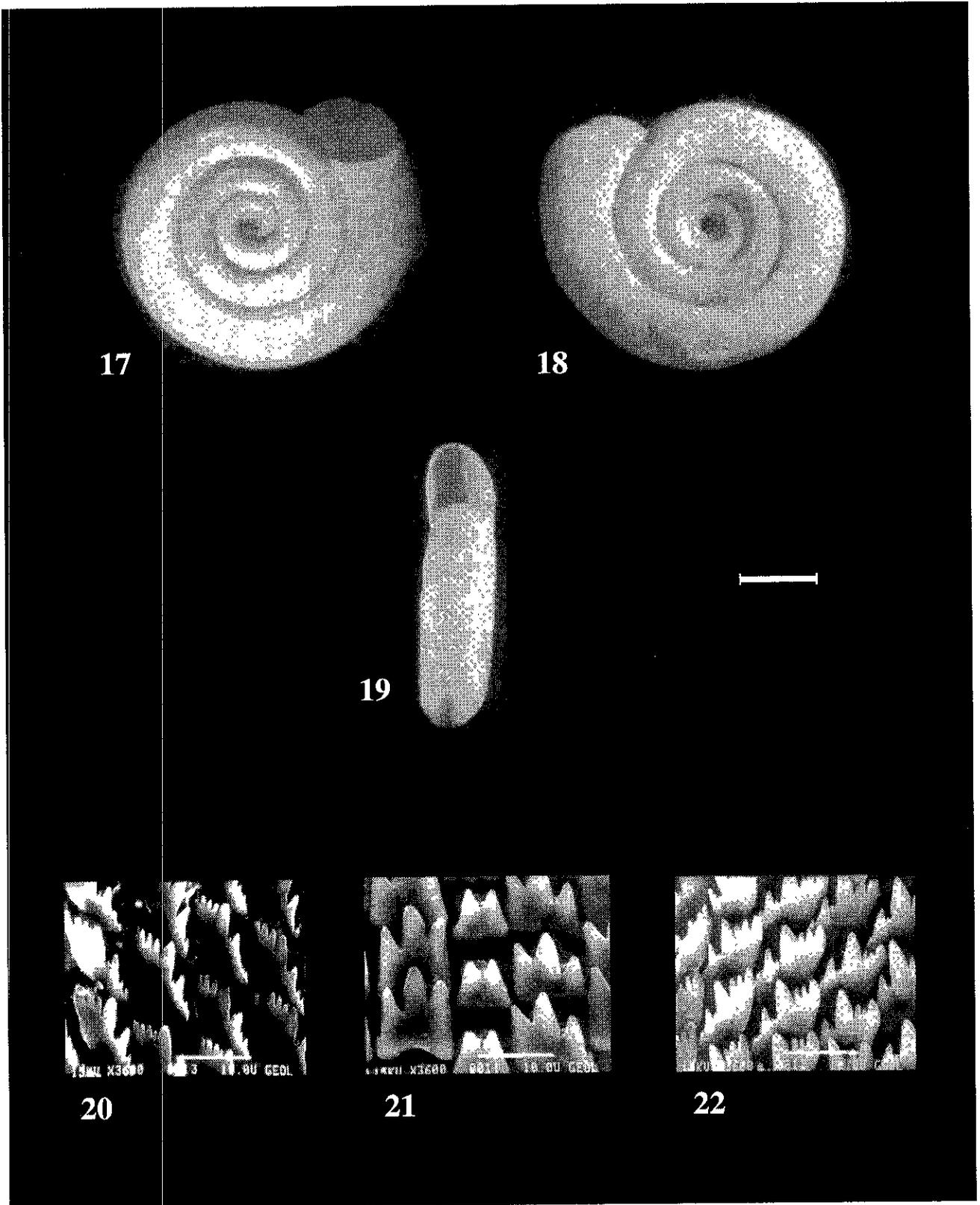


Lámina 4. *Biomphalaria havanensis* 17) Vista umbilical 18) Ápice 19) Abertura 20) Rádula: dientes marginales izquierdos 21) Diente central y dientes laterales 22) Dientes marginales derechos. n=48 Ámbito \varnothing max 9.0 \varnothing min 6.5; ALTmax 3.0 ALTmin 2.2; Ámbito de # de vueltas: de 3 $\frac{2}{8}$ a 4 $\frac{7}{8}$
Escala=2mm.

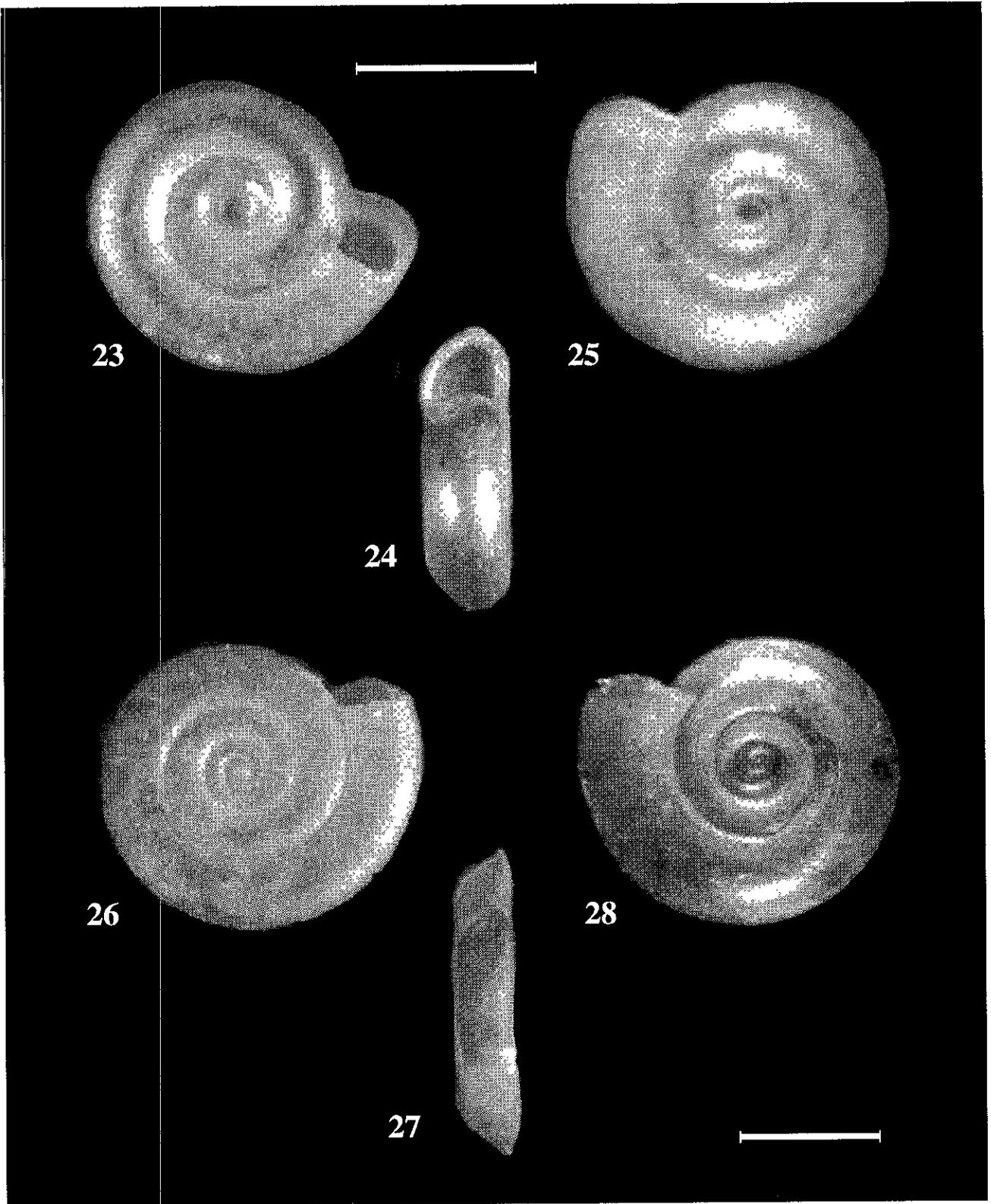


Lámina 5. *Drepanotrema cimex* 23) Ápice 24) Vista de la abertura 25) Vista umbilical n=14 ømax 4.2 ømin 3.1
 ALTmax 1.0 ALTmin 0.8 # de Vmax 3 1/2 # de Vmin 2 3/4.
Drepanotrema kermatoides 26) Ápice 27) Vista de la abertura 28) Vista umbilical n=14 ømax 5.0
 ømin 3.6; ALTmax 0.9 ALTmin 0.7 Ámbito de # de vueltas: de 3 1/4 a 4
 Escala=2mm.

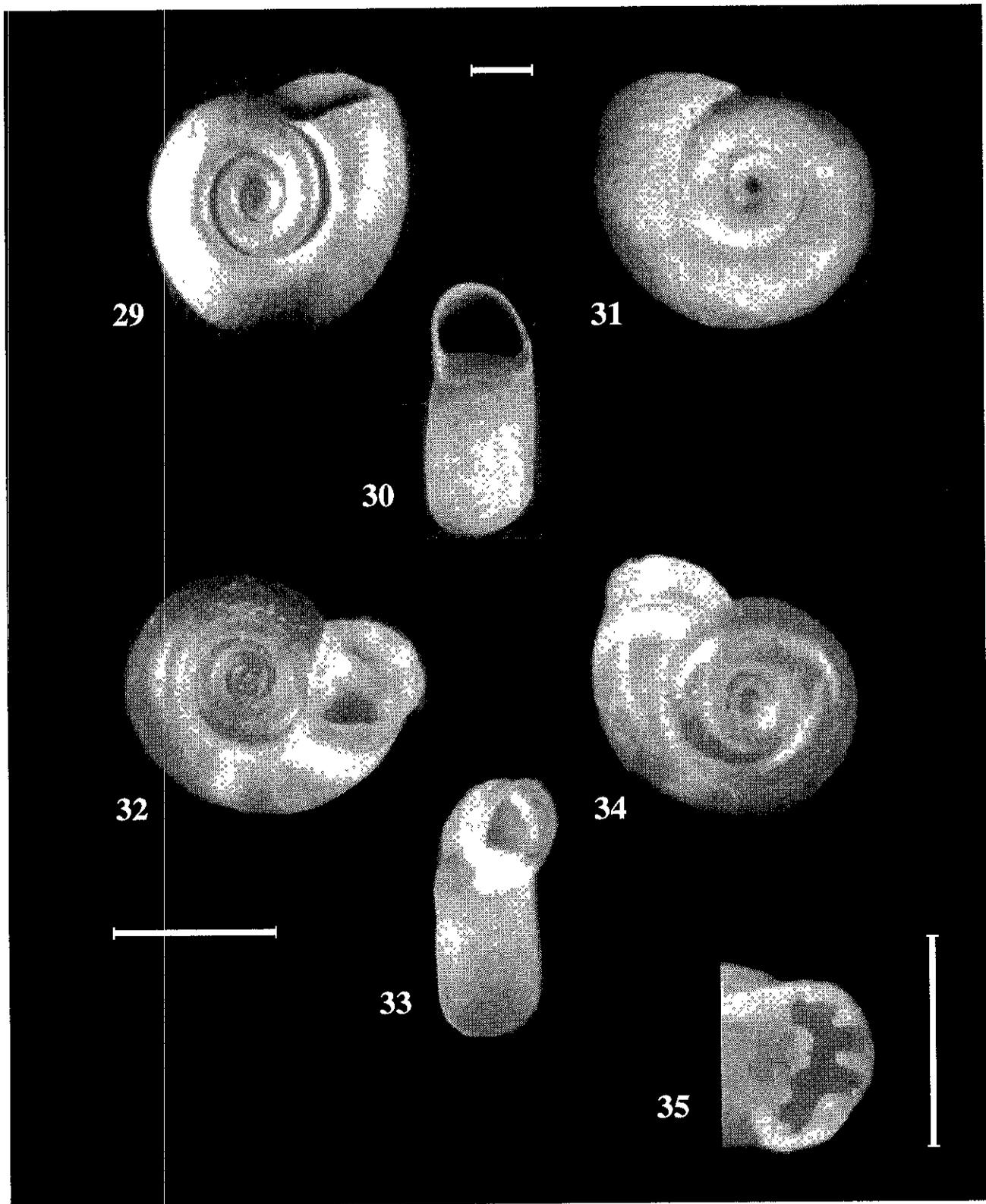


Lámina 6. *Helisoma trivolvis* 29) Ápice 30) Vista de la abertura 31) Vista umbilical n=37 \varnothing max 14.1 \varnothing min 1.9; ALTmax 5.0 ALTmin 0.9; Ámbito de # de vueltas: de 3 1/4 a 4 3/4.
Planorbulla armigera 32) Ápice 33) Vista de la abertura 34) Vista umbilical 35) Dientes internos de la concha. n=21 \varnothing max 4.2 \varnothing min 2.8; ALTmax 1.9 ALTmin 1.1; Ámbito de # de vueltas: de 3 a 3 5/8
 Escala=2mm.

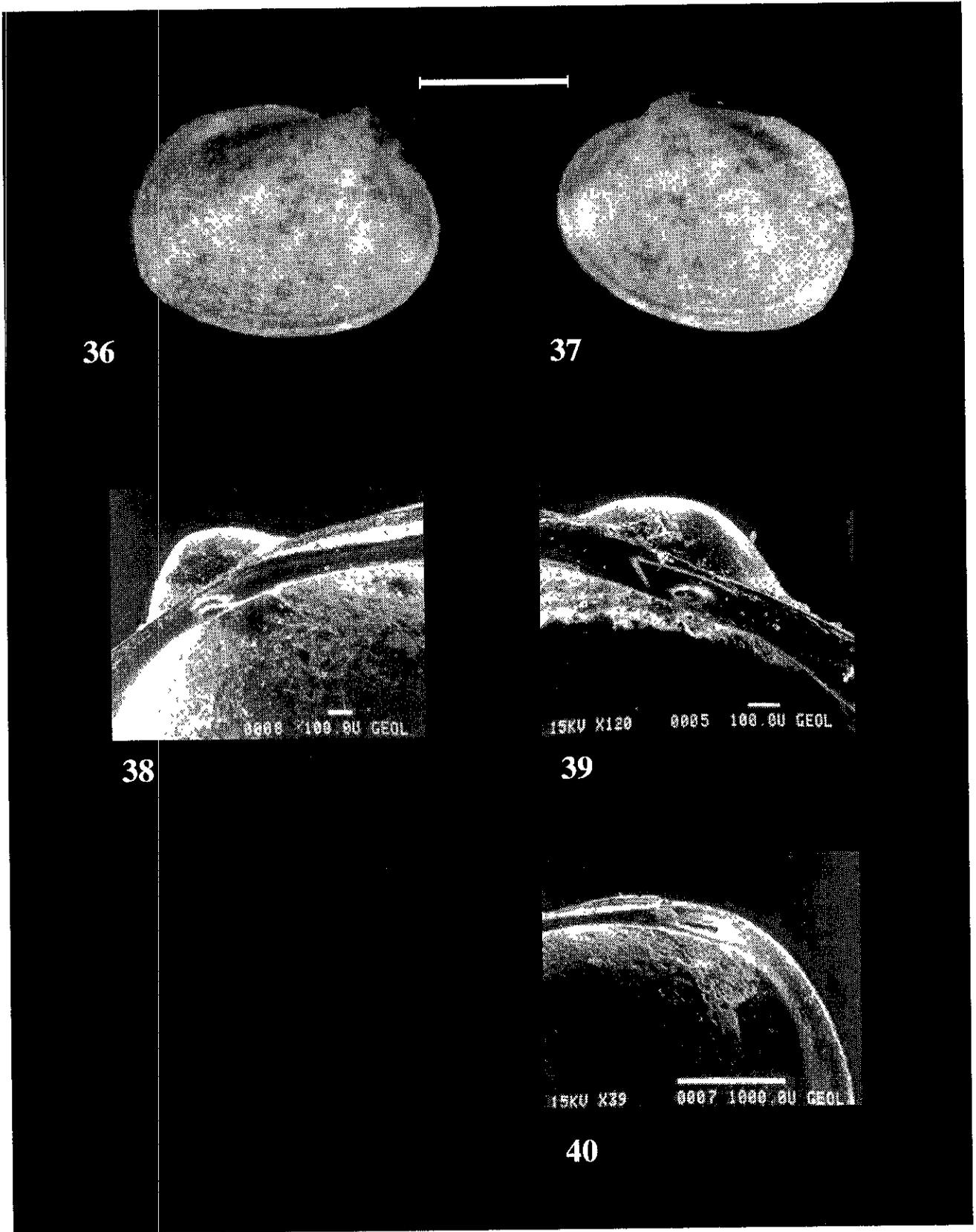


Lámina 7. *Sphaerium transversum* 36) Valva derecha 37) Valva izquierda 38) Detalle interno de valva (diente cardinal) 39) Detalle interno de valva 40) Extremo posterior. Detalle. n=13 LTmax 5.0 LTmin 3.5; ATmax 3.7 ATmin 3.0. Escala=2mm.

VIII. DISCUSIÓN

8.1. Aspectos de los métodos empleados

Este es uno de los primeros trabajos que se realizan en la zona que no son puramente descriptivos o de aspectos taxonómicos. Trabajos de iguales características y en ecosistemas similares requieren de una mayor extensión para los muestreos con periodos mucho más prolongados de colecta (i.e. Ndifon y Ukoli, 1989). A pesar de esto, los valores de riqueza específica obtenidos en este trabajo, son similares a algunos trabajos realizados en una mayor extensión y por un tiempo más prolongado en la zona (i.e. Bequaert y Clench, 1933), y superiores a los de otros trabajos realizados en la península (i.e. Harry, 1950; Redher, 1966). Al comparar la riqueza específica obtenida en el presente trabajo con la riqueza reportada en el **apéndice 1** podría parecer que la riqueza específica en la Reserva Ecológica es muy baja. Sin embargo, la riqueza encontrada en la Reserva debe ser considerada como alta toda vez que: (1) la lista de especies de la zona (**apéndice 1**) es una recopilación de varios trabajos en distintas localidades de la península a lo largo de casi un siglo (**Tabla 2.1**). (2) existen sólo dos ecosistemas o tipos de vegetación potencialmente adecuados para la búsqueda de estos moluscos en la Reserva Ecológica “El Edén” (humedales y selva mediana) y sólo en la zona de humedales se llevaron a cabo los muestreos.

En tres de las cinco curvas acumulativas de especies se presenta una estabilización para las dos temporadas de colecta (sitios 1, 2 y 5) y sólo en un sitio la curva queda sin estabilizar (sitio 4) esto puede deberse a la reducción del número de muestras por el tamaño del área de muestreo. Si esto es cierto, la reducción en el número de muestreos provocó que posibles microhábitats o refugios dentro del cuerpo de agua quedaran sin muestrear. Finalmente, en el sitio 3 se omitieron 10 muestreos de la temporada de sequía por falta de tiempo en el campo. Esto se refleja en la curva acumulativa, aún así la riqueza específica para la temporada fue la más alta de todos los sitios (**Tabla 7.2.**) lo que probablemente indica que en ese sitio existían más de 7 especies distintas en la temporada.

El comportamiento general de las curvas acumulativas, sugiere que el método de colecta empleado fue bueno pues se obtuvo una muestra adecuada de la riqueza de especies en las comunidades de moluscos dulceacuícolas elegidas cumpliendo así uno de los objetivos del trabajo. No obstante, es claro que en estudios posteriores de distribución y abundancia de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica “El Edén”, se deberá: (1) aumentar la cantidad de muestreos temporales a 3 o 4 por año, para caracterizar adecuadamente a las poblaciones y (2) promover el muestreo en cuerpos de agua fuera de la zona de inundación como los cenotes y las pequeñas lagunas en la selva mediana toda vez que las condiciones generales en estas pozas, como la disponibilidad y flujo de nutrientes, el tipo de microhábitats, la estabilidad de parámetros fisicoquímicos, el tipo de substrato, y la composición vegetal, pueden ser muy diferentes a lo que existe en los humedales, potenciando la posibilidad de encontrar diferentes especies en estas zonas.

8.2. Composición espacial y temporal

La composición encontrada en este estudio, con relación al porcentaje de gasterópodos y bivalvos es muy parecida a lo registrado por otros autores en trabajos anteriores en la zona (i.e. Bequaert y Clench, 1933; Harry, 1950; Rehder, 1966). Puesto que los bivalvos no han desarrollado adaptaciones para la invasión del ambiente terrestre, podemos suponer que este es un factor importante que limita la distribución del grupo en la Reserva Ecológica en condiciones de sequía; sin embargo deben plantearse otras causas puesto que en sitios con disponibilidad de agua todo el año; la presencia de bivalvos sigue siendo mínima. Siendo los bivalvos predominantemente suspensívoros (Levinton, 1974), es posible que condiciones constantes como la baja energía (poca corriente y poca turbidez) y el tipo de sustrato (perifiton y raíces de plantas vasculares) en los cuerpos de agua de la Reserva Ecológica, limiten la distribución de estos moluscos.

En cuanto a los resultados relativos a la composición de especies, el sitio 2 no se toma en cuenta para el análisis de la composición espacio-temporal de los sitios. De acuerdo con la descripción del sitio (MATERIALES Y METODOS) y con la composición obtenida (Fig. 7.1.) se considera que el sitio no es en verdad un hábitat sino un corredor biológico que sirve de enlace entre verdaderos hábitats, a través del cuál transitan eventualmente algunos moluscos. Las observaciones de campo sustentan esta consideración puesto que en el sitio fueron encontrados básicamente organismos vivos y muy pocas conchas con un alto grado de intemperismo.

En relación con los cambios en la composición de especies entre las temporadas, la hipótesis planteada fue respaldada por los resultados puesto que existió un incremento de la diversidad para la época de lluvias producto de una mayor cantidad de sustratos, una mayor cobertura vegetal (observación de campo) que permitió una estabilidad en cuanto a la temperatura de las pozas más diversas (i.e. sitio 3 y sitio 4 en menor grado).

Las variaciones en la composición (Fig.7.1) no se deben exclusivamente al incremento de la riqueza de especies, sino también, en buena medida, al incremento de la abundancia de estas especies. Los valores de similitud sustentan lo anterior, pues estos valores son muy parecidos entre las dos épocas. De hecho en dos de las comparaciones entre sitios los valores de similitud aumentan para la temporada de lluvia (sitios 1-3 y sitios 1 y 5) lo que indica que las especies que incrementaron su abundancia en estos sitios son muy parecidas (Tabla 7.4). La composición y los valores de similitud se ven afectados cuando una especie no se registra en la temporada de lluvias. El caso de *Pyrgophorus sp.* en el sitio 5 ejemplifica esta situación (Fig. 7.1). La ausencia de este grupo podría deberse a un cambio en la química del agua ya que *Pyrgophorus* es un organismo sensible a la contaminación (Naranjo-García, com. pers.) ó bien a la introducción de depredadores potenciales toda vez que el polimorfismo, carácter típico en el grupo en la península, se considera como una de las varias explicaciones ó respuestas antipredatorias en *Pyrgophorus* (Vermeij y Covich, 1978). Se recomienda que en posteriores investigaciones en la zona, se realicen análisis fisicoquímicos más detallados y estudios que contemplen a los depredadores potenciales de los moluscos para poder evaluar esta posibilidad.

Los datos de la composición espacio temporal de los pulmonados son consistentes con los reportados por varios autores (Kozhov, 1963; Dazo, 1965 y Clarke, 1969) que mencionan que especies como *Biomphalaria havanensis* (BIO) y *Helisoma trivolvis* (PLA) son especies comunes en este tipo de hábitats gracias a su capacidad de dispersión y adaptación a las condiciones de desecación. Dentro del rubro (OTROS) en la **Fig. 7.1** existen para la temporada de lluvias otros cuatro pulmonados que no alcanzaron abundancias importantes, pero que sí incrementaron su número con respecto a la temporada de sequía por lo que los pulmonados consolidan su dominancia en esta época aprovechando la mayor disponibilidad de recursos que la época trae consigo.

La alimentación de tipo detritívora y bacteriana que los físidios y planórbidos presentan en general, se ve favorecida en este tipo de hábitats. Sin embargo, la “alimentación positiva”, aquella que le permite a los organismos desarrollar adecuadamente el potencial reproductivo y de crecimiento (Eisenberg, 1970), no ha podido ser obtenida por estos moluscos en la Reserva Ecológica, ya que la abundancia relativa y las tallas de los organismos están por debajo de las reportadas en otras zonas de la península de Yucatán.

Se recomienda una mayor atención al estudio de los pulmonados, pues como se ha mencionado anteriormente estos pueden cumplir un importante papel trófico en el hábitat. La posibilidad de que en la Reserva Ecológica los pulmonados estén modificando la composición del perifiton o que este modifique la composición específica de los pulmonados debe contemplarse puesto que el perifiton en la Reserva Ecológica se compone de algas cianofitas tóxicas o al menos muy pesadas como dieta para los caracoles (Novelo, com. pers.). La sugerencia de que esta composición constituye una respuesta de las algas al forrajeo constante de los caracoles (Cuker, 1983; Cataneo, 1983; Steinman *et al.*, 1987), puede considerarse como una hipótesis a evaluar en estudios posteriores.

8.3. Diversidad

La comparación entre los valores de diversidad encontrados en la Reserva Ecológica y los reportados para toda la península (**apéndice 1**), no pudo llevarse a cabo adecuadamente puesto que en la mayoría de los registros no se tienen datos precisos de la abundancia de las especies mencionadas. En general se observaron las condiciones citadas por Bequaert y Clench en 1933 (ausencia de ríos, pocos cuerpos de agua permanentes suelos con poca materia orgánica, etc.) por lo que los valores tan bajos de abundancia relativa observados en este estudio pueden deberse a estas condiciones. Los valores de abundancia relativa y riqueza de especies encontrados en la Reserva Ecológica, son consistentes con el gradiente latitudinal de menor número de especies y menor abundancia conforme se avanza hacia los trópicos, que las poblaciones de moluscos de agua dulce presentan (Hubendick, 1962). Según el autor, esta baja diversidad es producto de la naturaleza transitoria, en tiempo geológico, de los cuerpos de agua en esta zona lo que ha impedido la especiación. La explicación anterior debe considerarse sólo como una hipótesis ya que los datos obtenidos no permiten hacer inferencias con relación a la historia natural de estas comunidades.

Los resultados del estudio no concuerdan con la hipótesis de que existe una relación proporcional entre el área y la riqueza específica. En la **Tabla 8.1** se puede observar que el sitio con una mayor riqueza específica (sitio 3) no es el de mayor área; además la diferencia en los valores de riqueza específica entre el sitio con mayor área (sitio 1, S=9) y el sitio con menor área (sitio 4 S=8) es sólo de una especie. La hipótesis inicial es propuesta de acuerdo a investigaciones que se llevan a cabo en hábitats de las provincias Neártica (Browne, 1981) y Paleártica (Lassen, 1975). Para el caso de hábitats en regiones tropicales y subtropicales es claro que existen otros factores que deben tomarse en cuenta (como la diversidad de sustratos, cantidad de microhábitats en las pozas y la temperatura).

Tabla 8.1 Relación área riqueza específica en los sitios de colecta en la Reserva Ecológica

Nota: los valores de S corresponden a ambas temporadas

Sitio	Area (m2)	S
1	140	9
2	10.5	2
3	31.95	11
4	1.73	8
5	22.23	7

El análisis de la **Tabla 8.1.** y la **Tabla 7.2.** permite señalar que la diversidad de sustratos es de gran importancia en la Reserva Ecológica puesto que permite la existencia de comunidades diversas en una extensión pequeña de terreno (sitio 4). Esta coexistencia de varias especies (prosobranquios y pulmonados) en un área común sugiere que la utilización diferencial de recursos es la estrategia que prevalece, evitando al máximo la competencia. Esta apreciación se sustenta en la composición de los sitios, ya que hay géneros que han sido clasificados como generalistas (*Physella* y *Biomphalaria*) y especialistas (*Pyrgophorus* y *Helisoma*) (Brown, 1982), y en el análisis morfológico de las rádulas extraídas a las distintas especies (**Fig. 8.2**). En esta figura se observan: **a)** rádulas de organismos detritívoros poco efectivos para raspar superficies duras **b)** rádulas con un diseño fuerte en los dientes centrales que permite raspar superficies duras y **c)** rádulas que le permiten al organismo incluso una alimentación carnívora (Brown, 1991).

La temperatura es otro de los factores que se mencionan cómo determinantes de la diversidad en regiones tropicales y subtropicales (Ndifon y Ukoli, 1989; Pennak, 1989). Sin embargo la temperatura no parece estar influyendo al factor desecación (disminución del área de la poza). Si bien se registra un incremento de hasta 8° C en la temperatura de los sitios entre temporadas (**Tabla 6.1.**), este incremento de temperatura

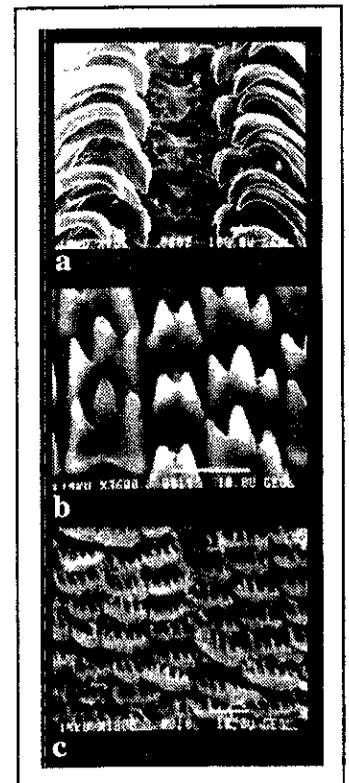


Fig. 8.2 Algunos tipos de rádulas: a) *Pomacea flagellata* b) *Biomphalaria havanensis* c) *Physella cisternina*

va acompañado de un incremento en la profundidad de los sitios por lo que el efecto de la temperatura, al menos en esta época del año, debe repercutir de manera más fuerte sobre la química del agua, en el metabolismo de los moluscos existentes en las pozas o bien en procesos metabólicos de la cadena trófica. Sin embargo, las pruebas necesarias para conocer estos efectos o repercusiones no fueron realizadas. Al respecto es recomendable que el número de colectas en el año se incremente para poder observar mejor las fluctuaciones de la temperatura de los cuerpos de agua y del ambiente. La obtención de datos de humedad relativa se aconseja para futuros estudios puesto que a través de estos datos se puede inferir la tasa de evapo-transpiración de los cuerpos de agua (Naranjo, com. pers.).

La profundidad de los sitios de muestreo se incrementa por la cantidad de agua que aporta la temporada de lluvias, sin embargo la incidencia o radiación solar aumenta también en esta época, incrementando los valores de temperatura incluso en las pozas que han aumentado su volumen considerablemente entre temporadas (sitio 3 **Tabla 6.1**). Este aumento de volumen en los cuerpos de agua favorece a los moluscos en términos de un mayor espacio para su desarrollo. Sin embargo, el aumento de la profundidad de las pozas debería reflejarse en el aumento del área de las mismas, pero esto no sucede puesto que pozas que aumentaron su profundidad casi al doble, registran incrementos de área insignificantes (sitios 2, 3 y 4 **Tabla 6.1**), por lo que es posible que exista algún error en las mediciones de campo.

Finalmente uno de los factores que pueden estar afectando de manera considerable el equilibrio de los diferentes cuerpos de agua es la marcada estacionalidad que se presenta en la zona. Primeramente con la ausencia de lluvia que puede elevar los niveles de evaporación de las pozas disminuyendo la cantidad de recursos alimenticios; y posteriormente la temporada de huracanes que a pesar de traer agua, también influye de manera negativa en las pozas puesto que las precipitaciones excesivas o violentas dañan algunos componentes de la vegetación, o bien pueden promover una disminución de la tasa fotosintética y la excesiva acumulación de materia orgánica por la turbidez de los sitios (ver Ndifon y Ukoli, 1989). El efecto de esta marcada estacionalidad sobre los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua, no pudo registrarse adecuadamente puesto que sólo se tienen los valores de temperatura y pH, sin embargo para zonas como los cuerpos de agua en los humedales de la Reserva, donde se dispone de una buena cantidad de Calcio, la acción de los parámetros fisicoquímicos no parece afectar a la diversidad de moluscos (Lodge, *et al.*, 1987).

No obstante, estos cambios estacionales se reflejan directamente en la morfología de algunos planórbidos (**Fig. 8.3.**) que fueron encontrados en la colecta de lluvias presentando severas deformaciones producto de fuertes cambios climáticos y marcadas líneas de crecimiento que denotan períodos de poca alimentación. Estos ejemplares pueden haber padecido estas deformaciones durante los primeros meses del año.

Las comunidades que se desarrollan en estos cuerpos de agua dependen del balance entre diversos factores que están interactuando permanentemente, es decir que el área de la poza puede ser importante si esto trae consigo una mayor riqueza de substratos que generen nutrientes que sean aprovechados adecuadamente por los organismos para que se reproduzcan; a su vez el aporte de agua en la temporada

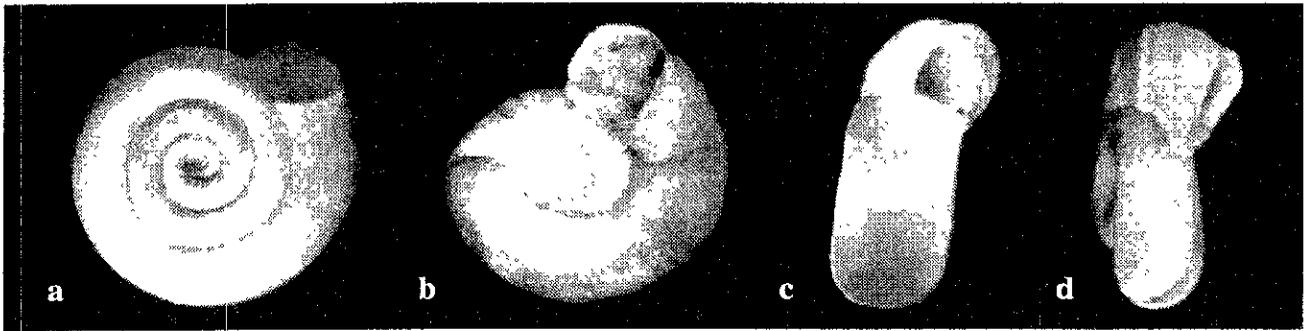


Fig. 8.3 Comparación de conchas normales y deformadas o con marcadas líneas de crecimiento a) *B. havanensis* normal b) *B. havanensis* deformada c) *P. armigera* normal d) *P. armigera* deformada

de lluvias debe ser suficiente para asegurar la permanencia del cuerpo de agua, permitiendo también el desarrollo de los estadios juveniles; estos a su vez a la par de cierta estabilidad de parámetros fisicoquímicos que permita un desarrollo normal de los procesos tróficos en la poza asegurando que las poblaciones presentes en ella, subsistan y puedan enfrentar exitosamente condiciones ambientales adversas.

IX. CONCLUSIONES

- (1) Un total de 11 especies conforman a la comunidad de moluscos dulceacuícolas en la Reserva Ecológica "El Edén" Quintana Roo, México.
- (2) Existe un incremento de la diversidad de moluscos dulceacuícolas para la temporada de lluvias, por lo que la cantidad de agua, dependiente del clima, juega un papel importante en la determinación de la estructura de las comunidades en la Reserva Ecológica "El Edén".
- (3) No existe una relación directa entre el tamaño de la poza y la riqueza de especies en ella.
- (4) La riqueza específica de moluscos dulceacuícolas encontrada en este estudio, resultó ser mayor a la esperada y comparativamente alta en relación a la riqueza registrada por los trabajos realizados por Bequaert y Clench (1933), Harry (1950) y Redher (1966) en la zona de la península.
- (5) La dominancia de especies de gasterópodos pulmonados sobre las especies de prosobranquios es similar a la de estudios realizados anteriormente en la zona por lo que se infiere que los pulmonados están mejor adaptados a las condiciones ambientales de la Reserva Ecológica y de la península de Yucatán.
- (6) La utilización diferencial de los recursos disponibles en los cuerpos de agua es la estrategia que permite la coexistencia de las distintas especies que habitan en la Reserva Ecológica. La distribución de las especies dentro de la zona de inundación está en función a características particulares de las pozas como: la diversidad de sustrato, el tamaño de la poza, la resistencia del hábitat al efecto de los cambios estacionales (permanencia del hábitat) y la temperatura. Esto se refleja en las diferencias significativas en los valores de diversidad existentes entre algunos de los sitios de colecta en la Reserva Ecológica.
- (7) Aun las áreas que presentan características adversas para el desarrollo de los moluscos como poca variedad de sustratos y desecación, cumplen una función ecológica importante, pues es posible que estén funcionando como corredores biológicos y rutas de dispersión entre hábitats separados.

X. LITERATURA CITADA

- Aguirre, P.E. 1939. "La *Limnea attenuata* Say, huesped intermediario de la *Fasciola hepatica*, en la Republica Mexicana. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 1: 67-70.
- Aldridge, D.W. 1982. "Reproductive tactics in relation to life-cycle bioenergetics in three natural populations of the freshwater snails, *Leptoxis carinata*." *Ecology* 63: 196-208.
- Aldridge, D. W. 1983. "Physiological ecology of freshwater prosobranchs." 329-358 pp. In W.D. Russell-Hunter (Ed.) *The Mollusca* Vol. 6: Ecology. Academic Press. Orlando. Florida.
- Ancey, M.C. 1888 "Etude monographique sur le genre *Pyrgulopsis*" *Bulletins de la Societe Malacologique de France* 5: 185-202.
- Anderson, D.T. 1982. "Origins and relationships among the animal phyla. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 106: 151-166.
- Anderson, R.M., y R.M. May. 1979. "Prevalence of schistosome infections within molluscan populations: observed patterns and theoretical predictions" *Parasitology* 79: 63-94.
- Baker, F.C. 1945. "The molluscan family Planorbidae" Univ. Ill. Press. Urbana, 530 pp.
- Barnes, R.D. 1977. "Zoología de los Invertebrados" Tercera Edición. Interamericana. 826pp.
- Barnes, R.S., R. Calow, P. Olive y D. Golding 1989. "The Invertebrates a new synthesis" Blackwell Scientific Publications. Great Britain.
- Barnese, L.E., y R.L. Lowe 1990. "Comparative grazing efficiency of pulmonate and prosobranch snails" *Journal of the North American Benthological Society* 9: 35-44.
- Bequaert, J.C. & W.J. Clench, 1933. "The non-marine Mollusks of Yucatan." *Publications of the Carnegie Institution of Washington*, 431. 525-545.
- Bottjer, D. 1985. "Bivalve paleoecology" p. 122-137. In T.W. Broadhead (Ed.) *Mollusks. Notes for a short course*. University of Tennessee. Department of Geological Sciences. Studies in Geology.
- Bovbjerg, R.V. 1968. "Responses to food in lymnaeid snails." *Physiological Zoology* 41: 412-423.
- Boycott, A. E. 1936. "The habitats of freshwater mollusca in Britain." *Journal of Animal Ecology*, 5: 116-186.
- Brönmark, C. 1985. "Interactions between macrophytes, epiphytes, and herbivores: an experimental approach." *Oikos*, 45: 26-30.
- Brown, K. 1982. "Resource overlap and competition in pond snails: an experimental analysis." *Ecology* 63 (2) 412-422.

- Brown, K.M. 1985. "Intraspecific life history variations in a pond snail: The roles of population divergence and phenotypic plasticity." *Evolution* 39: 387-395.
- Brown, K. 1991. "Mollusca: Gastropoda" In: *Ecology and classification of North America Freshwater Invertebrates* (Ed) Academic Press.
- Brown, K.M., y D.R. De Vries. 1985. "Predation and the distribution and abundance of a pulmonate pond snail." *Oecologia* 66: 93-99.
- Browne, R.A. 1981. "Lakes as islands: biogeographic distribution, turnover rates, and species composition in the lakes of central New York." *Journal of Biogeography* 8:75-83.
- Brusca, R.C. y G. Brusca. 1990. "Invertebrates" Sinauer associates, Inc. Publishers U.S.A.
- Burch, J.B. 1989. "Freshwater Northamerican Snails" Malacological Publications, Hamburg, Michigan. U.S.A. 365pp.
- Burch, J.B. y K.H. Jeong. 1984. "The radular teeth of selected Planorbidae" *Malacological Review* 17: 67 - 84.
- Burch, J.B. y A. Cruz-Reyes. 1987. "Clave Genérica para la identificación de Gasterópodos de agua dulce en México." *Instituto de Biología, UNAM*. 46pags.
- Calow, P. 1974a. "Evidence for bacterial feeding in *Planorbis contortus* Linn. (Gastropoda: Pulmonata)." *Proceedings Malacological Society of London* 41: 145-156.
- Calow, P. 1974b. "Some observations on the dispersion patterns of two species populations of littoral, stonedwelling gastropods (Pulmonata)." *Freshwater Biology* 4: 557-576.
- Calow, P. 1978. "The evolution of life-cycle strategies in freshwater gastropods." *Malacologia* 17: 351-364.
- Cattaneo, A. 1983. "Grazing on epiphytes." *Limnology and Oceanography* 28: 124-132.
- Clampitt, P.T. 1973. "Substratum as a factor in the distribution of pulmonate snails in Douglas Lake, Michigan." *Malacologia* 12: 379-399.
- Clarke, A. H. 1969. "Some aspects of adaptive radiation in recent freshwater molluscs." *Malacologia*, 9: 263.
- Cox, L.R. 1960. "Gastropoda -general characteristics of Gastropoda." p. I84-I169. In: R.C. Moore. (ed.), *Treatise of Invertebrate Paleontology . I Mollusca 1*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Cuker, B.E. 1983a. "Competition and coexistence among grazing snail Lymnaea, Chiromidae, and microcrustacea in an arctic epilithic lacustrine community." *Ecology* 64: 10-15.
- Cuker, B.E. 1983b. "Grazing and nutrient interactions in controlling the activity and composition of the epilithic algal community of an arctic lake." *Limnology and Oceanography* 28: 133-141.

- Dazo, B. Z. 1965. "The morphology and natural history of *Pleurocera acuta* and *Goniobasis livescens*." *Malacología* 2: 1- 80.
- Díaz de Leon, J. 1910. "Catálogo de los moluscos terrestres, fluviales y marinos que se encuentran en el territorio de la Republica Mexicana." *La "Naturaleza"* 3a.1:16-24
- Ebling, F.J., D. Hawking, J.A. Kitching, L. Muntz y V.M. Pratt. 1966 "The ecology of Lough Ine.XVI. Predation and diurnal migration in the *Paracentrotus* community." *J. Anim. Ecol.* 35: 559-566.
- Eckblad, J. 1976. "Biomass and energy transfer by a specialized predator of aquatic snails." *Freshwater Biology* 6: 19-26.
- Eisenberg, R. 1970. "The Role of food in the regulation of the pond snail *Lymnea elodes*" *Ecology* Vol.51,(4).
- Fisher, M.M.P. y H. Crosse 1878. "Etudes sur les mollusques terrestres et fluviales du Mexique et dans L'Amérique Centrale." *Recherches Zoologiques pour servir al'histoire de la faune de l'Amérique centrale et du Mexique. Septima parte Tomo 1* Paris: 1-702.
- García,E. 1981. (3raEd.) "Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen". Offset Larios S.A. México, D.F. 252pags.
- Gómez-Agudelo,T.: R.Perez-Reyes y F.Zeron-Bravo,1978. "Fasciolosis en México. Estado actual y huéspedes intermediarios." *Revista Latinoamericana de Microbiología.* 20: 121-127.
- Goodall, J. 1990. "Ecology." 1045-1165pp. In *Biology*. N. Campbell. -2nd ed. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. 1165p.
- Graham, A. 1985."Evolution within the Gastropoda: Prosobranchia", p. 157-186. In K.M. Wilbur (Ed-in-chief). *The Mollusca* Vol. 10 *Evolution*. Academic Press Inc. London.
- Green, J.; J.E. Morton ; D.Nichols and D.Wakelin 1981." *Practical Invertebrate Zoology.*" Second Edition. Blackwell Scientific Publications. 356pp.
- Haldeman, 1843 *Mon.* p29, pl ii f. 13 excl f.11 y 12.
- Harman, W N. 1968. "Replacement of pleurocerids by *Bithynia* in polluted waters of central New York." *Nautilus* 81: 77-83.
- Harman, W.N. 1972. " Benthic substrates: their effect on freshwater Mollusca." *Ecology* 53: 271-277.
- Harry, H.W.1950. "Studies on the non-marine mollusks of Yucatán." *Occasional papers of the Museum of Zoology.* University of Michigan. 524 : 1-34.
- Herrington, H.B.1962." A revision of the Sphaeriidae of North America (Mollusca: Pelecypoda)." *Miscellaneous Publications.* Museum of Zoology. University of Michigan 118. 75pp.

- Hickman, C.P., L.S. Roberts y A. Larson. 1994. "Zoología. Principios Integrales." 9a Ed. Interamericana McGraw-Hill. 1074pp.
- Holmes, J.C. 1983. "Evolutionary relationships between parasitic helminths and their hosts." 161-185pp. In D.J. Futuyma, y M. Slatkin (Eds.) Coevolution. Sinauer, Sunderland. Massachussets.
- Hubendick, B.1958. "Factors conditioning the habitat of freshwater snails." *Bull. World. Hlth. Org.* 18: 1072-1080.
- Hubendick, B. 1962. "Aspects of the diversity of the freshwater fauna." *Oikos* 13: 249-261.
- Hyman, I. 1967. "The Invertebrates." Molusca I. MacGraw-Hill. Inc. 152-650pp.
- Kesler, D.H., E.H. Jokinen y W.R. Munns, Jr.1986. "Trophic preferences and feeding morphology of two pulmonate snail species from a small New England pond, U.S.A." *Canadian Journal of Zoology* 64: 2570-2575.
- Jokinen, E. H., J. Guerette y R.W. Kortmann, 1982. "The natural history of an ovoviviparous snail, *Viviparus georgianus* (Lea), in a soft-water eutrophic lake." *Fresh water Invertebrate Biology* 1: 2-17.
- Kozhov, M. 1963. "Lake Baikal and its life." Monogr. Biol. 11 Junk, The Hague. 344p.
- Kumazaki, T, H. Hori y S. Osawa. 1983. "The nucleotide sequences of 5S rRNAs from two Annelida species, *Perinereis brevicirris* and *Sabellastarte japonica*, and an Echiura species, *Erechis uncinatus* ". *Nucleid Acid Research*, 11: 3347-3350.
- Landeros, V.M., F.Ibarra-Velarde, J.L.Escudero-Corona,, y F. Milian-Sauzo. 1981. "Determinación de algunos hospederos intermediarios de *Fasciola hepatica*, en la cuenca lechera de Tulancingo, Hgo." *Técnica Pecuaria en México*. 40: 47-51.
- Lassen, H.H. 1975. "The diversity of freshwater snails in view of the equilibrium theory of island biogeography." *Oecologia* 19: 1-8.
- Lazcano-Barrero M.A., I.J. March, H.Núñez, E.Ruelas, A. Muñoz-Alonso, y R. Martínez. 1992. "Inventario faunístico de la Reserva El Edén, Quintana Roo: Una prospección ." *ECOSFERA*. A.C. Reporte Técnico., San Cristobal de Las Casas. 54 pags.
- Lea, 1841 *Proc. Am. Phil. Soc.* 2, p33. (Lymnaea) Oregon, U.S.A.
- Levinton, J.S. 1974. "Trophic group and evolution in bivalve molluscs." *Palaeontology* 17: 579-585.
- Lind, D.T. 1979. "Handbook of common methods in Limnology" Mosby, St Louis 199 pp.
- Lodge, D.M.1985. "Macrophyte-gastropod associations: observations and experiments on macrophyte choice by gastropods." *Freshwater Biology* 15: 695-708.

- Lodge, D.M., K.M Brown, S.P Kloosiewski, R.A. Stein, A.P. Covich, B.K. Leathers y C. Bronmark. 1987. "Distribution of freshwater snails: spatial scale and the relative importance of physicochemical and biotic factors." *American Malacological Bulletin*. 5: 73-84.
- Lowe, R. L. y R.D. Hunter. 1988. "Effect of grazing by *Physa integra* on periphyton community structure." *Journal of the North American Benthological Society*, 7:29-36.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967 "The Theory of Island Biogeography." Princeton University Press, Princeton New Jersey.
- MacCormick, P.U. y R.J. Stevenson. 1989. "Effect of the snail grazing on benthicalgal community structure in different nutrient environments." *Journal of the North American Benthological Society* 8:162-172.
- MacMahon, R.F. 1983. "Physiological ecology of freshwater pulmonates." 359-430pp. In W.D. Russell-Hunter (Ed.) *The Mollusca*. Vol 6: Ecology. Academic Press, Orlando, Florida.
- Magurran, A.E. 1988. "Ecological diversity and its Measurement." Princeton University Press. Nueva Jersey. 179p.
- Martens, E. Von 1890-1901. "Land of freshwater mollusca." *Biología Centrali-Americana. Zoología*, 9: 1-706p.
- Mazzoti, L. 1955. " *Lymnea obrussa* (Say), huésped intermediario de *Fasciola hepatica* ." *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales México*, 15:163-165.
- Moore, R. C. (Ed). 1960 "Introduction" *Treatise of Invertebrate Paleontology. I Mollusca 1*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence.
- Morelet, 1851 " *Testacea novissima insulae. Cubanae et Amer. centralis* " (pars I y II) N° 31 + 30pp.
- Moricand, S. 1837 "Mémoires sur quelques coquilles fluviatiles et terrestres d'Amérique." Premier supplement aux mémoires sur les coquilles terrestres et fluviatiles de la province de Bahia envoyées par M. Blanchet. pp. 33-42. Extrait des Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève.
- Müller, 1774. *Verm. Hist.* 2, p. 131 (Buccinum) Denmark.
- Naranjo- García, E. 1982. "Nuevo Registro y consideraciones morfológicas de *Biomphalaria obstructa* (Morelet, 1849) (Mollusca: Gastropoda) en México ". *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 53, *Serie Zoología* (1): 39-47.
- Naranjo- García, E. 1988. "Four new *Sonorella* (Gastropoda: Pulmonata. Helminthoglyptidae) from Northwestern Sonora, México." *The Veliger* , 31(1/2): 80-86.
- Naranjo-García, E y A. García- Cubas. 1985. "Algunas consideraciones sobre el género *Pomacea* (Gastropoda: Pilidae) en México y Centroamerica. " *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*, 56, *Serie Zoología*(2): 603-606.

- Ndifon, G.T. & F.M.A.Ukoli. 1989. "Ecology of freshwater snails in southwestern Nigeria I: Distribution and habitat preferences." *Hidrobiologia* 171: 231-253.
- Okland, J. 1983. "Factors regulating the distribution of freshwater snails (Gastropoda) in Norway." *Malacologia* 24: 277-288.
- Orbigny, A. D' 1835 "*Synopsis terrestrum et fluviatilium molluscarum, insuo per Americam meridionalem itinere. ab A. Orbigny collectorum.*" Mag. Zool., 2sect., cl. 5 n° 61-62, 44 pp.
- Osenberg, C.W. 1989. "Resource limitation, competition and the influence of life history in a freshwater snail community." *Oecologia*, 79: 512-519.
- Patrick, R. 1970. "Benthic stream communities." *American Scientist* 59: 546-549.
- Partridge, L., y P.H. Harvey. 1988. "The ecological context of life history evolution." *Science* 241: 1449-1455.
- Pennak, R.W. 1989. "Fresh Water Invertebrates of the United States, 3rd edition." John Wiley & Sons, Inc. 628 p.
- Perera, G., M. Yong, J. Ferrer, A. Gutierrez y J. Sánchez 1995. "Ecological Structure and Factors regulating the population dynamics of the fresh water snail populations in Habanilla lake, Cuba." *Malacological Review* 28: 63-69.
- Pfeiffer, 1839. Wieg. Arch. 1 p 354 (Limnaea). Cuba
- Pfeiffer, 1840 "Vebersicht der im Januar, Februar und März 1839, auf Cuba gesammelten mollusken." *Archiv für Naturgeschichte*, 6: 250-261.
- Pilsbry, H.A. 1891. "Land and Fresh Water Mollusks collected in Yucatan and Mexico." *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 310-333.
- Pip, E. 1986. "The ecology of freshwater gastropods in the central Canadian region." *Nautilus* 100: 56-66.
- Pojeta, J. Jr. 1980. "Molluscan phylogeny." *Tulane studies in Geology and Paleontology* 16: 55-80.
- Pojeta, J. 1985. "Definition of Mollusca I." p. 4-8. In T.W. Broadhead (Ed.), MOLLUSKS. Notes for a short course. University of Tennessee. Department of Geological Sciences. Studies in Geology 13.
- Pojeta, J. y B. Runnegar. 1985. "The early evolution of diasome mollusks." In E.R. Trueman y M.R. Clark (eds.), *The Mollusca* 10, Evolution of Mollusca. New York Academic Press.
- Ponder, W.F. 1973. "The Origin and evolution of the Neogastropoda." *Malacología* 12: 295-338.
- Rangel-Ruíz, L.J. 1995. "Seasonal Variation in *Fossaria viatrix* in the Municipality of Teapa, Tabasco, México." *Malacological Review* 28:71-79.

- Rangel- Ruiz, L.J. y E. Martínez-Duran. 1994. "Pérdidas económicas por decomiso de hígados y distribución geográfica de la fasciolosis bovina en el Estado de Tabasco, México." *Veterinaria México* 25(4): 327-331.
- Rehder, H.A. 1966. "The non-marine mollusks of Quintana Roo, México. With the description of a new species of *Drymaeus* (Pulmonata: Bulimulidae)." *Proceedings of the Biological Society of Washington* N° 79: 273-296.
- Reserva Ecológica "El Edén". 1995. "Participación del sector privado en la conservación y el desarrollo sustentable." Quintana Roo, México.
- Richards, H.G. 1937. "Land and freshwater mollusks from the island of Cozumel, México, and their bearing on the geological history of the region." *Proceedings of the American Philosophical Society* 77 (3). 249-262.
- Richardson, T.D., y K.M. Brown. 1989. "Secondary production of two subtropical viviparid prosobranchs." *Journal of the North American Benthological Society* , 8: 229-236.
- Runnegar, B. 1985. " Origin and Early History of Mollusks." p.17-32. In T.W. Broadhead (Ed.), MOLLUSKS. Notes for a short course. University of Tennessee. Department of Geological Sciences. Studies in Geology 13.
- Russell-Hunter, W.D. 1978. "Ecology of freshwater pulmonates." 335-383 pp. In V. Fretter y J. Peake (Eds.) The Pulmonates. Vol. 2A: Systematics, Evolution and Ecology. Academic Press. Orlando, Florida.
- Salvini-Plawen, L.V. 1980. "A reconsideration of systematics in the Mollusca (Phylogeny and higher classification)." *Malacología*, 19: 249-278.
- Say, T. 1817 Article "Conchology". American edition of Nicholson's Encyclopedia of Arts and Sciences, vol. 2, 1st Ed. Philadelphia.
- Say, T. 1818 *Journ. Acad. Nat. Sci.* I 280 - I 64.
- Say, T. 1822 *Journ. Phil. Acad.* 2, p. 378 (Lymnaea) South Carolina, U.S.A.
- Say, T. 1829 "Descriptions of some new terrestrial and fluviatile shells of North America." *New Harmony Dissem. Useful Knowledge*, vol 2. N° 17, pp 260-261.
- Say, T. 1862 *Proc. Acad. Nat. Sci. Phil.*
- Secretaria de Gobernación y Gobierno del Estado de Quintana Roo. 1987. "Los Municipios de Quintana Roo." Colección : Enciclopedias de los Municipios de México. 55 pags.
- Sheldon, S.P. 1987. "The effects of herbivorous snails on submerged macrophyte communities in Minnesota lakes." *Ecology*, 68: 1920-1931.
- Signor, P. 1985. "Gastropod evolutionary history." p.157-173. In T.W. Broadhead (Ed.), MOLLUSKS. Notes for a short course. University of Tennessee. Department of Geological Sciences. Studies in Geology 13.

- Sohn, I.G. y L.S. Kornicker. 1975. "Variation in predation behavior of ostracode species on schistosomiasis vector snails." *Bull. Amer. Paleontol.* 65 (282): 217-223.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1995. "Biometry." 3a. Edición. W.H. Freeman. Nueva York. 420pp.
- Stanley, S.M. 1970. "Relation of shell form to life habitats in the Bivalvia" Geological Society of America. *Memoir* 125: 1-296.
- Stasek, C. 1972. The molluscan framework, p.1-43. In. M.Florkin & B.T. Scheer (eds.). *Chemical Zoology Volumen VII*. Mollusca Academic Press, New York.
- Steinman, A.D., C.D. McIntire, S.V.Gregory, G.A. Lamberti y L.R. Ashkenas. 1987. "Effects of herbivore type and density on taxonomic structure and physiognomy of algal assemblages in laboratory streams." *Journal of the North American Benthological Society* 6: 125-188.
- Sumner, W.T., y C.D. McIntire. 1982. "Grazer periphyton interactions in Laboratory streams." *Archives fur Hydrobiologie* 93: 135-157.
- Trueman, E.R. 1975 "The Locomotion of Soft-Bodied Animals." Edward Arnold, London 200p.
- Vermeij, G.J. y A.P. Covich 1978. "Coevolution of freshwater gastropods and their predators." *The American Naturalist* Vol. 112. No 987: 833-843.
- Weber, L. M. y D.M. Lodge. 1990. "Peryphiton food and crayfish predators: relative roles in determining snail distributions." *Oecologia* , 82: 33-39
- Wu, S.K. y D.E. Beetle. 1995. "Wyoming Physidae (Gastropoda: Pulmonata: Hygrophila)." *Malacological Review* 28: 81 -95.
- Yong, M., J.P. Pointier y G. Perera. 1997. "The type locality of *Biomphalaria haya nensis* (Pfeiffer 1839)." *Malacological Review* 30: 115-117.
- Yonge, C.M. 1941. "General characters of Mollusca." p.I3-I35. In R.C. Moore (ed.), *Treatise of Invertebrate Paleontology. I Mollusca 1*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence. 351p.
- Zar, J.H. 1984. "Biostatistical Analysis." Prentice-Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 718p.

APÉNDICE I

CLAVE TAXONÓMICA DE LOS MOLUSCOS DULCEACUÍCOLAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

- 1.- Organismo con concha de una sola pieza, Clase Gastropoda 2
 - Organismos con concha en 2 partes o 2 valvas, Clase Bivalvia 23
- 2.- Organismo con opérculo (pieza adherida al pie dorsalmente, que obtura la abertura de la concha cuando el caracol se retrae), concha usualmente robusta y bien calcificada , Subclase Prosobranquia 3
 - Organismo sin opérculo , con concha usualmente delgada y córnea, Subclase Pulmonata 5
- 3.- Tamaño de la concha pequeño a muy pequeño, concha del estado adulto de 10 mm o menos de longitud total, concha ovada a cónica estrecha, de umbilicada a imperforada , con estriaciones espiraladas y con o sin espinas cónicas, anchas y espaciadas regularmente emergiendo de una escultura espiral sub-sutural, opérculo pauciespiral ; Familia Hydrobiidae:
..... *Pyrgophorus coronatus* , Ancey 1888 (**Fig. 1**)
 - Tamaño de la concha mediano a grande, concha del estado adulto de más de 10 mm de longitud total 4
- 4.- Opérculo pauciespiral, concha cónica elongada, imperforada con 11 a 13 vueltas en las conchas adultas, escultura reticular, filamentos longitudinales y transversales formando pequeñas costillas muy bajas en las primeras vueltas y liras en las últimas, abertura oval, suturas bien marcadas, labio columelar recto ; Familia Thiariidae: *Thiara tuberculata*, Müller 1774 (**Fig.2**)
 - Opérculo concentrico espiral, córneo con concha subglobosa y grande en los adultos de más de 30 mm, hasta 90 mm o más de altura, espira con marcadas bandas coloreadas; Familia Ampullariidae: *Pomacea flagellata*, Say 1829 (**Fig. 3**)
- 5.- Caracol con concha enrollada en espiral (aplanada o levantada) 6

- Caracol con la concha no enrollada en espiral, concha en forma de plato semejante a un cono obtuso, concha delgada con estrías concéntrica finas, ápice obtuso deprimido curvado sublateralmente, colocado hacia la unión de los dos tercios anteriores con el tercio posterior del eje longitudinal; Familia Ancyliidae: *Hebetancylus excentricus*, Morelet 1851 (Fig. 4)
- 6.- - Concha con espira elevada 7
- Concha con espira aplanada, con la “espira hundida”, haciendo a la concha de forma discoidal; Familia: Planorbidae 11
- 7.- - Concha dextrógira (abertura del lado derecho del observador); Familia Lymnaeidae 8
- Concha levógira (abertura del lado izquierdo del observador); Familia Physidae 18
- 8.- - Vueltas de la concha redondeadas, con la vuelta del cuerpo ligera o fuertemente dominante, el doblez columelar puede o no estar presente 9
- Las vueltas de la concha se incrementan gradualmente, se presenta el doblez columelar, el largo de la abertura es entre $1/3$ y $1/2$ de la altura total de la concha 10
- 9.- - La altura de la abertura es ligeramente mayor a la mitad de la altura total de la concha la espira es pequeña, obtusa, las suturas bien impresas, el labio interno usualmente ancho y reflejado sobre o hacia el ombligo *Lymnea bulimoides*, Lea 1841 (Fig. 5)
- La espira de forma piramidal o aguda, esta puede ser tan grande como la abertura o un poco más pequeña, la vueltas del cuerpo redondeadas y truncadas, el doblez columelar puede o no existir, el ombligo es muy angosto, la forma del pie es estrecha en la región frontal hasta la mitad donde comienza el ensanchamiento hasta la parte apical. *Lymnea cubensis*, Pfeiffer 1839 (Fig. 6)
- 10.- - Concha con 6 o 7 vueltas, toda la concha con tendencia a malearse, el ápice es normalmente puntiagudo, las vueltas ligeramente redondeadas con una abertura que varía entre redonda ovada y ovada alargada, no muy exopandida, presenta usualmente una línea café o púrpura en el lado interno del peristoma *Lymnea palustris*, Müller 1774 (Fig. 7)

- Concha con vueltas más o menos truncadas, suturas muy pronunciadas, abertura ligeramente romboidal con el labio interior reflejado, formando una proyección sobre el ombligo, generalmente se presenta una escultura de líneas espiraladas muy finas, algunas veces microscópicas
 *Lymnea humilis*, Say 1822 (Fig. 8)

11.- - Concha pequeña, los adultos miden generalmente menos de 7.5 mm de diámetro 12

- Conchas medianas, los adultos miden generalmente más de 6.5 mm y hasta 20 mm ó más de diámetro 6

12.- - Concha muy aplanada y enrollada (varias vueltas), con aristas o levantamientos pequeños sobre la espira 13

- Concha no muy aplanada no multiespiralada y sin aristas en la espira, suturas bien marcadas, ombligo profundo, 4 vueltas aprox., abertura longitudinalmente subovada, oblicua. 5 dientes hacia el interior de la abertura (no marginales) 2 de ellos colocados hacia el lado columelar, uno de estos largo y prominente, perpendicular, lameliforme, oblicuo y redondeado a los lados; hacia el lado interior de este diente, otro, pequeño cónico y agudo, en el lado del labro, 1 diente prominente, lameliforme cerca de la base y dos dientes más, por encima de este, oblicuos y lameliformes .
 *Planorbulla armigera* Morelet 1849 (Fig. 9)

13.- - Concha pequeña (4 mm de diámetro o menos) subglobosa, entre 5 y 5 3 / 4 de vuelta con la periferia muy redondeada, la coloración de la concha amarilla o café, ornamentación de la concha con puntos finos *Drepanotrema anatinum*, Orbigny 1835 (Fig. 10)

- Concha delgada o más o menos delgada, translúcida, color ambar, entre 5 y 7 vueltas que incrementan de tamaño lentamente, estriaciones finas y oblicuas de más de 6 mm de diámetro 14

14.- - Concha con carina en la periferia, en la intersección de la parte izquierda y derecha de la concha 15

- Concha sin carina, comprimida, semitransparente, con la espira deprimida, última vuelta convexa, angulada, la abertura de forma cuadrada de entre 6 y 7 mm de diámetro
 *Drepanotrema lucidus*, Philippi ?

- 15.- - Concha delgada, abertura angosta, oblicua y en forma de corazón , la carinación es conspicua, puede medir hasta 13 mm de diámetro y 2 mm de ancho
 *Drepanotrema kermatoides*, Orbigny 1835 (**Fig. 11**)
- Concha menos delgada que en *D. kermatoides*, el lado derecho de la concha marcadamente concavo y el izquierdo plano, la carina es lisa y poco conspicua, el tamaño es hasta de 8 mm de diámetro*Drepanotrema cimex*, Moricand 1837 (**Fig. 12**)
- 16.- - Concha delgada, frágil , vuelta del cuerpo deprimida 17
- Concha gruesa y usualmente sólida, vuelta del cuerpo deprimida o no deprimida, en ocasiones alta, concha levógira de color café o color nuez, 3 o 4 vueltas, estriada finamente con líneas laterales, levantadas, agudas y equidistantes, abertura grande, abarca una porción considerable de la vuelta del cuerpo *Helisoma trivolvis* Say 1817 (**Fig.13**)
- 17.- - Alrededor de 5 vueltas, la espira un poco concava, abertura oblicua en relación al diámetro transversal*Biomphalaria glabrata*, Say 1818 (**Fig. 14**)
- Concha delgada, delicada, 5 vueltas separadas por suturas profundas, abertura oblicua, redondeada, diámetro de hasta 10 mm, diámetro mínimo de 6.5 mm
*Biomphalaria havanensis*, Pfeiffer 1840 (**Fig. 15**)
- 18.- - Suturas más o menos impresas o bien poco marcadas, doblez columelar presente algunas veces prominentes 19
- Suturas bien marcadas y el doblez columelar no muy prominente 21
- 19.- - Entre 5 y 6 vueltas en el estadio adulto, la forma de la concha, aguda (no muy ovada)
 20
- 7 vueltas generalmente, redondeadas pero con poca sutura, concha ovada, espira cónica, finamente reticulada en la proximidad de la sutura, abertura oblonga, cociente del largo total entre la distancia del ápice al margen superior de la abertura (DEA) mayor a 4
 *Physella impluviata* Morelet ? (**Fig. 16**)
- 20.- - Las vueltas de la espira comprenden 1 / 4 de la longitud total, de color café muy suave y brillante, el ápice cónico*Physella nitens* Philippi ? (**Fig. 17**)

- Abertura fusiforme elíptica, el margen columelar muy corto, la concha se torna angosta hacia las últimas vueltas *Physella princeps* Phillips 1846 (**Fig.18**)
- 21.- - 5 vueltas o menos generalmente, suturas moderadamente impresas, concha delgada de color arcilla *Physella osculans* Haldeman 1843 (**Fig. 19**)
- 6 vueltas o más vueltas convexas, concha ovada suturas bien marcadas, abertura oblonga, estriaciones finas en la concha 22
- 22.- - La última vuelta sobrepasa las 2 / 3 partes de la longitud total, borde basal dilatado concha cornea, de color amarillento *Physella berendti* Strebel ? (**Fig. 20**)
- Espira aguda y alargada, la última vuelta a penas 2 / 3 del largo total de la concha concha brillante, cornea, pálida a veces frágil, cociente del largo total entre la distancia del ápice al margen superior de la abertura (DEA) menor a 4 . *Physella cisternina* Morelet 1851 (**Fig. 21**)
- 23.- - Concha inequilateral, ligeramente convexa, estriaciones finas, al borde anterior encogido, diámetro antero-posterior 10 mm , diámetro umbo-ventral 7 mm
..... *Eupera maculata* = *Sphaerium maculatum* Morelet 1851 (**Fig. 22**)
- Concha frágil, sin estriaciones, manchas o motas como ornamentación interna y externa diámetro antero-posterior 5mm, diámetro umbo-ventral 3.7mm
..... *Sphaerium transversum* Say 1862 (**Fig. 23**)



Fig. 1

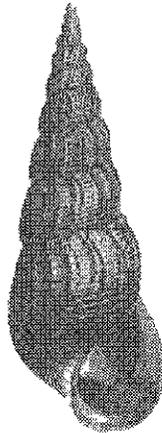


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

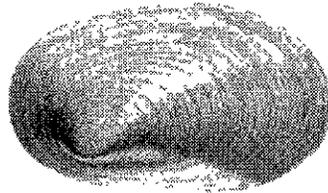


Fig. 5

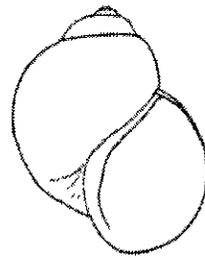


Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

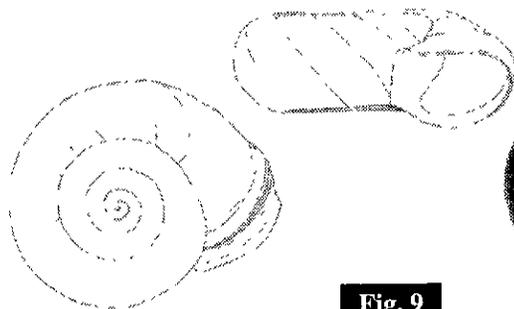
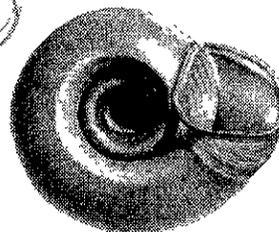


Fig. 9



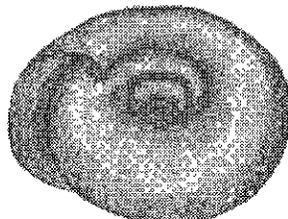
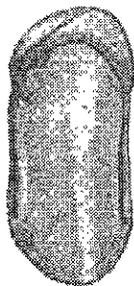
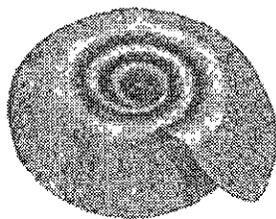


Fig. 10

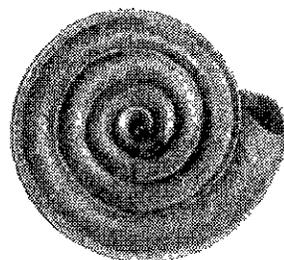
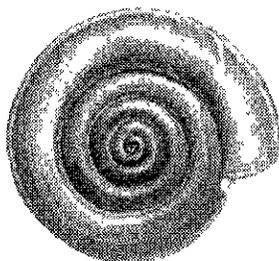


Fig. 11

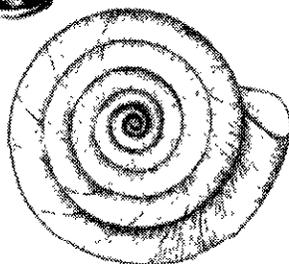
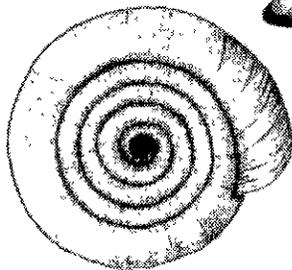


Fig. 12

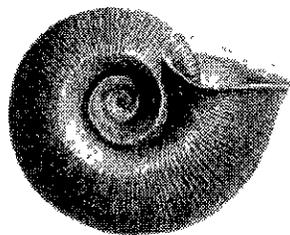
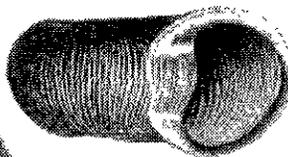
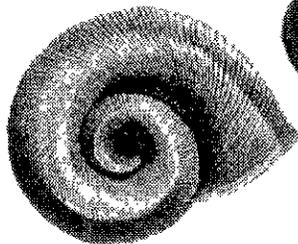


Fig. 13

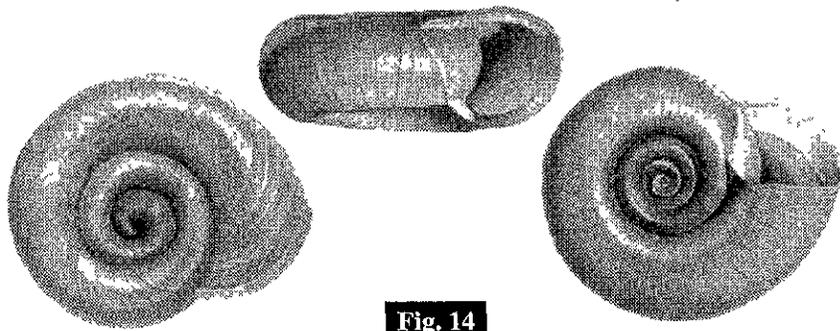


Fig. 14

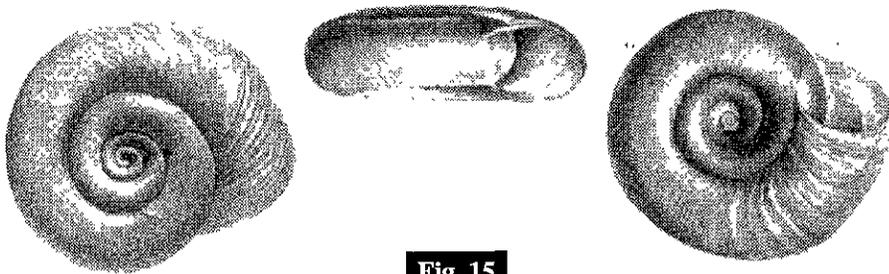


Fig. 15



Fig. 16

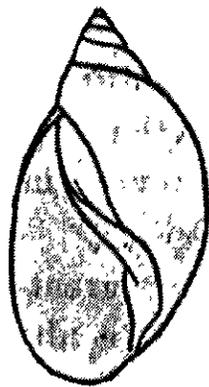


Fig. 17

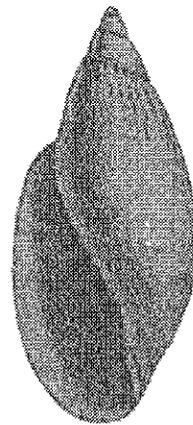


Fig. 18



Fig. 19

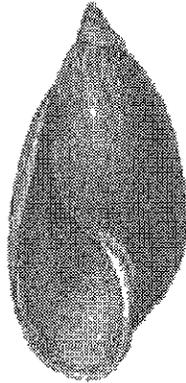


Fig. 20



Fig. 21

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

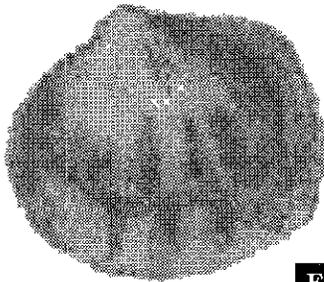


Fig. 22

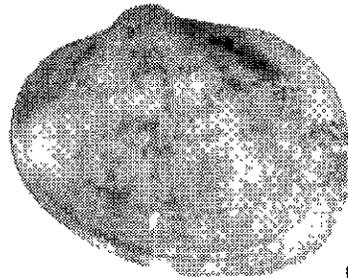


Fig. 23

Notas:

- El tamaño de estas figuras no corresponde a las dimensiones reales de las especies.
- Imágenes tomadas de diferentes fuentes bibliográficas.