

Informe final* del Proyecto L145
Distribución y taxonomía de caracoles de agua dulce (Molusca: Basommatophora) en la
región de la Sierra Fría, Zacatecas

Responsable: Biól. Sandra Elena Ramos Solís
Institución: Universidad Autónoma de Zacatecas
Departamento de Ecología
Dirección: Av. de la Revolución Mexicana s/n, Tierra y Libertad, Zacatecas, Zac,
98000 , México
Correo electrónico: sramos@uaz.edu.mx
Teléfono/Fax: Tel: (492)2 2662 Fax: (492)2 2680 Ext. 117
Fecha de inicio: Noviembre 14, 1997
Fecha de término: Junio 20, 2002
Principales resultados: Base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Ramos Solís, S. E. 2000. Distribución y taxonomía de caracoles de agua dulce (Molusca: Basommatophora) en la región de la Sierra Fría, Zacatecas. Universidad Autónoma de Zacatecas. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L145.** México, D.F.

Resumen:

Se realizará un estudio taxonómico de los caracoles de agua dulce (Mollusca Basommatophara) en varias localidades de la Sierra Fría, Zacatecas con la finalidad de registrar los géneros y especies pertenecientes a las diferentes familias de gasterópodos de agua dulce de esta región, así como determinar la distribución de los patrones electroforéticos de las muestras obtenidas del campo y elaborar una clave para la identificación de los mismos.

Se evaluará la diversidad y la riqueza de los caracoles de agua dulce en la región de estudio de la Sierra Fría. Es muy probable que se inicie con la sistematización de la colección y con los resultados obtenidos se integrará una base de datos que se entregará a la CONABIO al término del proyecto, además de entregar un informe final.

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

PROYECTO: “DISTRIBUCIÓN Y TAXONOMÍA DE CARACOLES DE AGUA DULCE (MOLLUSCA : BASOMMATOPHORA) DE LA REGIÓN DE LA SIERRA FRÍA, ZACATECAS.”

NÚMERO DE REGISTRO ASIGNADO POR CONABIO: FB476/L145/97.

INFORME FINAL

Unidad de Biología Experimental, Departamento de Ecología e Inmunobiología de la
Universidad Autónoma de Zacatecas.
Avenida. de la Revolución Mexicana S/N Colonia Tierra y Libertad.
Guadalupe, Zacatecas, México.

Biol. Sandra Elena Ramos Solís
M en C. Jesús Patricio Tavizón García
Ph. D. Fred Gilbert Thompson
M. en C. Carmen Mondragón de la Peña
M.V. Z. Marisa Mercado Reyes
Ricardo Montañes Lugo

ÍNDICE GENERAL

FINANCIAMIENTO	i	
ÍNDICE DE FIGURAS	iv	
ÍNDICE DE TABLAS	vi	
INTRODUCCIÓN	1	
ANTECEDENTES	3	
MATERIAL Y METODOLOGÍA	5	
1. Colectas de campo	5	
2. Trabajo de laboratorio	6	
A) Separación de ejemplares	6	
B) Acondicionamiento de caracoles en acuarios	6	
C) Fijación de ejemplares	6	
D) Limpieza de las conchas	6	
E) Obtención de extractos proteicos del cuerpo completo de los caracoles y electroforesis en PAGE SDS	7	
F) Obtención de ADN y corrimiento	8	
G) Seguimiento al desarrollo de los caracoles mantenidos en condiciones de laboratorio	9	
H) Fotografías de los ejemplares y elaboración de mapas.	9	
RESULTADOS	10	
Clasificación de los cuerpos de agua y/o de las localidades donde se realizaron los muestreos y las colectas	11	
Familias de gastrópodos encontrados.	13	
Clasificación	14	
Caracoles colectados por tipo de cuerpo de agua	16	
Tipo de vegetación característico de las localidades donde se realizó la colecta:	19	
Diversidad específica por localidad	21	
Distribución de los caracoles en la Sierra Fría, Zacatecas	23	iii
Descripción de las condiciones climáticas que se presentaron en las zonas de muestreo de la Sierra Fría y frecuencia de aparición de las familias de gasterópodos	26	

Nivel en el que se encuentran los ejemplares	32
Electroforésis en geles de Poliacrilamida -SDS	33
Extracción de ácido desoxirribunucleico (ADN).	38
Ciclo biológico observado en caracoles de la Sierra Fría bajo condiciones de Laboratorio	39
DISCUSIONES	40
CONCLUSIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	44
GLOSARIO	47
ABREVIATURAS	51
ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Arroyos disturbados / géneros encontrados	16
Figura 2	Arroyos poco disturbados/ géneros encontrados	16
Figura 3	Ríos naturales, permanentes y de ambiente léntico/ géneros encontrados	17
Figura 4	Ríos naturales, permanentes, con alto grado de contaminación y de ambiente léntico/géneros encontrados	17
Figura 5	Presas artificiales, permanentes y con ambiente léntico/géneros encontrados.	18
Figura 6	Tipo de vegetación que se relaciona con la mayor riqueza específica de caracoles de agua dulce en algunas regiones de la Sierra Fría, Zacatecas,	20
Figura 7	Recolectas realizadas del 22 de enero al 21 de febrero de 1998	26
Figura 8	Recolectas realizadas del 18 de abril al 27 de junio de 1998.	27
Figura 9	Recolectas realizadas del 15 de agosto al 21 de noviembre de 1998	28
Figura 10	Recolectas realizadas del 27 de febrero al 24 de abril de 1999	29
Figura 11	Frecuencia de caracoles en 1998 en las localidades muestreadas.	30
Figura 12	Caracoles por año	31
Figura 13	SDS-PAGE del extracto de cuerpos completos de caracoles del Arroyo San Miguel de la Presa, de la Presa Quemada, de la Presa Julián Adame y del Arroyo San Antonio de las Huertas.	34
Figura 14	SDS-PAGE del extracto de cuerpos completos de caracoles de la Presa de Tenango, del Laurel, del Arroyo el Teniente y de la Presa el Carretero	35

- Figura 15 SDS–PAGE del extracto de cuerpos completos de caracoles de San Francisco de la Sierra, Presa el Chique, Arroyo la Quemada y Presa Palomas.
- Figura 16 SDS –PAGE del extracto de cuerpos completos de caracoles del Bordo el Terrero, la Saladita y Presa el Chique (*Planorbella tenue*). 37
- Figura 17 Corrimiento del ADN de caracoles procedentes de diferentes localidades de la Sierra Fría: Tenango, Palomas, Julián Adame. 17
- Figura 18 Corrimiento del ADN de caracoles procedentes de diferentes localidades de la Sierra Fría: Laurel, Quemada, San Miguel, Julián Adame... 17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Localidades y número de caracoles correspondientes a las familias encontradas en el campo.	10
Tabla 2	Diversidad específica de las localidades Presa de Tenango, Presa Julián Adame, Presa el Chique, Presa Palomas, Arroyo San Antonio de las Huertas, San Francisco de la Sierra y Arroyo la Cascada	21
Tabla 3	Diversidad específica de las localidades Arroyo el Teniente, Río Juchipila, Arroyo Palomas, Presa la Barranquita, Arroyo San Miguel y Arroyo la Quemada	22
Tabla 4	Diversidad específica de las localidades Presa la Quemada, el Uncidero, Río San Miguel, Loma Larga, Bordo el Terrero y la Saladita.	22
Tabla 5	Nivel en el que se encuentran los ejemplares	32
Tabla 6	Pesos moleculares de las bandas predominantes de la subespecie <i>Physella virgata virgata</i> procedente del embalse "La Encantada".	37

INTRODUCCIÓN

La Sierra Fría es un sistema montañoso que se sitúa entre los estados de Aguascalientes y Zacatecas, pero con condiciones ambientales y biológicas diferentes. En Aguascalientes la Sierra forma un declive gradual hacia el Este, y las escorrentías forman la cuenca de la Presa Presidente Calles y el sistema de riego del mismo nombre (valle de Calvillo) en el altiplano central, en tanto que en Zacatecas la Sierra se corta abruptamente formando una pared continua que se extiende casi hasta el estado de Jalisco formando el cañón de Juchipila que es la cuenca de la Presa el Chique decretada Zona Protegida Forestal en 1947, y las escorrentías de la Sierra alimentan al Río Juchipila que se prolonga con la cuenca Lerma Santiago-Chapala. El extremo norte de la Sierra se interna como una península en los valles centrales de Zacatecas y en la Sierra de Zacatecas, dando lugar a diversas condiciones ambientales, climáticas y de hábitat. En este estado la Sierra ha sido intensamente explotada desde 1600. En Aguascalientes el 60% del territorio de la sierra es pequeña propiedad y el 40% es ejidal por lo que las condiciones sociales, culturales y educativas de los propietarios y usufructuadores de la tierra son diferentes que en Zacatecas y por lo tanto, el impacto de las actividades humanas es diferente y de menor deterioro.

En el estado de Aguascalientes se han elaborado numerosos estudios de la Sierra que culminaron con el decreto de Área Natural Protegida con el carácter de Zona sujeta a Conservación Ecológica, según publicación del Periódico Oficial del Gobierno de Aguascalientes el día 30 de Enero de 1994; tales estudios no incluyen la parte de Zacatecas. Desde 1990 se han realizado estudios sistemáticos de la Sierra como hábitat del águila real (*Aquila chrysaetos*) determinando las zonas de anidación, la densidad de la población y las especies Presas que son utilizadas como recurso alimenticio principalmente durante la incubación, la cría y el desarrollo (Tavizón GP, 1992; Tavizón GP *et al*, 1995.) Se contempla la iniciativa de declarar área natural protegida a la Sierra Fría como Reserva Estatal con lo cual se consolidaría el corredor ecológico interestatal de la misma.

En México se ha generado muy poca investigación, solo por parte de unos cuantos especialistas con respecto a los gastrópodos y son aun escasos los trabajos enfocados a la biología molecular de los mismos.

La Clase Gastropoda, un subgrupo del Phylum Mollusca, comprende organismos terrestres, de agua dulce y marinas. Debido a su gran variedad de estructuras y hábitat, los gastrópodos constituyen un grupo excelente para demostrar principios evolutivos. El menor número de especies con respecto a los sistemas ambientales en que se encuentran los gastrópodos corresponde a los que habitan cuerpos de agua dulce: Clase Pulmonata, Orden Basommatophora, con 13 familias -clasificación basada en Cooke (1895), Pelseneer (1906), Thiele (1931-35), Yonge (1960) y Morton (1967). En cuanto a la importancia que representan para el hombre, algunos gastrópodos son utilizados como alimento, otros son hospederos intermediarios de parásitos, siendo los hospederos

definitivos una amplia gama de animales vertebrados; se sabe que sólo una fracción de enfermedades parasitarias puede transmitirse al hombre mediadas por la presencia de familias de gastrópodos. En cuanto a su ciclo de vida, el éxito de los gastrópodos en parte se debe al patrón de la historia de su vida capaz de una amplia variación.

En la Sierra Fría de Zacatecas se ha realizado un estudio con el que se conoce ahora la diversidad específica de este grupo. Los caracoles de agua dulce que se colectaron en la Sierra Fría, Zacatecas, corresponden con las familias encontradas en otras regiones del estado, entre ellas la Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae (en la que se registra un nuevo género), y además se encontraron caracoles pertenecientes a la familia Ancyliidae. Los ejemplares se han determinado a género mediante claves taxonómicas y se realizó un estudio molecular de algunas poblaciones utilizando el método de la electroforesis en geles de poliacrilamida duodecil sulfato de sodio (PAGE-SDS) para determinar los pesos moleculares de las proteínas constitutivas y un estudio preliminar en geles de agarosa para obtener los patrones del ADN de caracoles de la Sierra Fría.

En los resultados se mencionan los hallazgos en cuanto a las relaciones inter e intra específicas de los caracoles de agua dulce, una breve descripción del papel que juegan como bioindicadores de contaminación en los sitios de muestreo y de las relaciones en que participan como huéspedes intermediarios de parásitos.

ANTECEDENTES

Las claves taxonómicas de caracoles dulceacuícolas de Norte América realizadas por Burch en 1982 permitieron un mejor entendimiento de la ciencia de la Malacología en Norte América. En el trabajo se establecen importantes cambios en la nomenclatura y se proporcionan ilustraciones de especies conocidas para ese país.

Burch, Cruz-Reyes (1987) elaboraron una clave genérica para la identificación de gastrópodos de agua dulce en México, en la que además se muestra una clasificación actualizada de los mismos. El trabajo incluye una lista de referencias sobre caracoles de agua dulce en diferentes estados de México pero no se mencionan estudios realizados en Zacatecas.

Pérez-Rodríguez (1995) realizó un estudio de moluscos bentónicos y epifíticos de la Presa de Atlangatepec, Tlaxcala, en el que consideró los aspectos conchiliológicos y morfológicos de los moluscos para realizar la identificación de las especies y menciona que existen otros criterios para la taxonomía de los moluscos, entre ellos la electroforesis que además podrían mejorar y aumentar el estudio de los mismos.

Tavizón y Osegueda (1983) identificaron para el área de Malpaso, municipio de Villanueva, Zacatecas caracoles de agua dulce de los géneros *Lymnaea sp*, *Planorbis sp* y *Physa sp*, no registrados para el estado.

Ramos, Mondragón, Tavizón (1996), identificaron caracoles de los géneros *Pseudosuccinea sp*, *Fossaria sp*, *Lymnaea sp*, pertenecientes a la familia Lymnaeidae; *Physella sp*, pertenecientes a la familia Physidae; *Planorbella sp*, perteneciente a la familia Planorbidae.

Ramos, Tavizón y Thompson (1998) identificaron caracoles de agua dulce de la Familia Ancyliidae, y caracoles del género *Micromenetus*, dos taxas diferentes a los siete géneros encontrados anteriormente en diferentes regiones del estado de Zacatecas (Proyecto apoyado por la CONABIO con número de registro FB476/L145/97.)

La electroforesis es una técnica empleada para obtener los pesos moleculares de las proteínas presentes en diversos organismos. Se basa en la separación de los constituyentes proteicos de acuerdo a su tamaño mediante la aplicación de una corriente eléctrica. Diferentes autores han empleado la técnica de electroforesis como método auxiliar en la clasificación de especies:

De Winter (1986) realizó una caracterización electroforética de tres paratipos de *Arion fagophilus* por cuyas afinidades decide asignarlos dentro del género *Kobletia*.

Backeljau (1987) logró la separación de especies del género *Arion* al realizar electroforesis de hepatopáncreas y ovotestis en geles de poliacrilamida.

Monzon *et al* (1994), utilizaron extractos del músculo del pie de seis especies de limnéidos de la región Indo Pacífico, sometidos a análisis en geles de poliacrilamida.

Thomas (1995) menciona que el plan morfológico de los caracoles pulmonados se ha conservado por mucho tiempo a pesar de las oportunidades de radiación adaptativa que han tenido. Como consecuencia de la carencia de caracteres morfológicos y de la plasticidad que presentan, se ha requerido utilizar caracteres bioquímicos como químicos exógenos (por ejemplo aminoácidos) liberados por los caracoles para el reconocimiento de las especies.

Rodríguez *et al*, en 1988 analizaron las diferencias entre los patrones electroforéticos de dos poblaciones de ostras procedentes del ambiente salobre e hipersalino como una posible respuesta de la expresión genética adaptativa.

Ramos *et al* (1995) realizaron electroforesis con la técnica de PAGE- SDS al 11%, en condiciones reductoras para analizar las diferencias entre los patrones electroforéticos de cuerpos completos (AgPspC), cuerpos sin hepatopáncreas (AgPsppl), y hepatopáncreas (AgPspH) de una población de caracoles de la subespecie *Physella virgata virgata* colectada en el lago de la Encantada, Zacatecas.

Ramos *et al* (1997) Las enfermedades parasitarias de animales domésticos y silvestres, en las que participan los caracoles dulceacuícolas como huéspedes intermediarios, son diversas. Para conocer de la relación huésped -parásito en los mismos, se tomaron como modelo de estudio caracoles del género *Physella spp*. Este estudio se efectuó para ver los antígenos predominantes en los diferentes estadios del caracol para de esta manera comparar con otras poblaciones de caracoles dulceacuícolas, estableciendo así un banco de patrones electroforéticos de diferentes especies. Se obtuvieron bandas con diferentes pesos moleculares, sin embargo hubo coincidencia en varias de estas, en los diferentes estadios por lo que se considera que hay antígenos dominantes en el desarrollo del caracol. .

El reciente desarrollo de la biología molecular ha permitido el avance en múltiples campos de la investigación, ya que se ha convertido en la herramienta fundamental en la biomedicina, como ejemplos están el diagnóstico de enfermedades infecciosas, estudios antropológicos, identificación de factores genéticos de susceptibilidad a enfermedades, exclusión de paternidad, medicina forense y trasplante, entre otros, y el material biológico que se ha empleado para este tipo de estudios es el ADN. Una molécula de ADN consiste de dos cadenas lineales de nucleótidos que están entrelazadas formando una doble hélice. Cada nucleótido tiene un azúcar, un fosfato y una base púrica o pirimídica ya sea adenina, timina, guanina o citosina. Las dos cadenas de nucleótidos se unen entre sí por medio de sus bases, unión que es altamente específica (A-T; C-G), por lo que son totalmente complementarias. Si se conoce la secuencia de nucleótidos en una base de las cadenas, se puede predecir la secuencia de la cadena complementaria (Gorodezky, 2000).

MATERIAL Y METODOLOGÍA

1.- Colectas de campo

Se realizaron 26 salidas al campo, en las que se visitaron un total de 33 localidades durante el período comprendido del 22 de enero de 1998 al 25 de Marzo del 2000 (en esta última no se recolectó ya que durante la búsqueda no se encontraron caracoles). Las localidades en que se realizaron las colectas pertenecen a la Sierra Fría, Zacatecas y a zonas cercanas a la misma. De estas 33 localidades resultó un total de 91 búsquedas, pero en 25 sitios no se encontraron ejemplares, y 66 colectas (considerando a una colecta como un sitio donde se encontraron y se obtuvieron caracoles). Se acudió a algunas localidades en dos tiempos diferentes. En cada localidad se hicieron de tres a cuatro muestreos en un transecto de 1000 metros a lo largo del cuerpo de agua; de aquellos sitios en donde se encontraron caracoles se tomaron los datos correspondientes en etiquetas cuyos datos principales fueron: nombre de la familia o del género, localidad, altitud, fecha, hora de colecta, nombre del colector y número de colecta y se les asignó un número cronológico, acorde con las fechas de captura (ver anexo I en que se muestran los datos completos de las etiquetas). Se realizaron recorridos en las localidades donde los cuerpos de agua se observaron secos con la finalidad de descartar la presencia de agua y/o de conchas. El tiempo de colecta por cada persona fue de una a tres horas en cada localidad. Todos los muestreos se comenzaron a partir del primer punto donde se encontraron caracoles. El criterio de búsqueda que se consideró fue el de revisar y/o remover en forma manual rocas, hojas, troncos, plantas y materia orgánica en descomposición minuciosamente en las orillas de Arroyos, Ríos y Presas. Se colectaron tantos caracoles como fue posible y se colocaron en frascos conteniendo agua del lugar. Se tomaron muestras de vegetación acuática sumergida, de arena y de cieno en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para ser revisadas en el laboratorio y corroborar la presencia de caracoles. En cada zona de muestreo se clasificó el cuerpo de agua, se tomó en cuenta el tipo de vegetación y se revisó la abundancia y densidad relativa de las poblaciones existentes de estos organismos. En algunos sitios de colecta se obtuvieron parámetros físicos como el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH.

2. Trabajo de laboratorio

Los caracoles obtenidos en el campo se transportaron al laboratorio, dándoseles diferentes tratamientos:

- A) **Separación de ejemplares.** Inicialmente, en el campo o en el laboratorio se separaron algunos caracoles en estado adulto (los de tallas mayores) y con características morfológicas semejantes, para la elaboración de electroforesis, congelándoseles a -10°C inmediatamente después de haberlos lavado en varias ocasiones con agua destilada y posteriormente con PBS.
- B) **Acondicionamiento de caracoles en acuarios.** Los gastrópodos de tallas medianas obtenidos en el campo (pie de cría), y/o puestas de huevos de los mismos (que en algunos casos su desarrollo no fue óptimo y en otros resultó nulo), se colocaron en recipientes de plástico conteniendo agua de cada lugar de colecta para semejar las condiciones naturales en el laboratorio y asegurar su adaptación. Al alcanzar las tallas adecuadas, estos ejemplares se recolectaron para realizar pruebas de electroforesis. A los recipientes, que hacen las veces de acuarios, se les asignó el número de colecta correspondiente. Como una adecuación a la metodología, no se numeró cada ejemplar colectado.
- C) **Fijación de los ejemplares.** Dependiendo del número de ejemplares recolectados, también se tomó un grupo de cada colecta, seleccionados por sus características morfológicas externas, y se colocaron en frascos con agua y cristales de mentol para relajarlos durante 12 a 18 horas, de acuerdo al grado de relajación que requirieran. Posteriormente se colocaron el alcohol al 85% durante cuatro horas, al término de las cuales se colocaron en alcohol al 70% (Bousquets *et al*, 1985) con la finalidad de conservar el cuerpo del animal para el caso de realizar estudios anatómicos durante la clasificación. Con este procedimiento también se logra conservar las conchas. En algunas localidades se encontraron de uno a cinco organismos que se fijaron de inmediato.
- D) **Limpieza de las conchas.** Durante algunas recolectas se encontraron conchas sin animal y la mayoría impregnadas de algas o con depósitos de algunos minerales contenidos en el suelo. El proceso de limpieza consistió en retirar con un cepillo fino las partículas acumuladas en la concha y posteriormente se colocaron en una solución saturada de ácido oxálico durante algunos segundos para tallar nuevamente al chorro de agua.

Finalmente se enjuagaron hasta eliminar completamente el ácido oxálico, se dejaron secar y estas se guardaron en recipientes plásticos conteniendo algodón (Brown, 1980). También se recolectaron de los acuarios las conchas de los caracoles resultantes de las tazas de mortalidad normal y elevada en ciertas temporadas y aquellas obtenidas al momento de la preparación de los extractos proteicos de los cuerpos completos, necesarios en la elaboración de electroforesis.

- E) **Obtención de extractos proteicos del cuerpo completo de caracoles y electroforésis de proteínas.** Procesamiento de caracoles para la realización de electroforesis: de los caracoles en congelación se obtuvieron extractos proteicos del cuerpo completo de los caracoles en diferentes tiempos. Una vez descongelados, se extrajo de las conchas el cuerpo de los caracoles, manipulándolos con el cuidado necesario para no romper las conchas. Los cuerpos obtenidos se depositaron en pequeños frascos estériles conteniendo PBS, colocados a su vez en un recipiente con hielo. Se realizaron varios lavados con PBS antes de colocarles la solución de extracción (SDS- al 10%; EDTA 0.4 M; TRIS/HCl 0.01M; PMSF; BME) con la que se homogeneizaron y sonicaron de tres a cinco tiempos a intervalos de un minuto para ambos casos, dependiendo de la consistencia de las muestras. Durante estos dos procesos los frascos se mantuvieron inmersos en un recipiente conteniendo hielo. Posterior a este paso, las mezclas obtenidas se centrifugaron a 12,000r.p.m. durante 40 minutos a una temperatura de 4°C. Se recuperaron los sobrenadantes para realizar el análisis cuantitativo de proteínas mediante espectrofotometría, para lo cual se empleó la técnica de azul de Coomassie G-250 según Sedmak y Grossberg (1977); el espectrofotómetro se calibró a 610 nm. De acuerdo a la cantidad de proteína por microlitro de muestra de cada sobrenadante, se obtuvo la cantidad de muestra a colocar en cada uno de los carriles de los geles de poliacrilamida. Se realizó el corrimiento electroforético. (60 µg de proteína por cada carril en cámaras chicas y 100µg de proteína en cámaras grandes) La concentración a la que se preparó el gel separador fue del 10%, mientras que la del gel concentrador fue al 4%, para lo que se tomaron como referencia los siguientes marcadores de peso molecular conocidos Ureasa de frijol: tetrámero 480kDa, dímero 240kDa; Albúmina bovina: dímero 132kDa, monómero 66kDa; Albúmina de huevo de gallina 45kDa; Anhidrasa carbónica 29kDa; α lactalbúmina 14kDa. Después del corrimiento los geles se tiñeron y destiñeron, se aclararon y se secaron al vacío para finalmente obtener los pesos moleculares de las proteínas mediante la técnica de Roy.

F) **Obtención de ADN y corrimiento. Lisis celular.** Se agregaron 900 µl de solución de lisis celular (Tris 10mM, EDTA 100mM, SDS 2%; pH 8.0 con NaOH, se esterilizó) a un tubo para microcentrífuga de 1.5 ml al que se le agregaron 50mg de tejido de caracol. Se agregaron 9µl de proteinaza K (20 mg/ml) y se mezcló por inversión de 10 a 20 veces. Se incubó durante toda la noche a 55°C, o hasta que el tejido se disolvió por completo. Después, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente. **Precipitación del ADN.** El sobrenadante conteniendo el ADN se pasó a un tubo para microcentrífuga de 2 ml conteniendo 900µl 2- propanol. La muestra se mezcló por inversión (50 tiempos). Se centrifugo a 10,000rpm durante 10 minutos. Se decantó el sobrenadante y el tubo se secó en un papel absorbente limpio. Se agregaron 750 µl de Etanol al 70% y por inversión del tubo, se lavó el ADN. Se centrifugo a 10,000 r.p.m. durante 5 minutos y se decantó el etanol cuidando que el botón de ADN no se perdiera. Los tubos se dejaron abiertos y en una campana con la finalidad de que se evaporara totalmente el Etanol. **Hidratación del ADN.** Se agregaron de 25 a 200 µl de buffer TLE (Tris 10mM, EDTA 0.1mM, pH 8.0 con HCl, y se esterilizó). (Jim's DNA Extraction Protocol, 2000). Para los corrimientos se prepararon 60 ml de agarosa al 0.75%, en buffer TBE 1x, a la que se le agregaron 35 µl de Bromuro de Etidio una vez que el gel alcanzó los 50°C; se vació a la cámara de corrimiento, se colocó el peine y se dejó solidificar. Las pruebas se prepararon con 4µl de cada muestra de ADN de caracoles y 2 µl de solución stop de formamide. Una vez polimerizado, se colocó buffer TBE 1x en la cámara hasta cubrir el gel y entonces los marcadores de pares de bases conocidos (BIOLINE) y las muestras de ADN de caracoles se colocaron en los pozos del gel y se inició el corrimiento a 70 V durante 45 minutos a temperatura ambiente, de acuerdo con el Manual del aparato Sub-Cell GT Agarose Gel Electrophoresis Systems de BIO RAD. Finalmente el corrimiento se observó en un transiluminador de luz Ultra Violeta. Los marcadores que se utilizaron son:

Tamaño de la banda	Ng/banda
10,000	100
8,000	80
6,000	60
5,000	50
4,000	40
3,000	30
2,500	25
2,000	20
1,500	15
1,000	100
800	80
600	60
400	40
200	20

- G) Actividades que se llevaron a cabo para dar **seguimiento al desarrollo de los caracoles mantenidos en condiciones de laboratorio** en el tiempo de realización del proyecto: Obtención de notas periódicas del comportamiento de los ejemplares en los acuarios. Alimentación regular durante cada semana; se les colocó lechuga en trozos. Recambios de agua por lo regular cada dos semanas. Revisión constante de las bombas de aire en los acuarios. Observaciones con respecto al ciclo biológico de los caracoles.
- H) Se tomaron fotografías de un ejemplar correspondiente a cada localidad de colecta y a cada Familia encontrada en la misma. Se consideraron dos o tres perspectivas del ejemplar. El criterio para tomar las fotos fue el descrito por Hernández Gómez, *et al* (1999), aunque se realizaron adecuaciones a la técnica por no contar con el equipo suficiente. Las fotos se integraron a la base de datos del proyecto. Se elaboraron **mapas** donde se indica la ubicación de la Sierra Fría y los puntos donde se realizaron las recolectas de gastrópodos de agua dulce (anexos II, III y V).

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran las localidades y número de caracoles correspondientes a las familias encontradas en el campo. Se registra el total de organismos de cada localidad; en el anexo IV se especifican las localidades, sus números de colecta, coordenadas geográficas y especies correspondientes.

TABLA 1 Localidades y número de caracoles correspondientes a las familias encontradas en el campo.

LOCALIDAD	FAMILIA Y / O GÉNERO					TOTAL
	Physidae	Planorbidae		Ancylidae	Lymnaeidae	
	<i>Physella</i>	<i>Planorbella</i>	<i>Micromenetus</i>		<i>Fossaria</i>	
El Laurel	6	7	-	-	-	13
La Quemada	60	-	-	-	-	60
La Cascada	380	104	-	-	-	484
Tenango	13	-	23	-	50	86
Julián Adame	164	308	5	41	2	520
El Carretero	-	325	121	-	-	446
El Salitre	10	-	1	-	-	11
El teniente	24	-	-	-	-	24
Las Masitas	48	-	-	-	-	48
San Miguel de la Presa	170	-	-	-	-	170
San Antonio de las Huertas	119	-	-	-	-	119
San Francisco de la Sierra	30	-	-	-	-	30
Ciénega Grande	-	-	-	-	-	-
Los planos	-	-	-	-	-	-
Loma larga	48	-	-	-	-	48
Rincón del Capón	-	-	-	-	-	-
La Yegua	-	-	-	-	-	-
Las Minas	-	-	-	-	-	-
La Saladita	142	-	-	-	-	142
Las Lecheras	-	-	-	-	-	-
Las Tinajas	-	-	-	-	-	-
El Chique	25	48	35	116	-	224
El Uncidero	20	-	-	-	-	20
Río San Miguel	137	-	-	-	-	137
Arroyo las Palomas	3	-	48	-	-	51
Arroyo la Quemada	170	2	-	-	-	172
Presa las Palomas	70	18	80	-	-	168
Bordo el Terrero	45	-	-	-	-	45
Presa la Barranquita	27	-	-	-	-	27
Francisco Murguía	-	-	-	-	-	-
Río Juchipila	-	-	-	-	-	-
Mesa los Bueyes.	-	-	-	-	-	-
	1711	812	313	157	52	3045

Clasificación de los cuerpos de agua y/o de las localidades donde se realizaron los muestreos y las colectas

Entre los cuerpos de agua en los que se realizaron los muestreos, veinte son del tipo Arroyos naturales estacionales, y la mayoría con ambiente léntico; algunos presentaron corrientes en zonas estratégicas. De los 20 Arroyos, siete tuvieron un grado de disturbio considerable, hallándose basura, detergentes disueltos y aceites. El resto de los Arroyos, localizados en altitudes mayores o en zonas poco accesibles de la Sierra, conservan un aspecto de menos disturbio debido a que el establecimiento urbano es casi nulo en aquellas regiones. En Arroyos secos no se detectó disturbio durante las visitas al campo, ya que los asentamientos humanos en esas zonas son casi nulos.

● Arroyos naturales estacionales, lénticos, con mayor grado de disturbio; zonas en proceso de eutroficación:

La Saladita	Arroyo las Lecheras
Arroyo las Palomas	San Francisco de la Sierra
Arroyo la Quemada	San Antonio de las Huertas
Francisco Murguía	

● Arroyos naturales, estacionales y de ambiente léntico, con grado mínimo de disturbio, principalmente zonas oligotróficas:

Arroyo San Miguel de la Presa	Loma Larga
Arroyo Rincón del Capón	Arroyo Ciénega Grande
Arroyo la Yegua	Arroyo los Planos
Arroyo las Masitas	El Peñasco
Arroyo las Minas	Mesa los Bueyes
Arroyo el Teniente	Las lagunas

Se localizaron cuatro Ríos naturales permanentes con ambiente léntico y con disturbio debido a los asentamientos humanos de las cercanías. Dos Ríos naturales permanentes con ambiente lóxico

● Ríos naturales permanentes y de ambiente léntico, zonas 100% eutróficas:

Río San Cristóbal (con disturbio)
El Laurel, Genaro Codina (con disturbio)
Río San Miguel, Villanueva (con disturbio)

- Zona en proceso de eutroficación: El Uncidero (sin disturbio)

● Ríos naturales permanentes y de ambiente lóxico, zonas eutróficas:

El Salitre (Río Juchipila), Zac. (con disturbio)
La Cascada, Genaro Codina, Zac (con disturbio)

Se muestreó también en siete Presas artificiales permanentes y todas con ambiente léntico a excepción de momentos en que el agua rebasa la capacidad de la Presa, o al estar abiertas las compuertas. Presentaron un grado mínimo de disturbio aquellas Presas localizadas en sitios no cercanos a asentamientos humanos y/ o en aquellas en las que la asistencia de grupos de personas a realizar actividades recreativas no es frecuente. Finalmente en un bordo permanente artificial y con ambiente léntico también se colectaron caracoles.

● Presas artificiales, permanentes y con ambiente léntico; en proceso de eutroficación

Presas La Quemada.	Presas La Barranquita, las Tinajas
Presas de Tenango, Villanueva Zac	Presas las Palomas
Presas el Carretero, Zac	Presas El Chique

- Zona oligotrófica

Presas Julián Adame, Zac. Se clasifica así por la poca afluencia de materia orgánica en descomposición, sin embargo, el impacto humano es cada vez mas frecuente.

● Bordo permanente artificial y con ambiente léntico:

Bordo el Terrero, en proceso de eutroficación.

Familias de gastrópodos encontrados.

Se encontraron un total de cuatro Familias de gastrópodos en la zona de estudio, pertenecientes al Orden Basommatophora: Planorbidae, Physidae, Lymnaeidae y Ancyliidae. Entre las familias se detectó un total de seis géneros, cinco especies y cuatro subespecies de *Physella virgata*. Solamente no se determinaron a especie los ejemplares de los géneros *Ferrisia* y *Laevapex*. El sistema de clasificación en el cual se apoya este estudio es el de Burch (1982), Burch & Cruz-Reyes (1987) y Thompson FG (1984).

Todos estos ejemplares forman parte de la Colección de Gastrópodos en el Departamento de Ecología e Inmunobiología de la Unidad de Biología Experimental y están ordenados e identificados a especie. Se tiene un registro de la información básica de cada ejemplar, siendo su numeración de tipo cronológico y acomodados de acuerdo a la fecha de captura. Se tienen agrupados los representantes de cada taxón de una misma localidad. El catálogo también se realizó de forma cronológica y cada grupo de caracoles se tiene numerado. El manejo que se les ha dado a los ejemplares permite la conservación y disponibilidad de los mismos.

Las medidas de identificación y cuidado de los ejemplares, mencionados arriba corresponden con las que se proponen en el libro: Manejo y Mantenimiento de colecciones Mastozoológicas (Pulido RJ *et al*, 1989) Se ha realizado una adaptación de acuerdo al tipo de organismos.

Clasificación

Phylum: Mollusca

Clase: Gastropoda

Subclase: Pulmonata (Cuvier, 1817)

Orden : Basommatophora

Familia: Physidae

Género: *Physella* (Gould 1850)

Especie: *Physella virgata virgata*

Physella v. berenti (Fischer and Crosse, 1885)

Physella v. mexicana (Phillippi)

Physella v. parva (Lea, 1864)

Familia: Planorbidae (Rafinesque, 1815)

Subfamilia Planorbinae (Rafinesque, 1815)

Género: *Planorbella* (Hadelman, 1842)

Especie: *Planorbella tenue* (Dunker, 1850)

Género: *Micromenetus*

Especie: *Micromenetus dilatatus* (Gould, 1841)

Familia: Lymnaeidae

Género: *Fossaria* (Westerlund, 1885)

Especie: *Fossaria obrussa* (Say, 1825)

F. bulimoides techella (Haldeman, 1867)

Familia: Ancyliidae

Género: *Ferrissia* spp

Género: *Laevapex* spp

Familia: Physidae

Características que describen al género *Physella spp* (Haldeman, 1843)

Sin opérculo; con concha enrollada en espiral levantada. Cuerpo del animal y concha levógiros. Borde del manto digitado. Las digitaciones ocurren solamente en el lado parietal del manto. Ampliamente distribuido y común en Norte América.

Familia: Planorbidae

Características que describen al género *Planorbella spp* (Dunker, 1850)

Sin opérculo, caracol con concha enrollada en espiral aplanada. Concha grande, la de los adultos de 8 mm y hasta mas de 30mm en diámetro. Concha gruesa, usualmente sólida, la vuelta del cuerpo puede o no estar relativamente deprimida, frecuentemente elevada. Cuerpo de la espira sin lamelas. Concha con muchas espiras que no se incrementan rápidamente en tamaño; cuerpo de la espira no desproporcionadamente largo. Espira de la concha (lado izquierdo) no muy hundida. Frecuentemente con una depresión cónica profunda. Vuelta del cuerpo redondeada o angulada.

Características que describen al género *Micromenetus dilatatus* (Gould, 1841)

Animal sin opérculo: caracol con concha enrollada en espiral aplanada, con espira hundida. Concha pequeña, discoidal, los adultos apenas alcanzan 4 mm en diámetro. Concha quillada o fuertemente angulada en la periferia. Estriaciones espirales débiles presentes en la superficie de las estriaciones de crecimiento. Concha con 3 espiras. Ombligo estrecho. Las espiras del cuerpo se expanden relativamente rápido en diámetro. La periferia de la última espira angular.

Familia: Lymnaeidae

Características que describen al género *Fossaria* (Pfeiffer, 1839)

Apertura sin opérculo. Concha enrollada en espiral levantada. Animal y concha dextrógiros. Concha del animal adulto mediana, generalmente de menos de 13 mm de altura, no es delgada ni frágil. Apertura oval, cerca de 0.75 veces alto y ancho. Las espiras y el cuerpo de la espira redondeados uniformemente.

Familia: Ancyliidae

Características que describen a la familia Ancyliidae.

Animal sin opérculo; caracol no enrollado en espiral, concha en forma de plato semejante a un cono obtuso. Ápice de la concha lisa, no estriado radialmente; pseudobranquia con dos lóbulos, el inferior tiene varios dobleces. Ápice ligeramente rombo, dirigido hacia la derecha o línea media de la concha. Tentáculos incoloros.

4. Gráficas en las que se muestran los caracoles colectados por tipo de cuerpo de agua

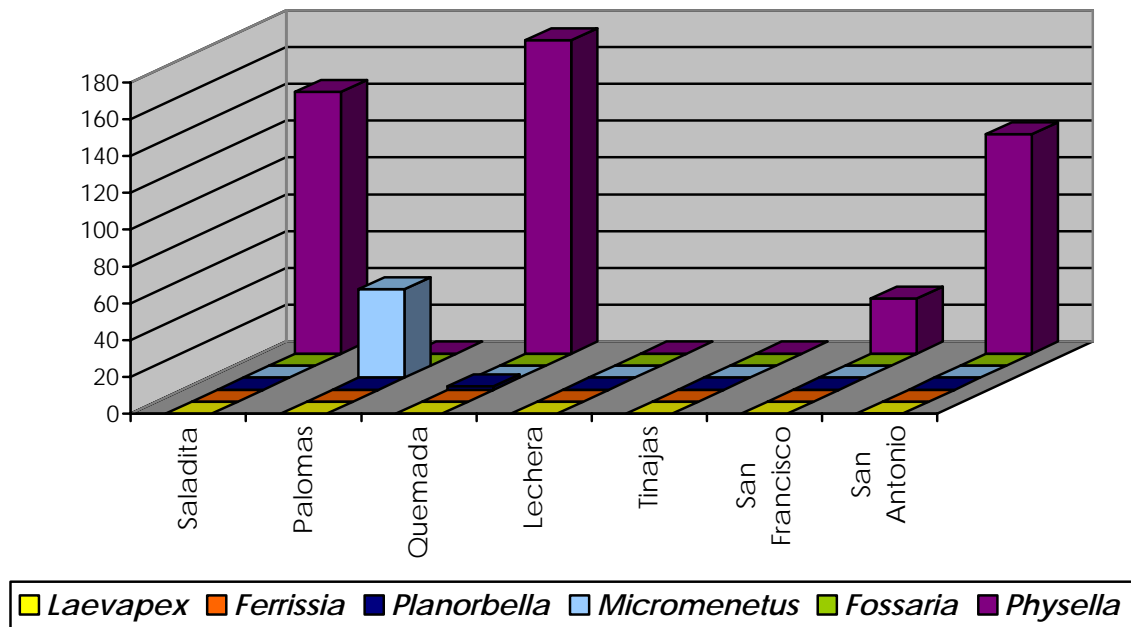


FIGURA 1. ARROYOS DISTURBADOS / GÉNEROS ENCONTRADOS

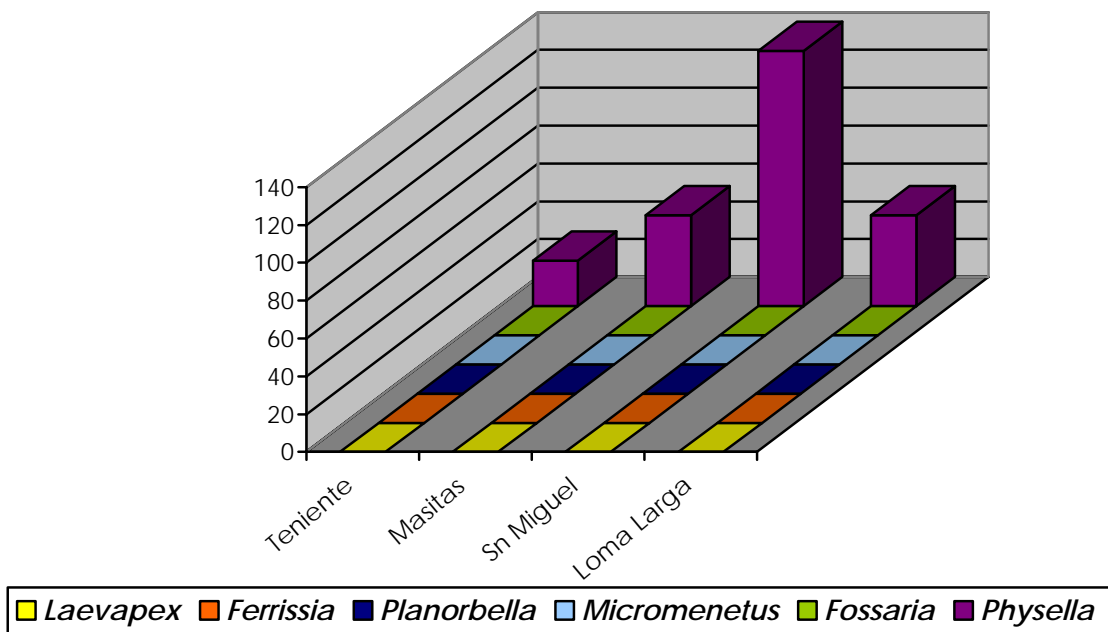


FIGURA 2. ARROYOS POCO DISTURBADOS/ GÉNEROS ENCONTRADOS

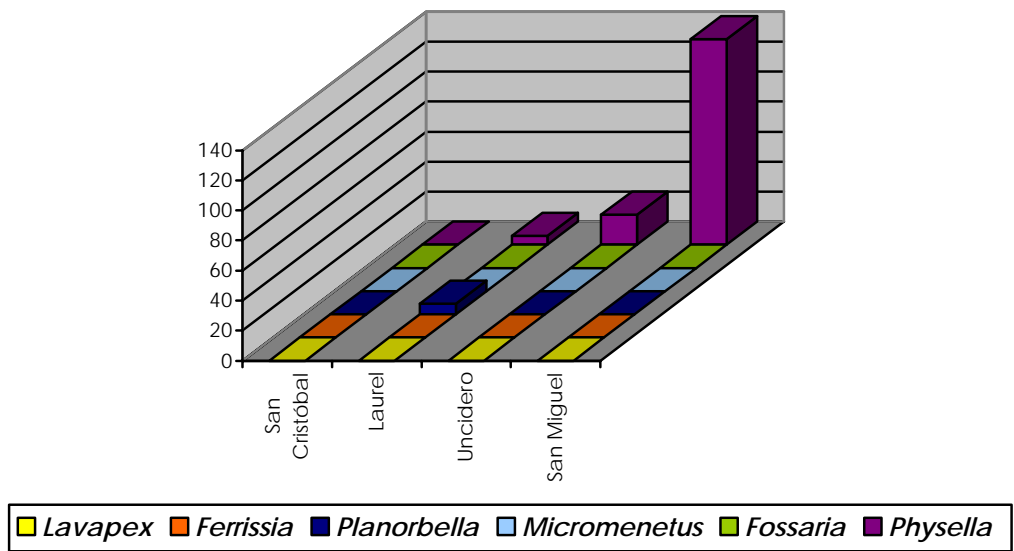


FIGURA 3. RÍOS NATURALES, PERMANENTES Y DE AMBIENTE LÉNTICO/ GÉNEROS ENCONTRADOS

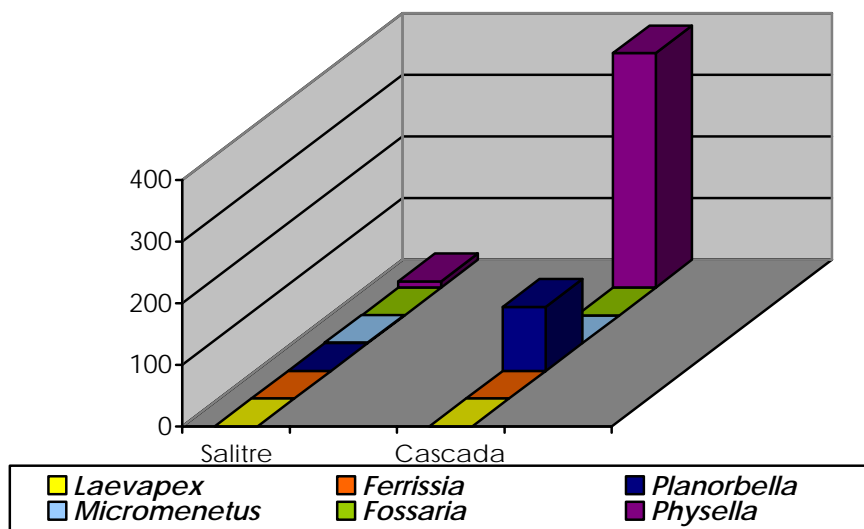


FIGURA 4. RÍOS NATURALES, PERMANENTES, CON ALTO GRADO DE CONTAMINACIÓN Y DE AMBIENTE LÓTICO / GÉNEROS ENCONTRADOS

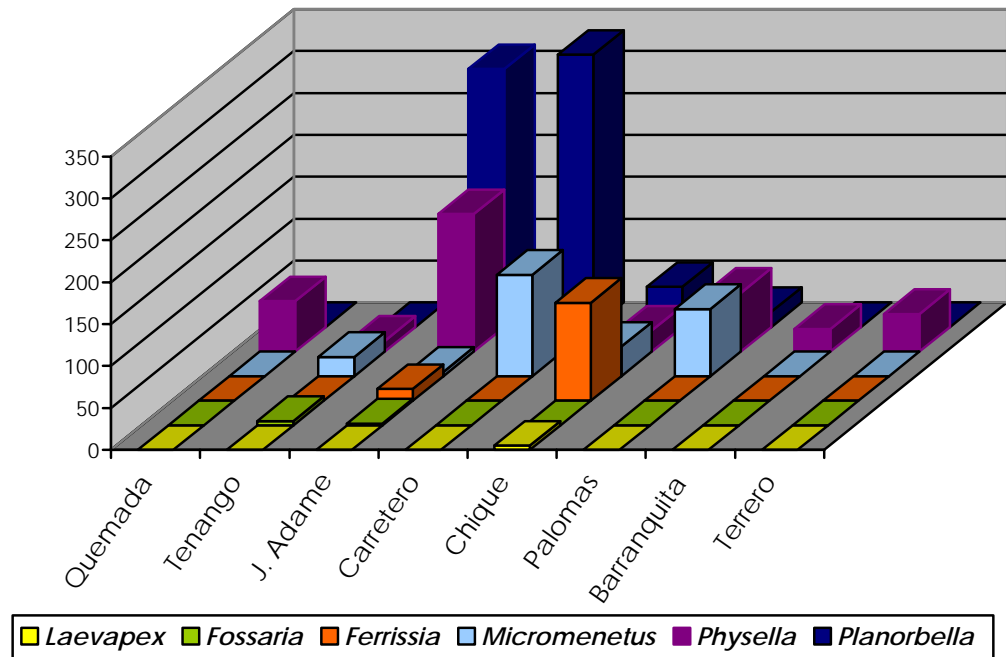


FIGURA 5. PRESAS ARTIFICIALES, PERMANENTES Y CON AMBIENTE LÉNTICO/GÉNEROS ENCONTRADOS.

De acuerdo a las cinco gráficas anteriores, la frecuencia de aparición de caracoles de la especie *Physella virgata* es mayor en los Arroyos que en las Presas. En las Presas es en donde se presentó la mayor cantidad de ejemplares de la especie *Planorbella tenue* así como la mayor frecuencia, en comparación con los caracoles de la especie *Ph. virgata*. Los caracoles de la especie *Micromenetus dilatatus* tienden a encontrarse, cuando presentes, tanto en Ríos como en Arroyos y Presas con una frecuencia mas o menos homogénea en cada sistema.

Tipo de vegetación característico de las localidades donde se realizó la colecta:

CHAPARRAL Y PASTIZAL INDUCIDO (CHPI)

El Laurel, Genaro Codina

La Cascada, Genaro Codina

Total de ejemplares entre las 2 localidades 497

Physella virgata, 386; *Planorbella tenue*, 111

PASTIZAL- HUIZACHAL-NOPALERA (PHN)

Presa la Quemada,

Arroyo LA Quemada

Presa las Palomas

Arroyo las Palomas

Total de ejemplares entre las 4 localidades 451

Physella virgata, 303; *Planorbella tenue*, 20; *Micromenetus dilatatus* 128

MATORRAL CRASICAULE (MC)

Tenango, Villanueva

Total de ejemplares 86

Micromenetus dilatatus, 86

MATORRAL SUBTROPICAL (MST)

Presa Julián Adame

El Salitre

El Chique

El Uncidero

Total de ejemplares entre las 4 localidades 775

Physella virgata 219; *Planorbella tenue* 356; *Micromenetus dilatatus*, 41; Ancyliidae, 157; Lymnaeidae, 2

PASTIZAL NATURAL (PN)

Presa el Carretero

La Saladita

Presa la Barranquita

Total de ejemplares entre las 3 localidades 615

Physella virgata, 169; *Planorbella tenue*, 325; *Micromenetus dilatatus*, 121

BOSQUE DE ENCINO (BE)

Arroyo el Teniente

Arroyo las Masitas

Arroyo San Miguel de la Presa
 Total de ejemplares entre las tres localidades 242
Physella virgata, 242

PASTIZAL INDUCIDO (PI)
 San Antonio de las Huertas
 San Francisco de la Sierra, Palomas viejas
 Bordo el Terrero
 Total de ejemplares entre las tres localidades 194
Physella virgata, 194

AGRICULTURA DE RIEGO CON CULTIVOS ANUALES (ARCA)
 Río San Miguel
 Total de ejemplares 137
Physella virgata, 137

MATORRAL DE MANZANITA (MMAN)
 Loma Larga
 Total de ejemplares 48
Physella virgata, 48

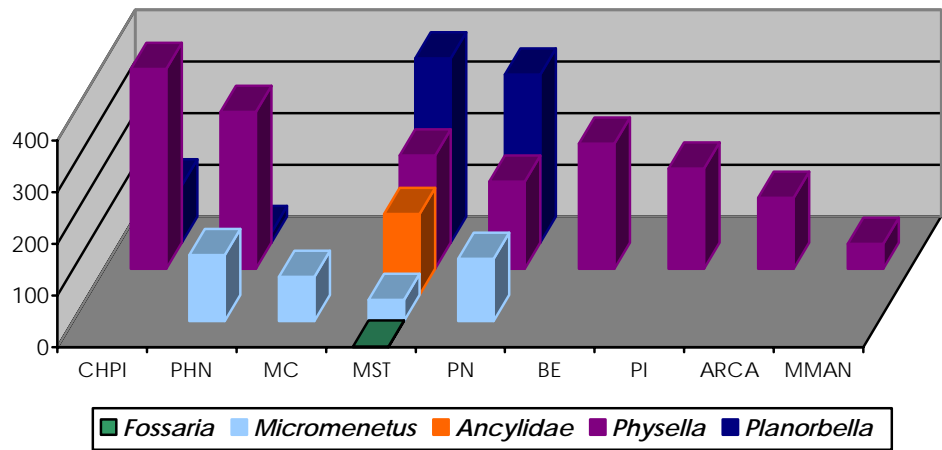


FIGURA 6. TIPO DE VEGETACIÓN QUE SE RELACIONA CON LA MAYOR RIQUEZA ESPECÍFICA DE CARACOLES DE AGUA DULCE EN ALGUNAS REGIONES DE LA SIERRA FRÍA, ZACATECAS,

El tipo de vegetación que se relaciona con la mayor riqueza específica de caracoles de agua dulce en algunas regiones de la Sierra Fría, Zacatecas, es el Matorral Subtropical (MST), seguido de zonas donde existe Pastizal Natural (PN), Pastizal-Huizachal-Nopalera (PHN) y Chaparral-Pastizal Inducido (PHN).

Diversidad específica por localidad•

De todas las localidades, en la Presa de Tenango se registró un valor de 0.268 para el índice de Simpson (1949) que indica poca dominancia interespecífica, y un valor de 1.333 para el índice de Shannon (1948), que refleja la mayor diversidad específica (comparar las tablas 2, 3, 4). En esta localidad se detectaron cuatro especies de caracoles y a pesar de que en la Presa Julián Adame se encontraron siete, el valor para el índice de Shanon es inferior al de la Presa de Tenango; las localidades que también se caracterizan por la diversidad de especies que presentan son en orden descendente el Chique, la Presa Palomas, San Antonio de las Huertas, San Francisco de la Sierra y finalmente, la Cascada. Para los casos del Arroyo el Teniente, Juchipila, Arroyo Palomas, Barranquita, Arroyo San Miguel y Arroyo la Quemada se obtuvieron los valores más bajos en el índice de Shannon, por lo que se consideran sitios con la menor diversidad de caracoles, y no observó diversidad específica en Presa la Quemada, el Uncidero, Río San Miguel, Loma Larga, Bordo el Terrero y la Saladita denotando dominancia específica de acuerdo al índice de Simpson, con el valor más alto = 1.

Tabla 2 Diversidad específica de las localidades Presa de Tenango, Presa Julián Adame, Presa el Chique, Presa Palomas, Arroyo San Antonio de las Huertas, San Francisco de la Sierra y Arroyo la Cascada.

	TENANGO	JULIÁN ADAME	CHIQUE	PALOMAS	SAN ANTONIO HUERTAS	FRANCISCO DE LA SIERRA	CASCADA
NO	4	7	5	3	3	2	2
Margalef(1958)	0.6734994	0.9591176	0.7494092	0.4199763	0.40187	0.314658	0.1617577
Menhinick(1964)	0.4313311	0.3066756	0.3466876	0.2773501	0.2491365	0.4082483	.009902
Simpson(1949)	0.2681259	0.4049609	0.4457915	0.4261716	0.5992338	0.5688406	0.6618928
Shannon(1948)	1.333522	1.214199	1.029812	0.9504468	0.707125	0.6036373	0.5203458
Levins (1968)	3.72959121	2.4693742	2.24320114	2.34647264	1.66879772	1.75796172	1.51081867

Tabla 3 Diversidad específica de las localidades Arroyo el Teniente, Río Juchipila, Arroyo Palomas, Presa la Barranquita, Arroyo San Miguel y Arroyo la Quemada

	ARROYO TENIENTE	JUCHIPILA	ARROYO PALOMAS	BARRANQUITA	ARROYO SAN MIGUEL	ARROYO QUEMADA
N0	2	2	3	2	2	2
Margalef (1958)	0.314658	0.4170324	0.5037413	0.2969742	0.1947117	0.2088776
Menhinick (1964)	0.4082483	0.6030227	0.4120817	0.3713907	0.153393	0.1825742
Simpson (1949)	0.7717391	0.8181818	0.8214804	0.8669951	0.9651236	0.9669468
Shannon (1948)	0.3767702	0.3046361	0.3759565	0.2509548	0.08872	0.084802
Levins (1968)	1.2957747	1.22222225	1.2173145	1.15340906	1.03613672	1.03418306

Tabla 4 Diversidad específica de las localidades Presa la Quemada, el Uncidero, Río San Miguel, Loma Larga, Bordo el Terrero y la Saladita.

	PRESA QUEMADA	UNCIDERO	RÍO SAN MIGUEL	LOMA LARGA	TERRERO	SALADITA
N0	1	1	1	1	1	1
Margalef (1958)	0	0	0	0	0	0
Menhinick 1964)	0.1290994	0.2236068	.08540	0.1443376	0.1490712	.8392
Simpson (1949)	1	1	1	1	1	1
Shannon (1948)	0	0	0	0	0	0
Levins (1968)	1	1	1	1	1	1

Distribución de los caracoles en la Sierra Fría, Zacatecas.

En el transcurso de los 18 meses en que se ha desarrollado el proyecto, se observaron en el campo condiciones climáticas fluctuantes. Estas variaciones claramente afectaron el comportamiento de las poblaciones de los caracoles de agua dulce de la Sierra Fría en estudio. La altitud y los diferentes grados de disturbio en el hábitat así como la vegetación acuática sumergida, y la emergente también son factores relacionados con su distribución. El número de ejemplares encontrado no supera a la densidad poblacional esperada, planteada al inicio del proyecto.

Altitudes a las que se encontró a las diferentes familias:

Physidae

Physella virgata : 1403- 2500 msnm

Planorbidae

Planorbella tenue 1403-2245 msnm

Micromenetus dilatatus 1403-2070 msnm

Lymnaeidae

Fossaria obrussa, *Fossaria bulimoides techella* 1403-1950 msnm

Ancylidae

Laevapex sp, *Ferrissia sp* 1403-1610 msnm

En la mayoría de los sitios de muestreo, la familia de caracoles representativa es la Physidae, caracterizándole su densidad poblacional y distribución altitudinal mayores. En segundo término se encuentra la familia Planorbidae. A pesar de que la Familia Ancyliidae se encontró en una altitud de menor rango, presentó mayor densidad poblacional que caracoles que la Familia Lymnaeidae, cuyo rango de distribución altitudinal es mayor que la anterior.

En los cuerpos de agua con niveles de contaminación notorios, el establecimiento de caracoles de la familias Physidae y Planorbidae es frecuente y la densidad poblacional elevada. El grado del disturbio en los cuerpos de agua se midió con relación al uso que se les da en las diferentes comunidades, en algunas de las cuales predominan los detergentes en Ríos y en Arroyos; también funcionan como vertederos de desechos provenientes de las zonas urbanas cercanas y como sitios de depósito de basura por los pobladores así como visitantes ocasionales. Los cuerpos de agua de este tipo también se caracterizan por ser predominantemente de ambientes lénticos. Las rocas son una condición importante en la distribución de estos organismos ya que les sirven de resguardo, se encontraron sitios en los que la cantidad de caracoles y de ovoposiciones adheridas a las mismas fue elevada; la formación de algas constituye también una fuente de alimento más. Normalmente la acumulación de materia orgánica en descomposición en grandes cantidades en los sistemas de agua dulce sugiere la

presencia de una gran actividad por bacterias, que aunado a la presencia de algas y otras plantas, ocasionan una depleción considerable del oxígeno en el sistema acuático. Este fenómeno presupondría un incremento en el índice de mortalidad en una gran variedad de invertebrados, incluyendo a los gastrópodos, sin embargo en al menos cinco, de la totalidad de las localidades muestreadas se encontró a caracoles de las familias Planorbidae y Physidae a pesar del elevado grado de eutroficación. De acuerdo a lo anterior, estos moluscos pueden considerarse como bioindicadores de contaminación ambiental y a la vez juegan un papel importante como huéspedes intermediarios de tremátodos, cuya naturaleza aun se desconoce (especies de parásitos que se instalan en los caracoles que no pertenecen a la familia Lymnaeidae, transmisores de *Fasciola hepatica*). En lugares con bajos niveles de materia orgánica en descomposición, temperaturas en el agua muy bajas, ambientes lóuticos y aguas poco turbias el hallazgo de estos caracoles resultó eventual, incluso en sitios donde la abundancia de rocas es notoria. En estos casos no se observó el establecimiento de algas en las rocas.

Los caracoles de la especie *Micromenetus dilatatus* de la Familia Planorbidae se encontraron en cuerpos de agua con rocas, principalmente en las sumergidas en suelos arcillosos/arenosos que tuviesen algas establecidas. También se les localizó sobre troncos inmersos en el agua que por lo regular eran turbias. Abundantes en los Arroyos y pocos en las orillas de las Presas. Presentaron una distribución agrupada, aunque tuvieron que recorrerse distancias largas entre punto y punto de colecta antes de encontrárseles. Aparentemente los organismos de este género ocupan el tercer sitio en cuanto a abundancia, sin embargo, esto no se puede asegurar porque caracoles de la Familia Lymnaeidae habitan sitios completamente arcillosos, incluso se entierran y resulta más difícil el hallarlos en estas condiciones.

Familia Ancyliidae. Los caracoles de agua dulce de este taxón habitan sitios con rocas abundantes, en el estudio realizado siempre se encontraron algas establecidas en las mismas y el ambiente característico es de tipo léntico. Por lo regular se les encontró en pequeños grupos de dos a cinco individuos, manteniendo la frecuencia de aparición a lo largo de transectos de 10 hasta 15 metros. Los cuerpos de agua regularmente se encontraron sin contaminación por productos químicos como detergentes o basura, pero si conteniendo materia orgánica de ganado y humus típico de cada hábitat en descomposición. Se les encontró principalmente en aguas no turbias.

A diferencia de las preferencias de hábitat de las familias anteriores, según lo observado, los caracoles de la Familia Lymnaeidae se localizaron en sitios arcillosos, entre las rocas que cuando presentes, con una gran cantidad de algas establecidas. Turbidez en el agua. También se les encontró en grupos pequeños y casi siempre enterrados o fijos a las rocas y sumergidos en el agua. La distribución y frecuencia de aparición en estos sitios ocasional.

En relación con la cantidad de individuos encontrados en cada localidad-sitios de colecta, se observa que la frecuencia de aparición de las especies es positiva en la mayoría, manteniéndose un cierto equilibrio intra e interespecífico, de acuerdo a las condiciones que se presenten ya que algunos factores favorecen la presencia y/o dominancia de determinadas especies sobre otras.

En la mayoría de las muestras de cieno, arena y vegetación acuática sumergida que se tomaron en el campo y que se revisaron en el laboratorio no se encontraron caracoles, pero sí hirudíneos y organismos pertenecientes a otros Filos.

Los caracoles de las Familias Planorbidae y Physidae interactúan considerablemente ya que en la mayor parte de las localidades se les encontró cohabitando la misma zona, aunque *Physella virgata* tuvo un papel dominante en cuanto a mayor ocupación de la vegetación acuática sumergida y también en número de individuos, sin embargo sí se localizaron regiones en las que los planorbidos rebasaron el número de los anteriores.

Descripción de las condiciones climáticas que se presentaron en las zonas de muestreo de la Sierra Fría y frecuencia de aparición de las familias de gasterópodos.

En Enero y Febrero de 1998 se presentó en el campo sequía extrema como consecuencia de las bajas temperaturas en los meses de Octubre a Diciembre de 1997. Resalta el mes de Diciembre por los estragos en la vegetación debido a las precipitaciones en forma de aguanieve y nevadas, afectando también el cauce de los Ríos por la escasez de lluvia. El nivel del agua en las Presas que se visitaron fue bajo. Durante este periodo no existieron las condiciones climáticas adecuadas que favoreciesen el incremento de las poblaciones de caracoles de agua dulce en el campo, de hecho estos cambios tan bruscos fueron inesperados. Por estos factores resultó difícil acceder a lugares programados en las partes altas de la Sierra, sin embargo se realizaron colectas en cuerpos de agua a los que llegan escurrimientos de la Sierra y cuyas características topográficas son menos escarpadas. Se muestra la figura 7, en la que se observa que el mayor número de ejemplares recolectados, pertenece a la familia Physidae, por lo que se le considera representativa, seguida por la Planorbidae y al final la Lymnaeidae. La localidad en la que se encontró una mayor densidad de organismos fue la Cascada, Genaro Codina, seguido de las Presas Julián Adame y la Quemada. En estos lugares desembocan diferentes Ríos cuyo cauce se encuentra en la Sierra Fría. Se encontraron caracoles de la especie *Micromenetus dilatatus* en Tenango, Julián Adame, Presa el Carretero y el Salitre. El número de localidades en las que se muestreó fue de 10 durante este periodo.

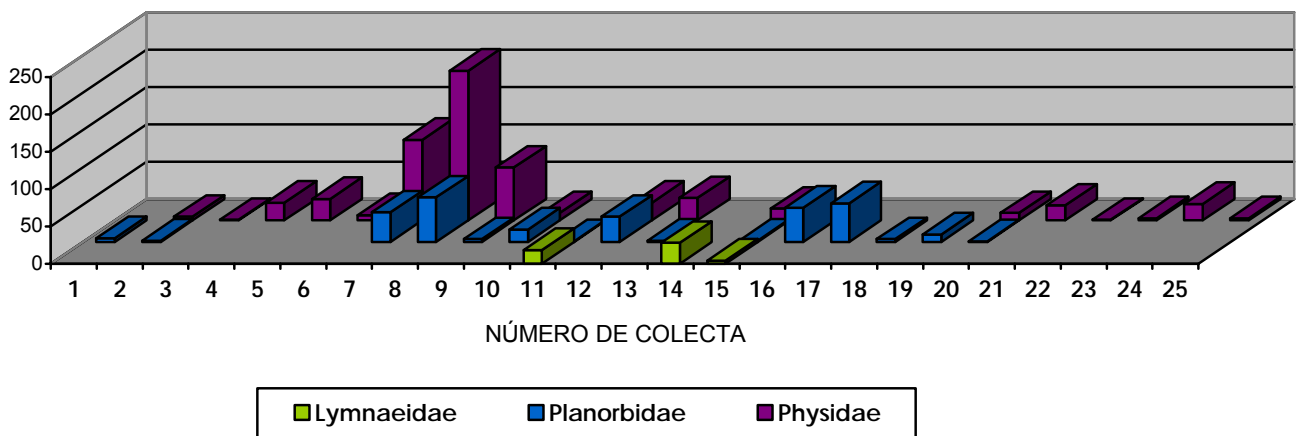


FIGURA 7. RECOLECTAS REALIZADAS DEL 22 DE ENERO AL 21 DE FEBRERO DE 1998

De las recolectas realizadas del 18 de abril al 27 de junio de 1998 (un total de 11 localidades visitadas), solo en San Antonio de las Huertas y San Francisco de la Sierra fueron los sitios en los que se encontraron caracoles. A pesar de que esa temporada es por lo general de clima cálido y de lluvias frecuentes, estas últimas no se presentaron en ese año y las poblaciones de caracoles no se vieron incrementadas debido a que no hubo recuperación de los cuerpos de agua, antes bien, la situación en el campo se tornó tan crítica que se presentaron incendios forestales. Se observaron asentamientos humanos cerca de las localidades, lo que sugiere cierto grado de contaminación en el hábitat y mayor cantidad de materia orgánica en descomposición. En la figura 8 se observa que la Familia Physidae es la representativa en cuanto al número de ejemplares recolectados.

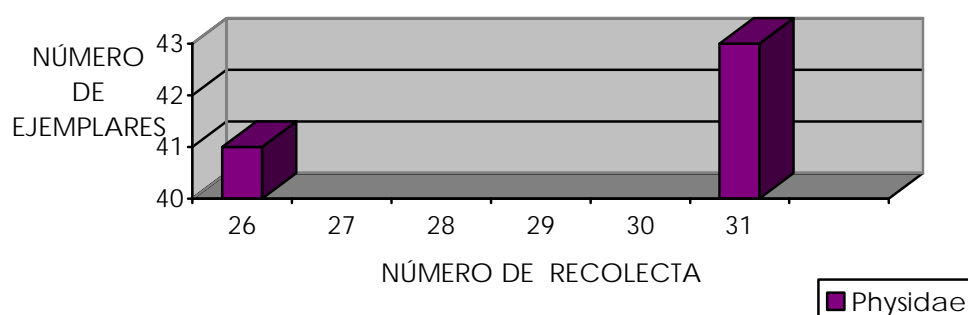


FIGURA 8. RECOLECTAS REALIZADAS DEL 18 DE ABRIL AL 27 DE JUNIO DE 1998.

Durante los meses de Agosto y Septiembre hubo una temporada con clima húmedo y con bajas temperaturas y a pesar de esto los niveles de agua en los diversos embalses se vieron favorecidos, hallándose algunos de ellos llenos a su capacidad. En el caso específico de la Presa Palomas esta condición no favoreció la presencia de caracoles en las orillas debido al oleaje generado por el viento, la presencia de gran cantidad de troncos en el agua que habían sido arrastrados por la corriente, turbidez debida a la remoción del suelo del fondo, y poca incidencia solar, además de que durante la temporada de sequía las poblaciones de caracoles habían disminuido y apenas comenzaban su establecimiento en este tiempo, sin embargo, en el Arroyo las Palomas se encontraron caracoles de la especie *Micromenetus dilatatus*. En este periodo de recolecta (del 15 de Agosto al 21 de Noviembre de 1998), la predominancia de caracoles de la familia Physidae se observó nuevamente, recolectándose el mayor número de ejemplares en el Río San Miguel de la Presa, donde también se encontraron ejemplares de la Familia Planorbidae. En la figura 9 destaca el predominio de caracoles de la familia Physidae durante el cuatrimestre Agosto - Noviembre de 1998, seguida por caracoles de la familia Planorbidae. En este caso se realizaron siete salidas al campo y de las 15 localidades muestreadas, solo en siete de ellas se encontraron caracoles.

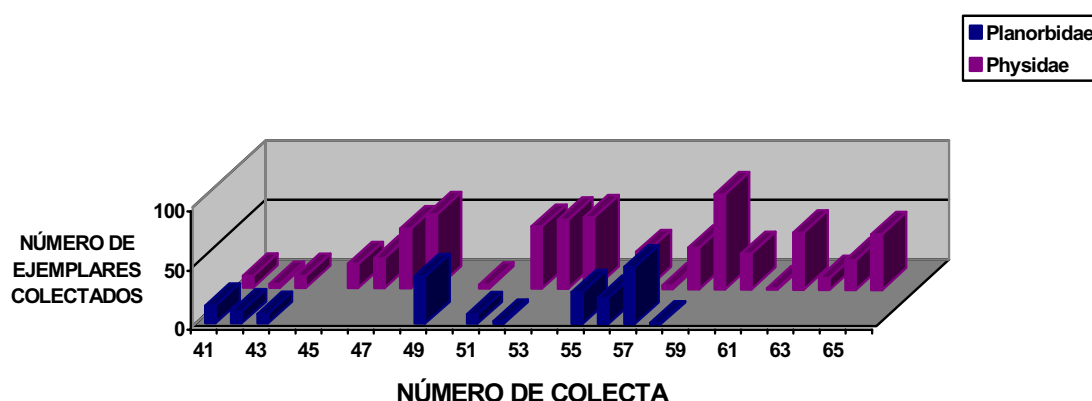


FIGURA 9. RECOLECTAS REALIZADAS DEL 15 DE AGOSTO AL 21 DE NOVIEMBRE DE 1998

.. Durante los meses de febrero a mayo de 1999 se observó mejoría tanto en el clima como en las condiciones del hábitat, por ejemplo, se presentaron mayores porcentajes de humedad y temperaturas moderadas, definiendo un clima cálido-húmedo así como el restablecimiento de la vegetación y poblaciones animales respectivamente. La familia Planorbidae prevaleció en las recolectas realizadas durante el periodo Febrero – Abril de 1999. Se visitaron un total de ocho localidades y en la Presa El Chique se detectó el mayor número de ejemplares de la especie *Planorbella tenue*.

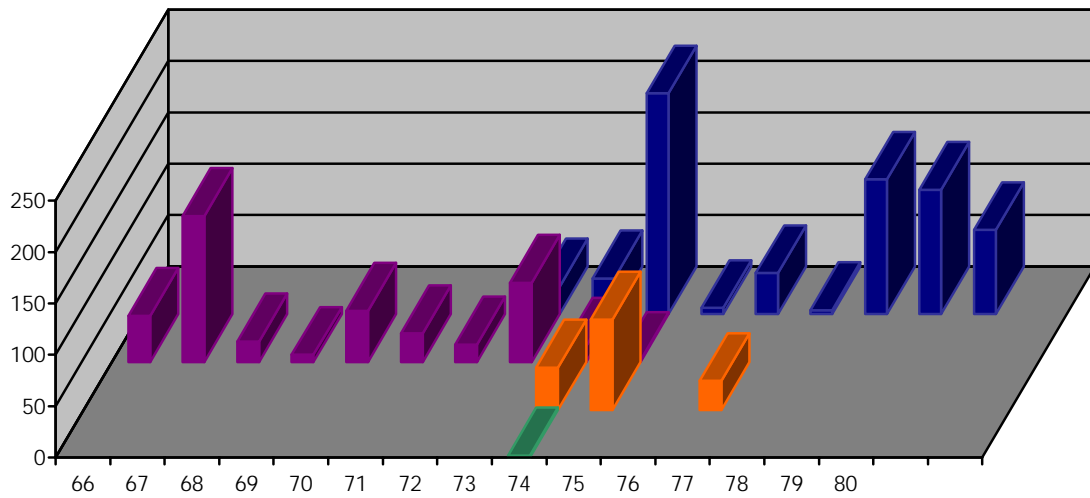


FIGURA 10. COLECTAS REALIZADAS DEL 27 DE FEBRERO AL 24 DE ABRIL DE 1999

En la figura 11 se presenta el total de los ejemplares encontrados de cada género en las localidades visitadas en los meses que se mencionan. Por la frecuencia de aparición, los caracoles de la especie *Physella virgata* son los que se pueden tomar como representativos para la región de la Sierra Fría, en el estado de Zacatecas. La densidad poblacional se registró como la mas alta para los caracoles pertenecientes a esta familia en comparación con los individuos de las restantes; el clima que les favorece es el frío.

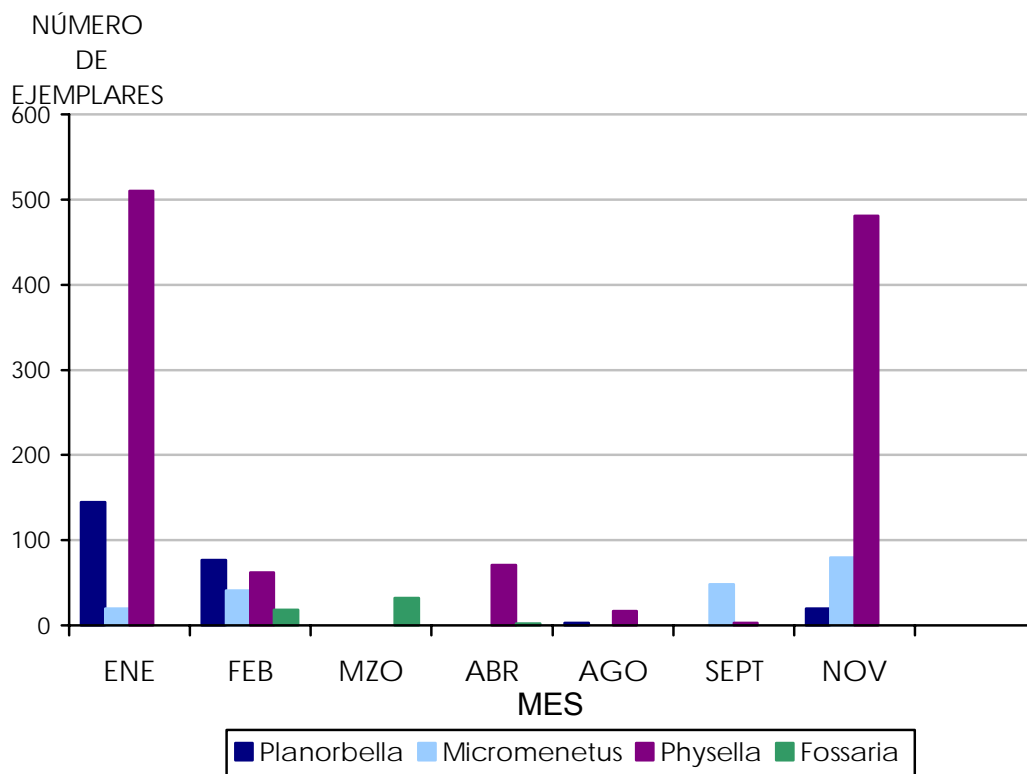


FIGURA 11. FRECUENCIA DE CARACOLES EN 1998 EN LAS LOCALIDADES MUESTREADAS.

En la figura 12 se muestra el número total de caracoles de cada género encontrados durante 1998 y 1999 en las diferentes localidades en las que se realizaron las colectas. Se observa al final el total de los caracoles de cada género encontrados, durante los dos años.

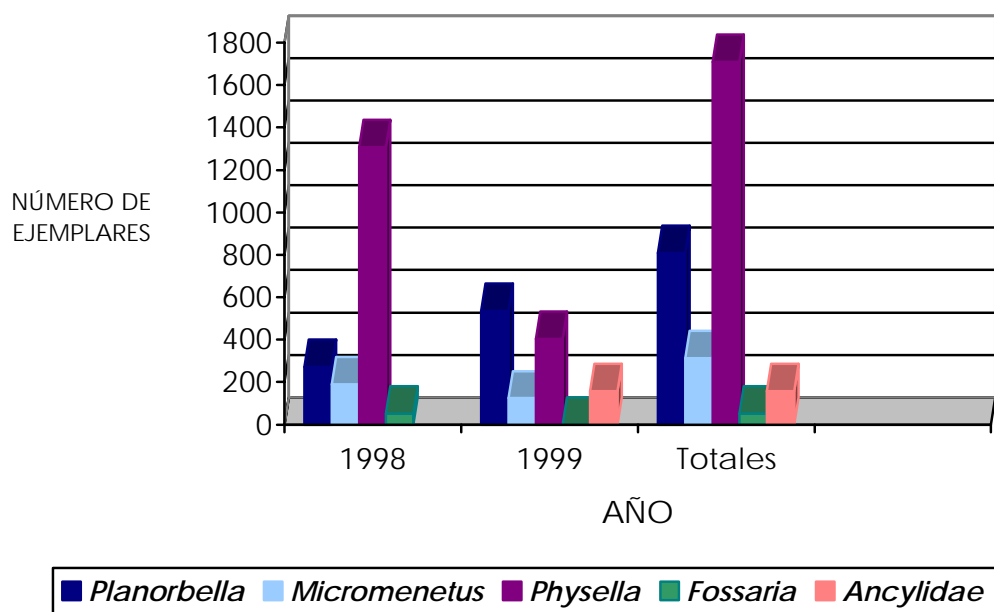


FIGURA 12. CARACOLES POR AÑO

Se visitó la localidad de Mesa los Bueyes en Marzo del año 2000; no se encontró agua en los Arroyos, por lo que no se localizaron ni conchas, ni caracoles vivos.

NIVEL EN EL QUE SE ENCUENTRAN LOS EJEMPLARES.

El cálculo del porcentaje de la colección (esperados) se hizo de acuerdo al número total de localidades visitadas, suponiendo que en cada una de ellas se encontraría un número de 120 caracoles por colector, habiendo por lo regular tres colectores en cada localidad. Se presenta el número de organismos que se registraron en la base de datos, es decir, el total de organismos al momento de las colectas; no se consideran el total de 4893 reportado anteriormente, ya que estos son caracoles y/o conchas que se acumularon al ser tratados bajo condiciones de laboratorio, *a posteriori*, a las colectas realizadas. En la tabla 5 se muestra el número de los organismos recolectados y registrados en la base de datos:

Tabla 5 número de los organismos recolectados y registrados en la base de datos

Nivel de Curación	# especímenes (actuales)	% total de la colección	# especímenes (esperados)	% total de la colección (esperados)	% del total en la colección (ideal)
1					
2					
3	3045	45%	6720	100%	45%
4					
5					
6					
7	3045	45%	6720	100%	45%
TOTAL	3045	45%	6720	100%	45%

Los resultados obtenidos de este proyecto cumplen satisfactoriamente con los objetivos planteados en el mismo. Se tienen nuevos datos de este grupo, tanto en cuanto a Distribución como Taxonomía de los mismos. El reporte que aquí se presenta de la familia Ancyliidae es el primero para la región, así también para los caracoles de las especies *Physella virgata*, *Fossaria obrussa*, *Fossaria Bulimoides techella*, *Planorbella tenue* y *Micromenetus dilatatus*, este último no reportado ni registrado al nivel nacional.

ELECTROFORÉISIS EN GELES DE POLICARILAMIDA - DUODECIL SULFATO DE SODIO (SDS- PAGE, por sus siglas en inglés).

Se realizaron corrimientos electroforéticos de caracoles de agua dulce de la especie *Physella virgata* pertenecientes al Arroyo San Miguel de la Presa, Presa la Quemada, Presa Julián Adame, Arroyo San Antonio de las Huertas, Presa de Tenango, Río el Laurel, Arroyo el Teniente, Presa el Carretero, Arroyo San Francisco de la Sierra, El Chique, Arroyo la Quemada, Presa las Palomas, Bordo el Terrero, la Saladita, localizadas en y cerca de la Sierra Fría, Zacatecas. También se realizaron corrimientos electroforéticos de caracoles del género *Planorbella tenue* recolectados en la Presa del Chique. La cantidad de proteína en $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ encontrada en promedio para las muestras de cuerpos completos fue de ~ 1.9 y $2.3 \mu\text{g}/\mu\text{l}$. En cada carril de los geles se emplearon $60 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ de las muestras para realizar los corrimientos. Los pesos moleculares de las bandas proteicas en estudio se obtuvieron mediante el cálculo de su movilidad relativa, con la ecuación de Roy y se confirmaron con el programa Kodak Digital Science 1D,

Ecuación de Roy:

$$A_0 = \frac{(y)(x^2) - (x)(xy)}{N(x^2) - (x)^2}$$

$$A_1 = \frac{N(xy) - (x)(y)}{N(x^2) - (x)^2}$$

Donde:

$$x = Rf_{(1..n)}$$

$$y = \log \text{PM}$$

N = número de marcadores de peso molecular conocido

$$Rf_{a(1..n)} = \frac{\text{Movilidad relativa del peso molecular conocido}}{\text{Frente de corrimiento}}$$

$$\text{Log Peso Molecular} = A_1 (Rf_b) + A_0$$

$$Rf_{b(1..n)} = \frac{\text{Movilidad relativa del peso molecular desconocido}}{\text{Frente de corrimiento}}$$

Para encontrar el peso molecular en Daltones se obtiene el antilogaritmo en la última ecuación.

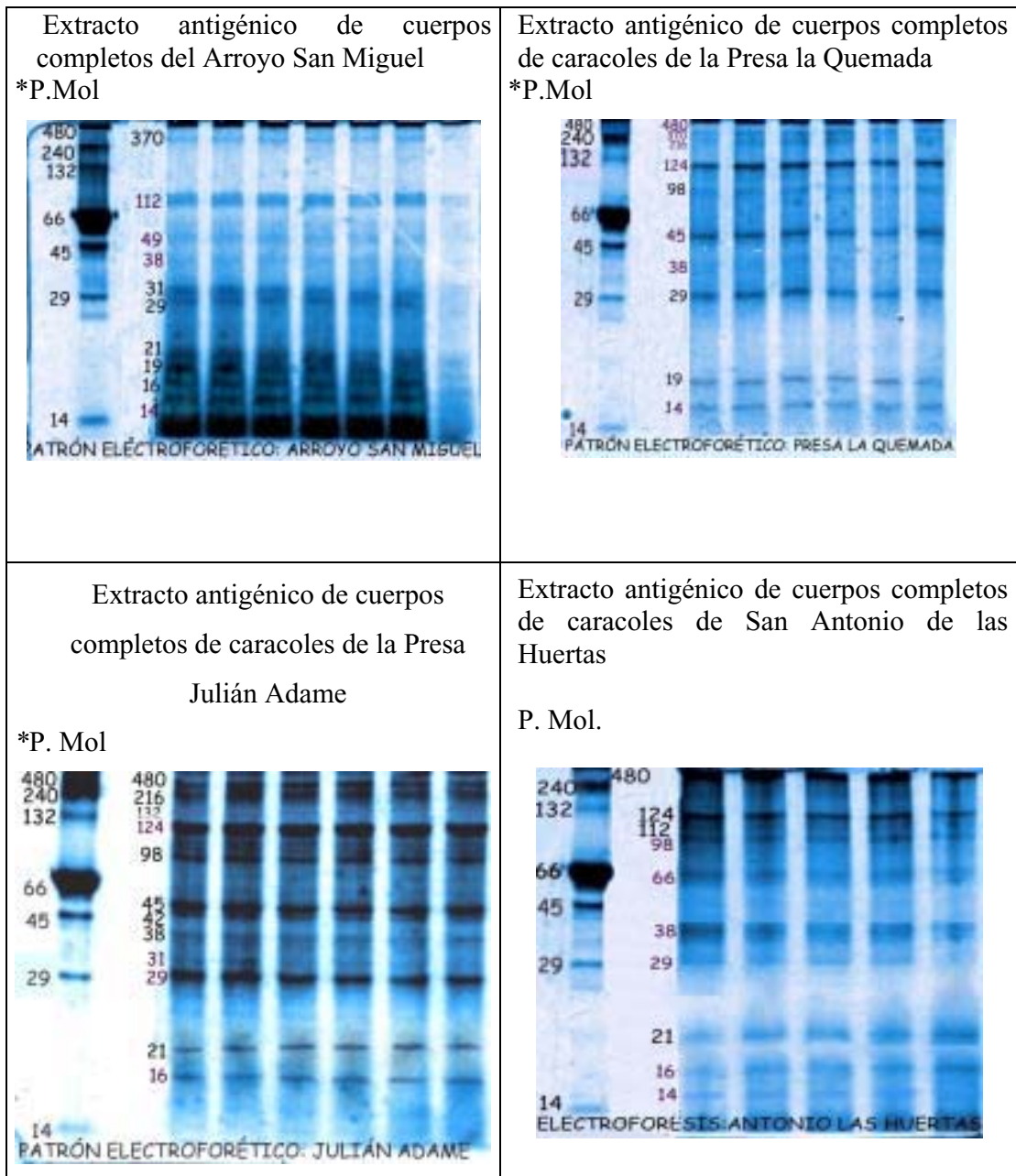


FIGURA 13 SDS-PAGE DEL EXTRACTO DE CUERPOS COMPLETOS DE CARACOLES DEL ARROYO SAN MIGUEL DE LA PRESA, DE LA PRESA QUEMADA, DE LA PRESA JULIÁN ADAME Y DEL ARROYO SAN ANTONIO DE LAS HUERTAS.

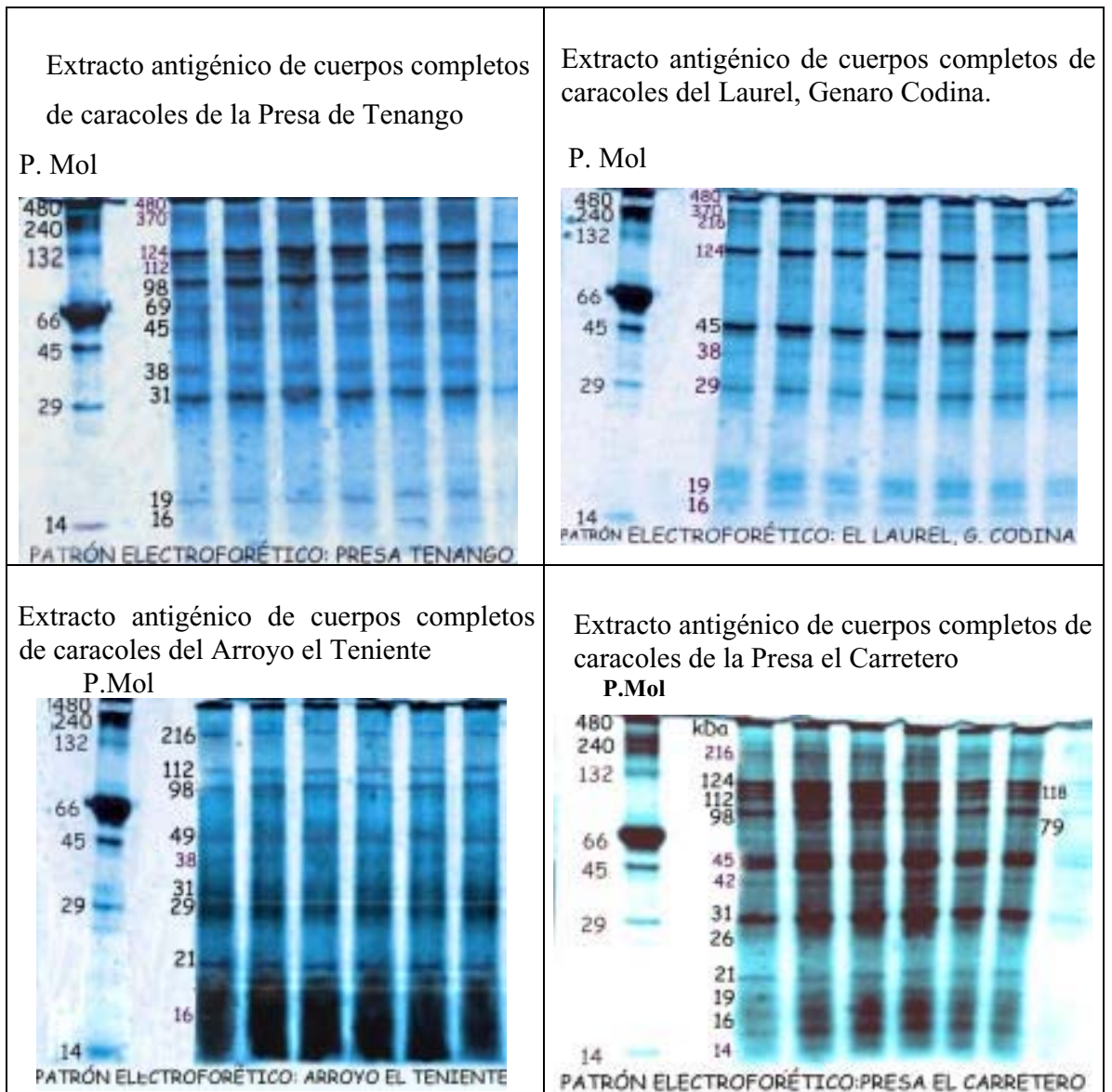


FIGURA 14 SDS-PAGE DEL EXTRACTO DE CUERPOS COMPLETOS DE CARACOLAS DE LA PRESA DE TENANGO, DEL LAUREL, DEL ARROYO EL TENIENTE Y DE LA PRESA EL CARRETERO.

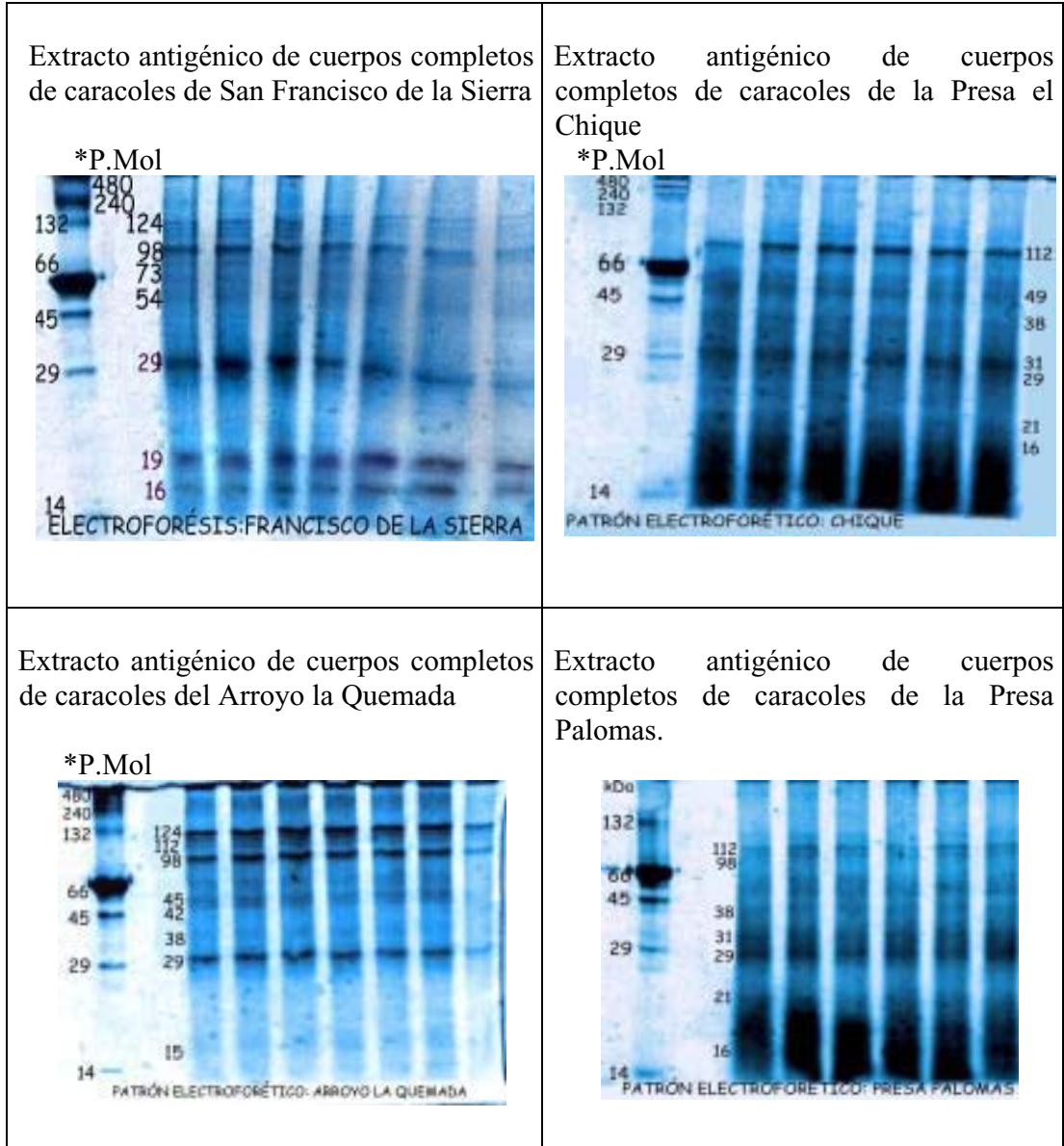


FIGURA 15. SDS -PAGE DEL EXTRACTO DE CUERPOS COMPLETOS DE CARACOLES DE SAN FRANCISCO DE LA SIERRA, PRESA EL CHIQUE, ARROYO LA QUEMADA Y PRESA PALOMAS,

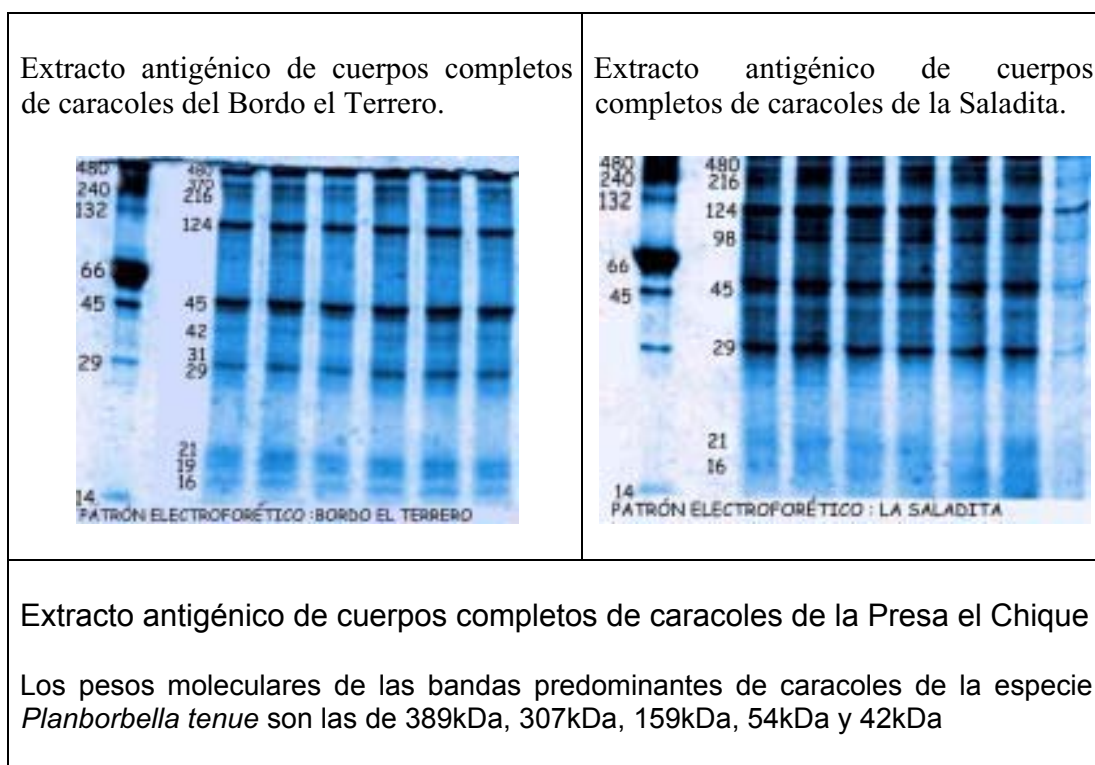


FIGURA 16. SDS-PAGE DEL EXTRACTO DE CUERPOS COMPLETOS DE CARACOLES DEL BORDO EL TERRERO, LA SALADITA Y PRESA EL CHIQUE (*Planorbella tenue*),

Las bandas predominantes comunes a todas las muestras de caracoles de la especie *Physella virgata* de la Sierra Fría son las de 216, 124, 112, 98, 45, 38, 31, 29, 21 y 16kDa, mientras que para caracoles de la subespecie *Ph. v. virgata* procedentes de la Encantada se encontraron las que se presentan en la tabla 2; la comparación entre estos pesos moleculares define una uniformidad y correspondencia entre sí, de tal forma que se permite la separación a especies, pero no la separación a subespecies.

TABLA 6. Pesos moleculares de las bandas predominantes de la subespecie *Physella virgata virgata* procedente del embalse “La Encantada

Hepatopáncreas	370, 216, 124, 112, 98, 54, 49, 42, 35, 31, 25 y 21 kDa
Cuerpos sin hepatopáncreas	132, 124, 112, 98, 86, 69, 49, 45, 42, 38, 35, 31, 29, 25, 21, 19, y 14 kDa.
Cuerpos completos	370, 240, 216 156, 132, 124, 112, 98, 69, 49, 45, 42, 38, 35, 29, 19, 15 y 14 kDa;

ACIDO DESOXIRRIBUNOCLEICO (ADN). Se realizó un estudio para la extracción de ADN, en el que sí se encontraron bandas y estas se presentaron de manera uniforme al trabajar con caracoles de la especie *Physella virgata*, que al compararse con los patrones de caracoles de la especie *Planorbella tenue* se observan diferencias; todos los caracoles proceden de la Sierra Fría, Zacatecas.

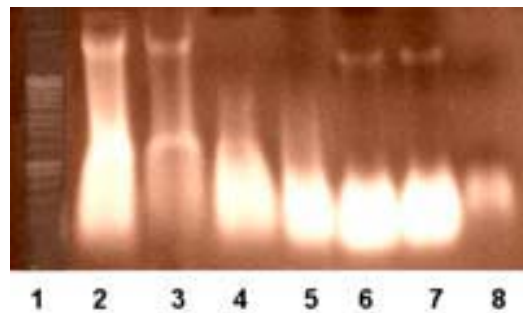


FIGURA 17 CORRIMIENTO DEL ADN DE CARACOLES PROCEDENTES DE DIFERENTES LOCALIDADES DE LA SIERRA FRÍA. 1 MARCADORES. 2 y 3 *Ph. virgata* (PRESA DE TENANGO). 4 y 5 *Ph v. virgata* (ENCANTADA). 6 y 7 *Planorbella tenue* (PRESA PALOMAS). 8 *P. tenue* (PRESA JULIÁN ADAME).

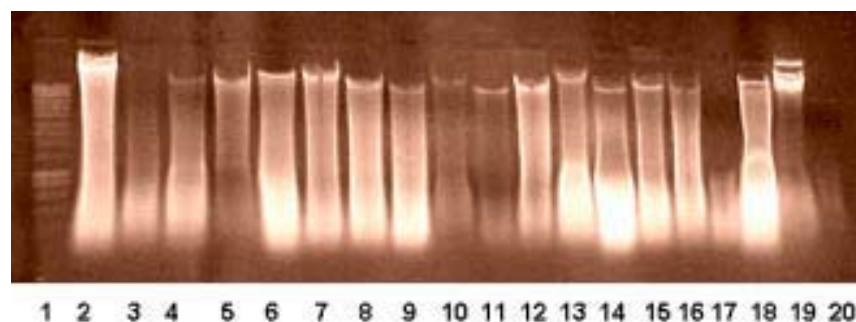


FIGURA 18 ADN DE CARACOLES PROCEDENTES DE DIFERENTES LOCALIDADES DE LA SIERRA FRÍA 1 MARCADORES. *Physella virgata*: 2 EL LAUREL. 3 PRESA QUEMADA. 4 ARROYO SAN MIGUEL. 5 SAN FRANCISCO DE LA SIERRA. 6 ARROYO QUEMADA. 7 SAN ANTONIO DE LAS HUERTAS. 8 PRESA JULIÁN ADAME. 9 PRESA EL CHIQUE. 10 EL UNCIDERO. 11 RÍO SAN MIGUEL. 12 PRESA PALOMAS. 13 LAS MASITAS. 14 BORDO EL TERRERO. 15 LA SALADITA. 16 PRESA BARRANQUITA. 17 ZACATECANA. 18 EL SALITRE. 19 RÍO SAN MIGUEL. 20 ARROYO EL TENIENTE.

CICLO BIOLÓGICO OBSERVADO EN CARACOLES DE LA SIERRA FRÍA BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

Los caracoles colectados en el campo y sometidos a condiciones de laboratorio se mantuvieron a temperaturas entre 19 y 21°C. Se registraron las siguientes observaciones en cuanto a su ciclo biológico: la duración del apareamiento fue aproximadamente de 40 a 120 minutos. Los organismos fecundados desovaron durante los 9 y 12 días siguientes a la cópula. No se determinó exactamente el tiempo de la eclosión, ya que al hacerlo tienen tamaño microscópico, sin embargo se les percibió al alcanzar tallas de 0.5 mm y aparentemente todos eran iguales pero cuando empezaron a desarrollarse los juveniles mostraron un crecimiento desigual. Al término de 70 a 80 días los individuos tuvieron tamaños de 7 a 12 mm. Se considera, de acuerdo a Pérez Rodríguez, 1995, que al alcanzar tallas de 7 a 8 milímetros adquieren la madurez sexual; los de menor tamaño participaron como machos y los de mayor tamaño, como hembras. El crecimiento se dio aproximadamente durante los primeros 125 días y la talla se mantuvo constante después de ese tiempo; los ejemplares llegaron a alcanzar tallas de hasta 24 mm. El tiempo máximo de sobrevivencia de los individuos en cultivo (acuarios) fue de 13 meses, por lo que el índice de mortalidad se consideró bajo.

DISCUSIONES

En la actualidad las herramientas de que dispone el hombre para el ordenamiento de las especies en grupos determinados y para profundizar en el conocimiento evolutivo y de conservación de las mismas son diversas. Desde la simple observación de los caracteres morfológicos y/o anatómicos (Burch, 1982; Thompson, 1984; Burch y Cruz-Reyes, 1987 autores de trabajos realizados en México y norte América), hasta el uso de técnicas sofisticadas. En diferentes regiones del estado de Zacatecas se han determinado un total de 9 géneros de caracoles de agua dulce, distribuidos en cuatro familias (Osegueda y Tavizón, 1983; Ramos, Mondragón y Tavizón 1996; Thompson, Ramos y Tavizón, 1998, Proyecto apoyado por la CONABIO). La utilización de claves taxonómicas basadas en los caracteres morfológicos es importante.

Se han publicado trabajos en los que se ha realizado separación de especies aplicando la técnica de electroforesis (De Winter, 1986; Backeljau, 1987; Monzon *et al*; 1994; Rodríguez García *et al* 1988). Hasta la fecha en Zacatecas se han realizado corrimientos electroforéticos en geles de poliacrilamida (Laemmli UK, 1970), de las proteínas de caracoles pertenecientes a las familias, Physidae y Planorbidae y se requirió de un tiempo considerable para la estandarización de la técnica (Ramos *et al*, 1995; 1997).

En este trabajo se emplearon las proteínas totales de los caracoles porque por su pequeño tamaño, la disección de órganos como el hepatopáncreas resultó impráctica y la degradación de las proteínas de las muestras durante el proceso de obtención fue evidente, afectándoles también la temperatura de congelación en tiempos prolongados de conservación y al contrario, las proteínas totales de los grupos de caracoles de cada población permitieron una clara diferenciación entre las bandas resultantes de los corrimientos electroforéticos y su tiempo de vida en congelación resultó mas prolongado. Backeljau en 1987 realizó su trabajo tomando como material biológico el hepatopáncreas de pulmonados de mayor tamaño.

Se considera que es necesario aplicar técnicas apropiadas para el manejo del ADN del modelo animal con el que se esté trabajando (Gorodezky, 2000). En el Proyecto se ha incluido un estudio preliminar para la extracción del ADN de caracoles de agua dulce. La estandarización de este método implicó varios problemas debido a la mucosidad que presentan los individuos de este grupo en estudio.

Los índices de natalidad y de mortalidad de los caracoles mantenidos en acuarios en el laboratorio fluctuaron de tal manera que en ocasiones el número de individuos fue óptimo para la recolecta de ejemplares para la elaboración de electroforesis, mientras que en otras no resultó posible.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a lo establecido en los términos de referencia del anexo 3 proporcionado por la CONABIO, se emplearon métodos de muestreo rigurosos y formales. Se utilizaron unidades de muestreo (espaciales/ temporales) del tamaño necesario de tal forma que aportaron la representatividad de las especies encontradas. Se presentan curvas de acumulación de especies por unidad de tiempo en los resultados. Se reportó la distribución del esfuerzo de colecta en el espacio y en el tiempo. El material colectado se incorporó a la colección regional. Se manejaron los materiales y métodos de preparación de ejemplares, de curación y de sistematización de datos mas apropiados para cada taxón, por lo que se tiene un buen provecho y cuidado de los ejemplares. Se incluyó en los resultados un nomenclátor con las coordenadas y altitud de todos los sitios inspeccionados. El 100% de las localidades en las que se realizaron los muestreos están georreferenciadas en los términos que la CONABIO expuso.

2. Las cuatro familias de gasterópodos que se encontraron en la Sierra Fría, Zacatecas son Planorbidae, Ancyliidae, Physidae y Lymnaeidae. Se encontraron cinco posibles subespecies para la especie *Physella virgata*, distribuidas individualmente en algunos sitios de colecta de la Sierra Fría; la determinación no se puede corroborar mientras no se cuente con la información necesaria para la separación de subespecies en México; tampoco se hicieron determinaciones a especie de los ejemplares de la Familia Ancyliidae ya que en el País no se han realizado estudios de taxonomía para las especies de los géneros *Laevapex sp* y *Ferrisia sp*.

3. El tamaño de la base de datos es de 119 registros curatoriales (proporción inferior a la reportada en el anteproyecto, debido a que las condiciones climáticas en algunas de las localidades no fueron adecuadas para el establecimiento de poblaciones de caracoles de agua dulce, en algunos cuerpos de agua, en el momento de la colecta.) Existen en la colección 3045 ejemplares, de los cuales 1711 pertenecen a la especie *Physella virgata*, 812 a la especie *Planorbella tenue*, 313 a la especie *Micromenetus dilatatus*, 157 a la familia Ancyliidae y 52 a la familia Lymnaeidae, todos clasificados dentro del Phylum Mollusca y del Orden Basommatophora. Los ejemplares se colectaron en 22 localidades, de las 33 visitadas y distribuidas en la altiplanicie central en el estado de Zacatecas.

4. Se observó que la familia Physidae (*Physella virgata* solo no se presentó en dos localidades) tiene el rango de distribución más amplio en las localidades de muestreo, considerando que se presentó en la mayor parte de los hábitat observados en la Sierra Fría y en todo tipo de cuerpo de agua, como Arroyos, Ríos y Presas; en estas últimas se les encontró con menores densidades y frecuencia de aparición. Con respecto a la altitud, estos caracoles tienen el mayor rango de distribución, seguidos de la familia Planorbidae que son más abundantes en Presas, incluidos las especies *Planorbella tenue* y *Micromenetus dilatatus*. Se encontró que gasterópodos de la familia Ancyliidae se distribuyen en altitudes

menores pero mostraron una densidad mayor que caracoles de la familia Lymnaeidae cuyo rango de distribución altitudinal es mayor que la anterior. Otros factores que influyen en la distribución y establecimiento de poblaciones de los caracoles son el clima, la temperatura, el nivel de contaminación del ambiente en el que se encuentran y el tipo de vegetación circunscrita al cuerpo de agua, ya que el grado de acumulación y descomposición de materia orgánica en el suelo del manto acuífero implica el abasto de alimento y refugio a estos y a invertebrados de otros taxa.

5. La mayor diversidad de caracoles se presentó en la localidad de Tenango, donde en comparación con Julián Adame, no se encontró dominancia de especies. El tercer lugar en presentar mayor diversidad específica es el Chique, seguido de Presa Palomas, San Antonio de las Huertas, San Francisco de la Sierra y finalmente, la Cascada. Las localidades en las que se obtuvieron los valores más bajos en el índice de Shannon, por lo que se consideran sitios con la menor diversidad de caracoles fueron el Arroyo el Teniente, Río Juchipila, Arroyo Palomas, Barranquita, Arroyo San Miguel y Arroyo la Quemada, y no se observó diversidad en Presa la Quemada, el Uncidero, Río San Miguel, Loma Larga, Bordo el Terrero y la Saladita.

6. En los patrones de corrimiento de los extractos proteicos de caracoles de la especie *Physella virgata*, procedentes de localidades diferentes de la Sierra Fría, se presentaron bandas predominantes comunes en todas las muestras, y esas son las bandas de peso molecular de 216, 124, 112, 98, 45, 38, 31, 29, 21 y 16 kDa, y los pesos moleculares de las bandas predominantes de caracoles de la especie *Planorbella tenue* son las de 389kDa, 307kDa, 159kDa, 54kDa y 42kDa.

Se estandarizó la técnica para la obtención de ADN de caracoles de agua dulce.

7. Todos los patrones de corrimiento del ADN de caracoles de la especie *Physella virgata* denotan la presencia de una banda con aproximadamente 10,000 pares de bases, la que podría definir la especie, y para corroborar la definición de subespecies es necesario utilizar técnicas como la de RFLP, en la que se estudian segmentos de ADN. Los patrones de ADN obtenidos para la especie *Planorbella tenue* son diferentes que los de *Physella virgata*.

8. Se presenta como aporte y herramienta en la clasificación de los gastrópodos, la aplicación de las técnicas de electroforesis de proteínas en geles de poliacrilamida y electroforésis del ADN en geles de agarosa, ambas que permitan relacionar a los ejemplares recolectados, con un patrón electroforético específico.

9. Los resultados de este proyecto son una contribución mas a la biodiversidad estatal y nacional.

10. Existe información referente al grupo de los gastrópodos en México, sin embargo el tema de los caracoles dulceacuícolas aún no se ha abordado con la

importancia que este tiene. El realizar estudios sobre la distribución y taxonomía de los basomatóforos actuales permite, en cierta medida, establecer las condiciones del ecosistema del que están formando parte. Esta información es útil para la realización de comparaciones futuras que permitan las evaluaciones necesarias. La información recabada para el estado de Zacatecas constituye una herramienta de interés para taxónomos, ecólogos, parasitólogos, biólogos moleculares y biogeógrafos.

11. Si bien no se puede afirmar la existencia en otras partes del estado, de especies iguales o diferentes a las encontradas, la información generada y presentada en este trabajo representa una mínima aproximación a la ocurrencia de aparición de especies en el campo ya que la extensión territorial no se concreta a las formaciones montañosas de la Sierra Fría, Zacatecas.

12. Con este estudio se ha logrado incrementar, mediante su difusión, el conocimiento de la fauna de caracoles de la Sierra Fría y fomentar la investigación en el campo de la Malacología.

BIBLIOGRAFÍA

Backeljau 1987. Electrophoretic Distinction between *Arion hortensis*, *A. distinctus* and *A. owenii* (Mollusca: Pulmonata). *Zoology Anz.* 1/2, s. 33-39

Burch JB, 1982. Freshwater snail of North America. Environmental monitoring and support laboratory office of research and development, U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio,. 249p.

Burch JB, Cruz-Reyes A 1987. Clave genérica para la identificación de gastrópodos de agua dulce en México. Instituto de Biología. U.N.A.M

Bousquets LIJ, Medina AG, Pulido T, Vega IL, Singüenza NA, Mena MA, Gómez JHJ, Toledo RN 1985. Manual de Recolección y preparación de animales. Facultad de Ciencias/UNAM.

Brown DS, 1980. Freshwater Snails of Africa and Their Medical Importance. Taylor and Francis Ltd. London. 487 ppi

De Winter AJ 1986. An Electrophoretic characterization of three paratypes of *Arion fagophylus* De Winter, 1986, with notes on the subgeneric division of the genus *Arion* Ferrusac, 1819 (Mollusca, Pulmonata). *Z. Zool. Syst. Evolut.-forsch.* 2:169-180.

Gorodezky C, Aláez VC, Infante ME, Balladares MS, Moreno GM, Olivo DA, Debaz VH, Hernández BA, 2000. Manual de Procedimientos de Genética Molecular. Impreso con la cooperación de la OPS. SSA. Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos.

Laemmli UK 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.

Monzon-RB 1994. Comparative horizontal starch gel isoenzyme electrophoresis of *Lymnaea (Bullastra) cumingiana* (Pulmonata:Lymnaeidae) and related taxa in the Indo Pacific region. *Southeast-Asian-J-Trop-Med.Public.-Health.* 25(1):181-6

Papavero N, Llorente J, Bernardi N, **Bieler AI**, Cerdá A, **Hernández JA**, Koleff P, Martins UR, Mendoza R. 1999. Herramientas prácticas para el ejercicio de la taxonomía zoológica. Fondo de Cultura Económica. 310 pp.

Pérez RR 1995. Estudio de los moluscos bentónicos y epifíticos de la Presa de Atlangatepec, Tlaxcala. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. *Cuadernos* 36 CBS.

Pulido RJ, Lira I, Gaona S, Müdspacher C, Castro A 1989. Manejo y mantenimiento de Colecciones Mastozoológicas. Universidad Autónoma Metropolitana.

Ramos SE, Mondragón MC, y Tavizón JP. 1995. Patrón electroforético en caracoles del género *Physella* sp. Memorias del XIII Congreso Nacional de Zoología, efectuado en la Ciudad de Morelia, Michoacán.

Ramos SE, Mondragón MC, Mercado M. y Tavizón JP 1996. Gastrópodos como hospederos intermediarios de diferentes trematodos de fauna silvestre. Memorias del XII Congreso Nacional de Parasitología: CONAPAR '96, efectuado en la Ciudad de Aguascalientes, Ags. pp 97

Ramos SE, Mondragón MC y Tavizón JP. 1997. *Physella* spp: I.- Caracterización de proteínas por patrón electroforético en diferentes estadios del caracol. Memorias del III Congreso Latinoamericano de Malacología (III CLAMA) y VI Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología (VI RENAMAC) Realizado en Ensenada B.C., México.

Ramos SE, Tavizón GP y Thompson FG 1998. Durante la realización del Proyecto: Distribución y Taxonomía de caracoles de agua dulce (Mollusca: Basommatophora) de la Sierra Fría, Zacatecas. Proyecto aprobado por la CONABIO, 1997.

Rodríguez, RF - García SC 1988. Electrophoretic patterns variation in two oyster population of *Crassostrea cortziensis* from mexican coast. An. Cinc. del mar y limnol. Univ. Nal. Auton. México, 155 (1): 177-184.

Sedmak JJ and Grossberg SE 1977. A rapid, sensitive and versatile assay for protein using Coomassie Brilliant Blue G250. Ann Biochem. 79:544-552.

Tavizón GP - Osegueda CA 1983. Caracoles dulceacuícolas del estado de Zacatecas. Revista interdisciplinaria: Diálogo abierto. Universidad Autónoma de Zacatecas. 1(2): 32-39

Tavizón GP - Osegueda CA 1988. Factores que inciden en la prevalencia de fasciolosis bovina en clima semiárido. Cuadernos de Investigación de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

27 páginas

Tavizón GP 1992. El Águila real (*Aquila chrysaetos*), sus hábitos de cría y de alimentación. En educación para la conservación del Águila real. SEDESOL.

Tavizón GP, Flores RR, Díaz CM, 1995. Hábitos alimenticios del Águila real (*Aquila chrysaetos*) en Zacatecas, México. Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Michoacán.

Thomas JD 1995. The Snail Hosts of Schistosomiasis: Some Evolutionary and Ecological Perspectives in Relation to Control *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol. 90(2): 195-204.

Thompson FG 1984. Field Guide to the Freshwater snails of Florida. Museum of Malacology Florida Museum of Natural History. *University Presses of Florida*. University of Florida Press. Gainesville, Printed in the U.S.A. on acid-free paper.

GLOSARIO

Términos de Ecología, Evolución y Taxonomía

Bioindicador. Organismo, especie o comunidad característica de un hábitat particular o indicativa de un conjunto particular de condiciones ambientales.

Clave. Tabulación de estados característicos que facilitan la identificación.

Dispersión. 1: Patrón de distribución de organismos o poblaciones en el espacio. 2: Traslado no accidental de individuos hacia o fuera de un área o población, habitualmente a una distancia relativamente corta y de naturaleza mas o menos regular. 3: Extensión de la zona de una especie a causa de un evento fortuito; migración accidental.

Distribución. 1: Zona geográfica de un taxón o grupo. 2. Patrón u ordenamiento espacial de los miembros de una población o grupo.

Especie. Concepto biológico de. Población o la serie de poblaciones de organismos de cruzamiento libre, aisladas, en cuanto a la reproducción, de otras poblaciones similares..

Eutrófico. 1:Que posee una alta productividad primaria; relativo alas aguas ricas en los nutrientes necesarios para las plantas verdes. 2: Lago en el que el hipolimnion agota su oxígeno durante el verano, debido al decaimiento de la materia orgánica que llega al fondo proveniente del epilimnion.

Gastrópodo. Un adjetivo común para referirse a un miembro de la Clase Gastropoda; un caracol, "babosa" o lapa.

Generación filial. La generación de una raza, un grupo, una familia; cf. F1, F2.

Género. Categoría de la clasificación biológica que comprende una o mas especies relacionadas filogenéticamente y morfológicamente similares, rango de la jerarquía de clasificación taxonómica que forma la categoría principal entre familia y especie.

Léntico. Referente a hábitat acuáticos estáticos o de movimiento calmado o muy lento.

Localidad. Posición geográfica de un individuo, población o reunión.

Lótico. Referente a hábitat de agua corriente rápida, como Ríos y corrientes.

Oligotrófico. Que posee baja productividad primaria; perteneciente a las aguas con bajos niveles de los nutrientes minerales que necesitan las plantas verdes; oligotrófico. 2: Lago en el que el hipolimnion se desprovee de oxígeno durante el verano.

Radiación adaptativa. Diversificación evolutiva de un taxón (tipo adaptativo) en un gran número de diferentes funciones o modos de vida ecológicos (zonas adaptativas), que por lo general se produce durante un periodo relativamente corto y que conduce a la aparición de una variedad de nuevas formas.

Sistemática. La clasificación de los organismos vivos en series jerárquicas de grupos, poniendo atención especial en sus relaciones filogenéticas; con frecuencia se utiliza como equivalente a taxonomía.

Taxonomía. La teoría y la práctica de describir, nombrar y clasificar organismos.

Taxón. Grupo taxonómico de cualquier rango, que incluye a todos los grupos subordinados; cualquier grupo de organismos, poblaciones o taxones considerados lo suficientemente distintos de otros grupos semejantes como para ser considerados una unidad separada.

Caracteres taxonómicos

Ápice. La punta o extremo mas lejano de la concha de un gasterópodo con relación a la abertura.

Colmuela. Es la columna interna alrededor de la cual giran las vueltas de la espira, es el eje o "axis" de la concha.

Concha. La cubierta externa y dura de la mayoría de los moluscos, producida por el manto y compuesta principalmente por cristales de calcio depositados sobre una base orgánica. En gasterópodos, la concha está usualmente enrollada con características para la identificación y clasificación de especies.

Cónica. En forma de cono, por ejemplo, disminuyendo uniformemente de una

base amplia y circular hacia varios tipos de conchas cónicas de acuerdo a los ángulos de su espira.

Espira. Los giros de la concha de un caracol, excepto el último, llamado giro del cuerpo. La espira se mide como la distancia (en sentido paralelo a la colmuela) de la sutura del labio y el giro el cuerpo hacia el ápice de la concha.

Hepatopáncreas. "Hígado" o glándula digestiva, es una glándula tubular compuesta con gran número de lóbulos secretorios y un ducto principal que se abre hacia la unión del intestino y del estómago.

Levógiro. Girada o espiralada hacia la izquierda, es decir, en sentido contrario a las manecillas del reloj. Cuando la abertura de la concha está de frente al observador y el ápice de la concha está dirigido hacia arriba, la abertura está sobre la izquierda.

Manto. Tegumento que cubre los órganos de un molusco. Llamado también "pallium". Normalmente está situado debajo de la concha, secretando a esta misma.

Pseudobranquia. Una branquia falsa o secundariamente derivada; es una prolongación vascular izada, que se encuentra cerca de la abertura de la cavidad pulmonar (neumostoma) de caracoles pulmonados acuáticos, dicha estructura ayuda a la respiración.

Rádula. Es una estructura raspadora que se encuentra en la masa bucal de todos los moluscos, excepto en los bivalvos, se usa para rasgar el alimento antes de ser ingerido. La rádula consiste de numerosas hileras longitudinales y transversales de pequeños y afilados dientes, que pueden tener una o más hojas cúspides cortantes.

Vuelta del cuerpo. La última vuelta completa de la espira, usualmente la más grande.

Técnicas

Electroforésis. Método para separar una mezcla de proteínas basado en sus diferentes velocidades de migración a través de un campo eléctrico.

Homogeneizador. Dispositivo en el que las sustancias se emulsifican forzándolas a través de un campo de intenso esfuerzo cortante.

Sonicación. Proceso de suministrar energía sonora de alta velocidad del sonido.

ABREVIATURAS:

ADN = Ácido desoxirribunucleico

AgP sppC = Cuerpos completos de caracoles de una población de la subespecie *Physella virgata virgata* colectada en el lago de la Encantada, Zacatecas.

AgP sppH = Hepatopáncreas de caracoles de una población de la subespecie *Physella virgata virgata* colectada en el lago de la Encantada, Zacatecas.

AgP sppI = Cuerpos incompletos de caracoles de una población de la subespecie *Physella virgata virgata* colectada en el lago de la Encantada, Zacatecas.

BME = 2-βMercaptoetanol

EDTA = Ácido etilendiaminotetracético

HCl = Ácido Clorhídrico

NaOH = Hidróxido de Sodio

PBS = Buffer de Fosfatos Salinos

PMSF = Fluor Fenilmetilsulfonil

SDS = Duodecil Sulfato de Sodio

TRIS/HC = Hidroximetilaminometano

ANEXOS

ANEXO I

Los siguientes son los datos que se tomaron directamente del campo en cada salida:

Fecha _____ Localidad _____
Estado _____ Municipio _____ Estación no. _____
Hora de la colecta:(inicio _____ final _____)No. de colecta _____
Latitud _____ Longitud _____ Altitud _____
Distancia _____ Dimensiones del transecto _____
Profundidad _____ Dirección _____
Hábitat _____
Tipo de
vegetación _____
Método de colecta _____
Nombre común _____ Nombre científico _____
Tamaño _____ Coloración _____
Fenología y/o conducta _____
Distribución del esfuerzo de la colecta en el espacio (ambiente y
microambiente) _____

Unidad de tiempo o área (esfuerzo de colecta) horas / hombre días
abundancia/relativa _____
tiempo (horas del día y/o temporada del año) _____
Variables:DBO _____ O₂ disuelto _____
Preparación: en el campo _____ en el laboratorio _____
Tamaño de la muestra obtenida _____
Nombre del colector _____
Observaciones _____

ANEXO II

**UBICACIÓN DE LA SIERRA
FRÍA, ZAC.**



FUENTE : RFE. CAPCE, DCE, 1997; LÍMITES MUNICIPALES: INEGI, 1990, 1993; SCT, 1994-SG, 1988; UNAM, 1990.

ANEXO III



MAPA: INEGI. ESCALA 1:250,000

ANEXO IV LOCALIDADES DE MUESTREO, CON LOS NÚMEROS DE COLECTA, LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y LAS ESPECIES CORRESPONDIENTES A CADA UNA.

Tabla 1

NO. DE COL.	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	<i>Physella virgata</i> +	<i>Planorbella tenuis</i>	<i>Micromenetus</i>	<i>Fossaria bulimoides feschella</i>	<i>Fossaria olbrusa</i>	<i>Ferrissia</i>	<i>Laevapex</i>
1	El Laurel Genaro codina	22°27'84"	102°27'44"	X	X					
2	El Laurel Genaro codina	22°27'80"	102°27'43"	X	X					
3	El Laurel Genaro codina	22°27'75"	102°27'42"	X						
4	Presa la Quemada	22°27'36"	102°48'50"	X						
5	Presa la Quemada	22°27'99"	102°48'90"	X						
6	Presa la Quemada	22°27'10"	102°48'42"	X						
7	La Cascada, Genaro Codina	22°28'83"	102°27'51"	X	X					
8	La Cascada, Genaro Codina	22°28'88"	102°27'52"	X	X					
9	La Cascada, Genaro Codina	22°28'92"	102°27'53"	X	X					
10	Presa de Tenango	22°17'02"	102°51'74"	X		X				
11	Presa de Tenango	22°17'07"	102°51'82"				X			
12	Presa Julián Adame	22°07'18"	102°51'55"	<i>P.v. manzanus</i> <i>P. virgata</i>	X				X	
13	Presa Julián Adame	22°07'02"	102°51'74"	<i>P.v. herreni</i>		X				
14	Presa de Tenango	22°17'07"	102°51'82"							
15	Presa de Tenango	22°17'02"	102°51'74"	X		X		X		
16	Presa el Carretero	22°16'88"	102°46'46"		X	X		X		
17	Presa el Carretero.	22°16'88"	102°46'32"		X					
18	Presa el Carretero	22°16'99"	102°46'99"	X	X					
19	Presa el Carretero	22°16'99"	102°46'99"			X				
20	El Salitre (Río Juchipila)	22°09'84"	102°53'70"	X						
21	Arroyo el teniente	22°22'73"	102°32'81"	X		X				
22	Arroyo las Masías	22°22'76"	102°32'71"	X						
23	Arroyo el Teniente	22°22'70"	102°32'63"	<i>P.v. herreni</i>						
24	Arr San Miguel de la Presa	22°23'00"	102°32'71"	X						
25	A San Miguel de la Presa	22°23'13"	102°32'12"	<i>P.v. herreni</i>						

NO. DE COL.	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	<i>Physella virgata</i> +	<i>Planorbella tenue</i>	<i>Micromoneta dilatata</i>	<i>Fossaria bufolemoides techella</i>	<i>Fossaria oberusa</i>	<i>Ferrissia</i>	<i>Laevapex</i>
26	San Antonio las Huertas	22°24'04"	102°41'93"	<i>Ph. v. herreni</i> <i>Ph. virgata</i>						
31	San Francisco de la Sierra	22°24'11"	102°43'95"	<i>Ph. v. parva</i> <i>Ph. v.</i> <i>Ph. v. parva</i>						
41	Presa El Chique	21°59'91"	102°53'69"	X	X					
42	Presa El Chique	21°59'99"	102°53'58"	<i>Ph. v. parva</i>	X					X
43	Presa El Chique	22°00'04"	102°53'55"	X	X					
44	Presa El Chique	22°00'08"	102°53'54"		X					
45	El Uncidero	22°06'28"	102°46'66"	X						
46	Río San Miguel	22°02'26"	102°51'09"	<i>Ph. v. parva</i>						
47	Río San Miguel	22°02'32"	102°51'02"	<i>P. v. parva</i>						
48	Río San Miguel	22°02'43"	102°50'87"	<i>P. v. parva</i>						
49	Arroyo las Palomas	22°20'82"	102°47'52"			X				
50	Arroyo las Palomas	22°20'70"	102°48'28"	X						
51	Arroyo las Palomas	22°20'66"	102°48'13"			X				
52	Arroyo la Quemada	22°27'10"	102°48'42"		X					
53	Arroyo la Quemada	22°27'32"	102°48'52"	<i>Ph. v. parva</i>						
54	Arroyo la Quemada	22°27'46"	102°48'47"	<i>P. v. parva</i>						
55	Presa las Palomas	22°20'82"	102°47'51"	X	X				X	
56	Presa las Palomas	22°20'81"	102°47'47"	X	X				X	

