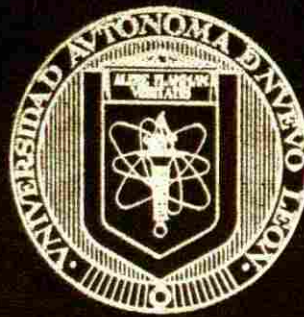


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**PROPOSICION METODOLOGICA PARA LA
EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL
RIO PESQUERIA, MEDIANTE EL ANALISIS DE SU
ECOSISTEMA BENTONICO, COMO TRIBUTARIO DE
LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEON, MEXICO**

TESIS

**QUE COMO OPCION AL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA AMBIENTAL**

**PRESENTA:
GERARDO BERMEJO ACOSTA**

CD. UNIVERSITARIA

FEBRERO DE 2003

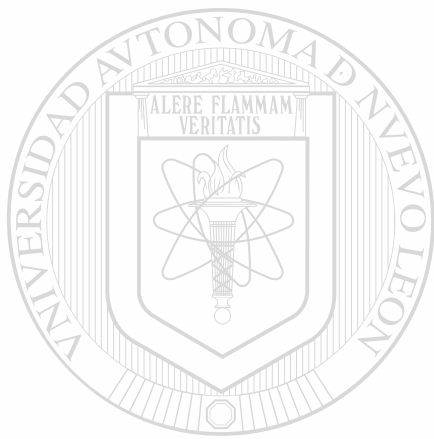
TM

TD380

.B4

2003

c.1



UANL

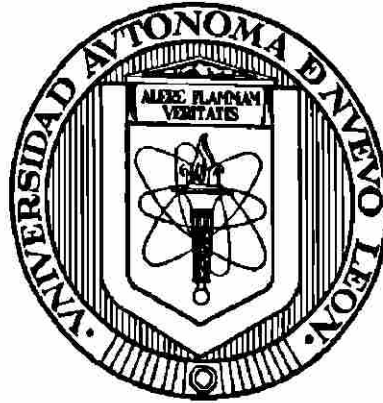
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO,
COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
PRESENTA:**

GERARDO BERMEJO ACOSTA

MONTERREY, NUEVO LEÓN

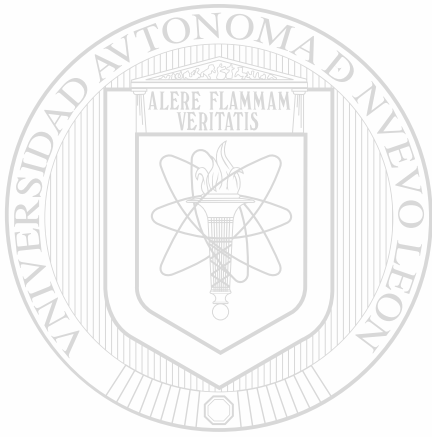
FEBRERO DE 2003

TD380

oB4

20 3

c.1



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ING. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. EN I.
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Presente.-

Martes, 28 de enero de 2003

Estimado Ing. Justino C. González Álvarez:

Por medio de la presente y de la manera más atenta me dirijo a Usted, para solicitar la tramitación correspondiente, a fin de sustentar mi Examen de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, con la presentación del trabajo de tesis titulado:

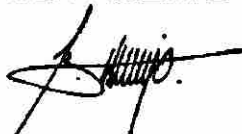
PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

lo anterior de acuerdo al reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Sin más por el momento, esperando que mi solicitud sea aprobada, aprovecho [®] para enviar un cordial saludo.

ATENTAMENTE



BIÓL. GERARDO BERMEJO ACOSTA
Tesista

ING. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. EN I.
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Presente.-

Martes, 28 de enero de 2003

Estimado Ing. Justino C. González Álvarez:

Por este conducto me permito comunicar a usted que el **BIÓL. GERARDO BERMEJO ACOSTA**, pasante de la Maestría en Ciencias, con Especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido su trabajo de tesis titulado:

PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

por lo que no hay inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra Institución, eh de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que dé el trámite correspondiente en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo de Usted agradeciendo de antemano su atención.

ATENTAMENTE



ING. JIMMY LUIS LOAIZA NAVÍA, M. EN C.
Asesor Interno de Tesis

ING. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. EN I.
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Presente.-

Martes, 28 de enero de 2003

Estimado Ing. Justino C. González Álvarez:

Por este conducto me permito comunicar a usted, que el BIÓL GERARDO BERMEJO ACOSTA, pasante de la Maestría en Ciencias, con Especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido su trabajo de tesis titulado:

PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO


por lo que no tengo inconveniente para que se realicen los trámites correspondientes a fin de presentar el Examen de Grado bajo los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra institución.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Sin otro asunto en particular le hago llegar a Usted un saludo cordial. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ATENTAMENTE


DR. ARCADIO VALDÉS GONZÁLEZ
Asesor Externo de Tesis
Jefe de Laboratorio de Acuicultura
Facultad de Ciencias Biológicas
U. A. N. L.



COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

Tesista: GERARDO BERMEJO ACOSTA

Tema de la tesis: PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA
 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA,
 MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO,
 COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO
 LEÓN, MÉXICO.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA.
 del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos:
 ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales: (NINGUNA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nombre y firma de quien corrigió: Ramón Longoria
 Arq. Ramón Longoria Ramírez

qcm

M.I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ
 SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

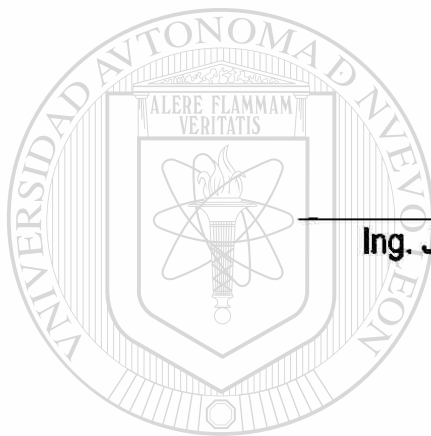


DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Ciudad Universitaria, a 6 de DICIEMBRE de 2002.

**PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO,
COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO**

Aprobación de la Tesis:



**Ing. Jimmy Luis Loaiza Navía, M. en C.
Asesor Interno de Tesis**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

**Dr. Arcadio Valdés González
Asesor Externo de Tesis**

**Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.
Subdirector de Estudios de Postgrado**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



San Nicolás de los Garza, N.L. a 20 de enero de 2003

ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ M. en I.
Subdirector de Estudios de Postgrado de la Facultad
de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.
Presente.-

Por este conducto me permito informarle que en mi carácter de evaluador de la tesis **"PROPOSICION METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PESQUERIA, MEDIANTE EL ANALISIS DE SU ECOSISTEMA BENTONICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEON, MEXICO"** que presenta el Biól. Gerardo Bermejo Acosta, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, revisé dicho documento y considero que puede aceptarse como requisito parcial para el grado que pretende obtener el Biól. Bermejo.

Sin otro particular, quedo de Usted.

Atentamente.-

ING. BENJAMIN LIMON RODRIGUEZ

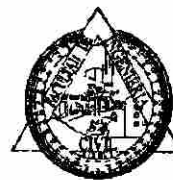
C.c.p. Archivo
crf*

Cd. Universitaria,
Apartado Postal No. 17
San Nicolás de los Garza,
Nuevo León, México.

☎ (01) 8352 4969 • 8352 9871 Fax: 8376 0477



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



San Nicolás de Los Garza, N.L. a 27 de Enero del 2003

ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ, M. En I.

Subdirector de Estudios de Posgrado de la
 Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.

Presente.-

Por este conducto me permito informarle que en mi carácter de evaluador de la tesis
“PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERIA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEON, MÉXICO” que presenta el Biól. Gerardo Bermejo Acosta, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, revise dicho documento y considero que puede aceptarse como requisito parcial para el grado que pretende el Biól. Bermejo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Atentamente

ING. EDGAR AMAUZI ARTEAGA BALDERAS, M En C.

INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL U A N L CIUDAD UNIVERSITARIA 27 ENE. 2003 DEPTO DE HIDRAULICA FIRMA
--

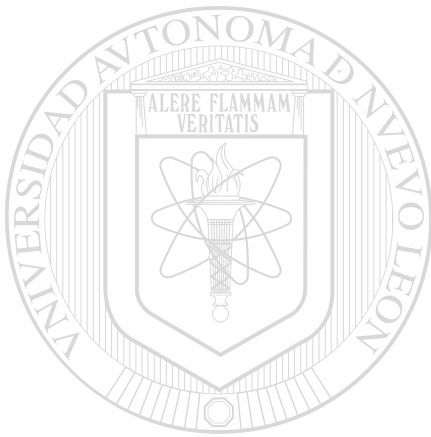
Cd. Universitaria,
 Apartado Postal No. 17
 San Nicolás de los Garza,
 Nuevo León, México.

☎ (01) 8352 4969 • 8352 9871 Fax: 8376 0477

educación
 POR LA VIDA

«Esta agua sale hacia la región oriental, baja a la Arabá, desemboca en el mar, en el agua hedionda, y el agua queda saneada. Por donde quiera que pase el torrente, todo ser viviente que en él se mueva vivirá. Los peces serán muy abundantes, porque allí donde penetra esta agua lo sana todo, y la vida prospera en todas partes a donde llega el torrente. A orillas del torrente, a una y otra margen, crecerá toda clase de árboles frutales cuyo follaje no se marchitará y cuyos frutos no se agotarán: producirán todos los meses frutos nuevos, porque esta agua viene del Santuario. Sus frutos servirán de alimento y sus hojas de medicina».

Ezequiel 47, 7-9.12



UANL

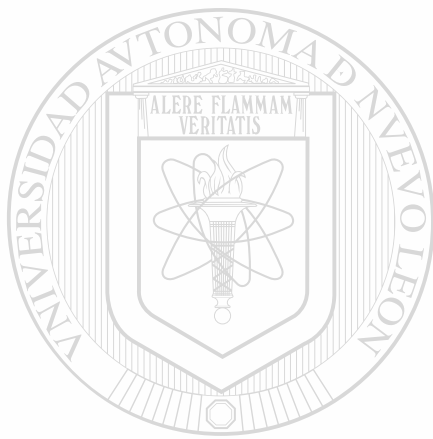
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A MI MAMÁ,

MARÍA DE LA PAZ ACOSTA DE BERMEJO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

AGRADECIMIENTOS

Al Único que es por Sí Mismo, por participarnos la alegría de vivir, estar conscientes de ello y comprender el orden de su Creación.

A mi Mamá, por enseñarme a admirar y disfrutar lo que me rodea y por apoyarme en proyectos como éste, ahora de una forma infinitamente más potente.

A mi Papá por Todo.

A mi esposa, Rosana, por seguir confiando, creyendo, acompañando y sonriendo con todo su amor.

Chaparrito, a ti también, porque aún con pocas sílabas y una carita llena de gestos me motivas a seguir esforzándome.

A mis hermanos: Genaro y Perla, MaryPaz y Mario, y Gemota, por estar siempre cerca, a pesar de mi escasa capacidad de socializar...

A mis sobrinos: Gaby, Daniel, Mauricio y Marianita, porque en ellos veo que la Creación es constante.

Al Dr. Arcadio Valdés, por su completo apoyo y dirección desde el principio.

Al M. C. Jimmy Loaiza, por su amabilidad en la supervisión, corrección y enriquecimiento de este trabajo.

Al M. C. Benjamín Limón, por motivarme a obtener lo mejor de mí en la elaboración del proyecto.

Al Dr. Humberto Quiroz, por toda la información bibliográfica y de experiencia que me ha facilitado. Y con él a sus tesis (Ariadna y Fer) y trabajadores (Lupita y Vero) de Entomología, que tan amablemente me auxiliaron.

A mi padrino, el Dr. Salvador Contreras Balderas, por su ayuda desinteresada en la identificación de los peces y la orientación en la utilización de los índices.

Al M. C. Gerardo Guajardo, por prestarme su laboratorio y su material para reencontrarme con los “no—Artrópodos”.

Al Dr. Gabino A. Rodríguez A., por su revisión de los organismos y hacer un espacio en su agenda para atenderme.

Al Ing. Edgar Amauri Arteaga, por su instrucción en lo concerniente a la hidrología del proyecto.

A María Elena, por la organización del laboratorio de Acuicultura (y por ayudarme a recuperar las muestras).

A Carlos Gutiérrez Gómez, Gerardo R. Vela Gómez, Rosana R. Vela Gómez y Gerardo Bermejo R. Vela ☺ por su apoyo en la toma de muestras. ®

A los amigos de Atlatec (ahora Earth Tech) y SADM, por su apoyo en el ejercicio de la Ingeniería Ambiental y al personal de la C. N. A. por su apoyo al proyecto.

A mis profesores y amigos de Ingeniería Ambiental, por enseñarme la necesidad de enriquecer nuestra vida con todas las disciplinas posibles: Al Maestro Heriberto, Perla, Jaqueline, Laura, Francisco, Chuy, Miguel, Enrique, Pedraza, Roberto y Ramiro.

A todos ellos y a quienes pudiera haber omitido involuntariamente,

... mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

Gerardo Bemejo Acosta

Fecha de Graduación: Febrero, 2003

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título del Estudio: **PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO**

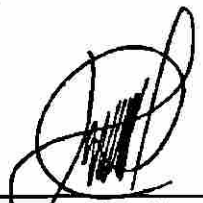
Número de páginas: 94 Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.

Area de Estudio: **Ingeniería Ambiental**

Propósito y Método del Estudio: Se analizaron tres localidades pertenecientes a la cuenca del Río Pesquería, dos ubicadas en escurrimientos tributarios previo a su paso por el área metropolitana de Monterrey: Topo Chico en el municipio de Monterrey y Salinas en el municipio de Abasolo, y una localizada sobre la corriente principal localizada en el municipio de Los Herreras; se analizaron los resultados físicos, químicos y biológicos; encontrándose mayor diversidad, mayor abundancia y mejor calidad en la comunidad bentónica del municipio de Abasolo, que en el de Los Herrera, de acuerdo con el Índice de Shannon-Wiener y el Índice Biótico de Hilsenhoff; mientras que los análisis fisicoquímicos puntuales mostraban mejor calidad para la localidad de Topo Chico y los históricos para "Los Herrera".

Contribuciones y Conclusiones: Se encontró que el uso de invertebrados bentónicos en la evaluación de la calidad del agua superficial resultó ser una herramienta valiosa para el monitoreo de ecosistemas acuáticos, por ser muy sensitiva a los cambios, de manera que sirven en la detección de perturbaciones, dada la limitada movilidad de los organismos bentónicos y su relativo largo período de vida.

FIRMA DEL ASESOR INTERNO:


Ing. Jimmy Luis Loaiza Navia, M. en C.

FIRMA DEL ASESOR EXTERNO:


Dr. Arcadio Valdés González

TABLA DE CONTENIDO

MENSAJE	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	4
ANTECEDENTES	6
III-1. La caracterización en la Ingeniería Ambiental	6
III-2. Utilización de la caracterización biológica	12
III-3. Estudios regionales de caracterización biológica	13
III-4. Métodos de muestreo y manejo de la muestra	15
III-5. Modelos numéricos	16
III 6. El área de estudio	21
OBJETIVO	23
HIPÓTESIS	24
MATERIAL Y MÉTODO	25
VI-1. Ubicación del área de estudio	25
VI-1.1 Topo Chico	27
VI-1.2 Abasolo	28
VI-1.3 Los Herrera	29
VI-2. Manejo de muestras	31
VI-3. Análisis numérico	35

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
VII-1. Caracterización fisicoquímica	38
VII-1.1 Caracterización fisicoquímica actual	38
VII-1.2 Histórico de caracterización fisicoquímica	40
VII-2. Caracterización biológica	46
VII-2.1 Distribución geográfica	47
VII-2.2 Distribución taxonómica	51
VII-2.3 Características de los bioindicadores	55
VII-2.3.1 Orden Coleóptera	56
VII-2.3.1.1 Familia Elmidae	56
VII-2.3.1.2 Familia Hydrophilidae	57
VII-2.3.1.3 Familia Psephenidae	58
VII-2.3.2 Orden Diptera	59
VII-2.3.2.1 Familia Ceratopogonidae	59
VII-2.3.2.2 Familia Chironomidae	60
VII-2.3.2.3 Familia Culicidae	62
VII-2.3.2.4 Familia Tabanidae	59
VII-2.3.3 Orden Ephemeroptera	63
VII-2.3.3.1 Familia Baetidae	63
VII-2.3.3.2 Familia Caenidae	64
VII-2.3.4 Orden Hemiptera	65
VII-2.3.4.1 Familia Naucóridae	65
VII-2.3.4.2 Familia Veliidae	66
VII-2.3.5 Orden Odonata	67
VII-2.3.5.1 Familia Coenagrionidae	67
VII-2.3.5.2 Familia Libellulidae	68
VII-2.3.6 Orden Trichóptera	70
VII-2.3.6.1 Familia Psychomyiidae	70
VII-2.3.7 Orden Conchostraca	71
VII-2.3.7.1 Familia Daphnidae	71
VII-2.3.8 Orden Eucopepoda	71
VII-2.3.8.1 Familia Cyclopidae	71
VII-2.3.9 Orden Decapoda	72
VII-2.3.9.1 Familia Cambaridae	72
VII-2.3.10 Orden Ostracoda	73
VII-2.3.10.1 Familia Notodromadidae	73
VII-2.3.11 Orden Limnacia	74
VII-2.3.11.1 Familia Planorbidae	74

VII-2.3.12 Orden Physidae	74
VII-2.3.12.1 Familia Physidae	74
VII-2.3.13 Orden Haplotaxida	75
VII-2.3.13.1 Familia Naididae	76
VII-2.3.13.2 Familia Tubificidae	76
VII-2.3.14 Orden Perciformes	77
VII-2.3.14.1 Familia Cichlidae	77
VII-2.3.15 Orden Cypriniformes	78
VII-2.3.15.1 Familia Cyprinidae	78
VII-2.3.16 Orden Cyprinodontiformes	79
VII-2.3.16.1 Familia Poeciliidae	79
VII-2.4 Concentración de bioindicadores	81
CONCLUSIÓN	86
BIBLIOGRAFÍA	89
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	94

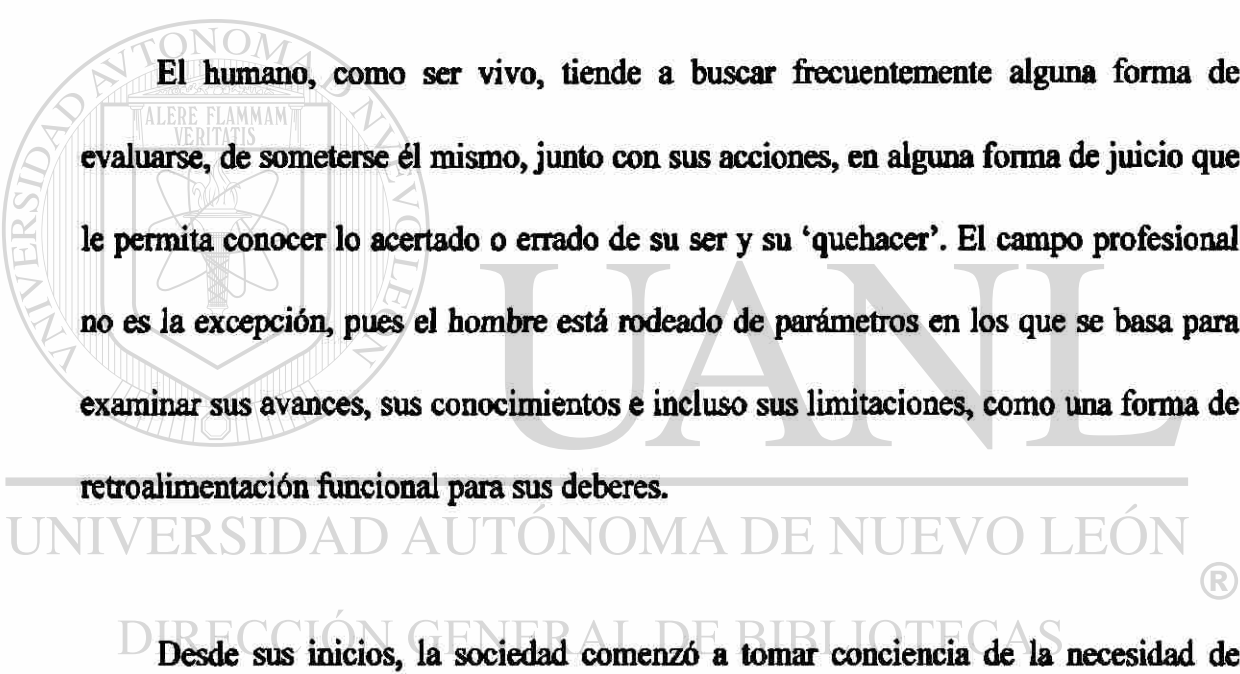


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



El humano, como ser vivo, tiende a buscar frecuentemente alguna forma de evaluarse, de someterse él mismo, junto con sus acciones, en alguna forma de juicio que le permita conocer lo acertado o errado de su ser y su 'quehacer'. El campo profesional no es la excepción, pues el hombre está rodeado de parámetros en los que se basa para examinar sus avances, sus conocimientos e incluso sus limitaciones, como una forma de retroalimentación funcional para sus deberes.

Desde sus inicios, la sociedad comenzó a tomar conciencia de la necesidad de medir no solamente los éxitos o los fracasos, en comparación con los demás, a comenzar a evaluarse en las afecciones hacia el ser humano mismo, tomándose en cuenta como parte de un entorno que se encuentra en un muy delicado y complejo equilibrio.

En la búsqueda de estas formas de evaluación, se han desarrollado tanto en el nivel local como en el global, esfuerzos por parte de organizaciones privadas y gubernamentales para contar cada vez con una idea más precisa de los avances, en

relación con el saneamiento del medio ambiente, de manera que muchos expertos en cada una de las disciplinas convergen en el enriquecimiento de esta tarea.

Las mediciones de las características de nuestro entorno se pueden agrupar en:

- Características físicas
- Características químicas
- Características biológicas

Tales características, gracias a los avances de la ciencia y la tecnología, se pueden medir, registrar y evaluar cada vez con mayor precisión y exactitud. Tanto las caracterizaciones físicas como las químicas se encuentran muy avanzadas, gracias a la sensibilidad alcanzada por los instrumentos de medición y análisis de compuestos;

actualmente ha incrementado el interés, en el ámbito internacional, por el desarrollo de métodos para la utilización de organismos vivos como indicadores de la presencia y/o ausencia de algún contaminante específico, con lo que se enriquecerán los datos arrojados por la caracterización químico—instrumental del objeto de interés.

En el caso del medio ambiente acuático, la caracterización biológica ha sido desde sus principios fuertemente soportada por las bacterias, fungiendo éstas en el papel de “indicadoras” de la contaminación y su magnitud en el agua, constatada de acuerdo con la especie que se encontrara. En estos tiempos, los esfuerzos han ido más allá, generalizando esta práctica entre los insectos (libélulas, mosquitos, chinches, etc.),

los moluscos (caracoles, almejas, babosas, etc.), los crustáceos (cangrejos de río, pulgas de agua, etc.) y algunos vertebrados (peces, anfibios, etc.), encontrando una relación muy estrecha entre los contaminantes específicos y la presencia y/o ausencia de esos organismos.

De acuerdo con los ecólogos, un grupo de organismos de la misma especie, en un área y tiempo determinados, forman una *población* (Krebs, 1987) y, a su vez, un grupo de poblaciones forma una *comunidad* que puede ser definida, también en un área y tiempo específicos. Estas comunidades se encuentran conectadas, además de por su coexistencia, por sus redes alimenticias.

En nuestro país existen organizaciones como la Comisión Nacional del Agua, que comienzan a cristalizar estos esfuerzos por evaluar la calidad del agua a través de una visión más completa, utilizando, en complemento las cualidades físicas, químicas y biológicas. Se realiza el presente trabajo para contribuir a un enriquecimiento, a nuestro alcance, para un conocimiento más profundo de estas nuevas investigaciones, así como una ventana más de las muchas opciones con las que cuenta la Ingeniería Ambiental para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Estado de Nuevo León y, en consecuencia, de la República Mexicana.

CAPÍTULO II

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Mediante el presente estudio se analizaron los parámetros ecológicos relativos a la macrofauna bentónica¹, como indicador biológico del impacto provocado por las descargas de agua residual en la cuenca del río Pesquería, realizando muestreos en zonas que se determinaron como 'control' o referencia, por su ubicación hidrológica en la cabecera de corrientes tributarias previo al paso del río Pesquería por la mancha urbana, para la posterior comparación con los datos recolectados en la desembocadura del río Pesquería, hacia el río San Juan, obteniendo de este último punto las características del escurrimiento con los efectos de las descargas del área metropolitana.

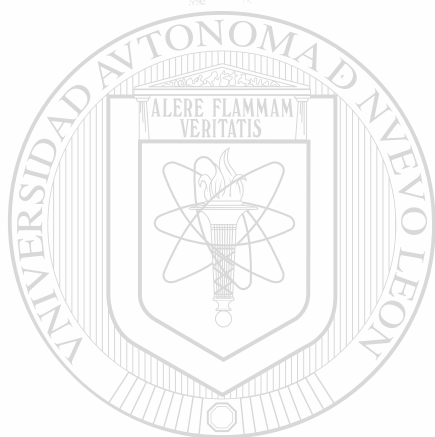
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Dadas las características de los organismos bentónicos; como sus largos ciclos de vida, y la sensibilidad a diferentes cambios fisicoquímicos, se confirmó su importancia como indicadores en la caracterización de los cuerpos de agua sujetos a muestreo, dentro de la cuenca, con el fin de buscar una mejor calidad de los cuerpos de agua vinculados al riego, al consumo humano, a la protección de la vida acuática y a las funciones recreativas de nuestro Estado, mediante los diferentes sistemas de tratamiento de aguas

¹ *bentos*: organismos que habitan en el fondo de un cuerpo de agua.

residuales, en las plantas tratadoras de “agua negra” y el cumplimiento de las políticas de control de descargas, mencionada en la norma oficial mexicana NOM-ECOL-001.

Es importante visualizar la condición de la cuenca globalmente, dada la importancia que tiene como principal tributario del río San Juan y éste, a su vez, del río Bravo (Río Grande), ya que los resultados proyectarán una imagen importante de nuestras aportaciones, no sólo al estado de Nuevo León, sino también a los estados de Tamaulipas y Texas.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES

Metcalf (1991) menciona que dentro de la ingeniería ambiental, la práctica de la ingeniería del agua residual está envuelta en la concepción, planeación, evaluación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas que están necesitados de satisfacer los objetivos del manejo del agua residual. Acerca de esta evaluación, Kiely (1999) describe la importancia de estos procedimientos para la sociedad moderna. Los primeros métodos, más simples, eran puramente subjetivos (¿el agua parece limpia?, ¿huele bien?, etc.). El hecho de que el agua sea un solvente tan eficaz, capaz de contener todo tipo de sustancias, requiere métodos de evaluación más precisos. A cada parámetro químico se le asocia una norma, y el agua es químicamente analizada como medida rutinaria para garantizar que reúne los parámetros de calidad requeridos en cada uno de los procesos de consumo.

Los estudios de caracterización (Metcalf, 1991) se conducen para determinar (1) las características físicas, químicas y biológicas de los constituyentes del agua; y (2) los mejores medios para reducir la concentración de contaminantes.

El ingeniero ambiental, menciona Metcalf (1991), debe tener un conocimiento considerable de las características biológicas del agua; debe conocer, además, (1) los principales grupos de organismos encontrados en el agua superficial y residual así como aquellos responsables del tratamiento biológico, (2) los organismos encontrados en el agua residual, (3) los organismos utilizados como indicadores de la contaminación y su importancia, (4) los métodos utilizados para enumerar los organismos indicadores y (5) los métodos utilizados para evaluar la toxicidad de las aguas residuales tratadas.

Los científicos (Kiely, 1999) también han descubierto que el control biológico de los sistemas acuáticos puede ser valioso para la evaluación de la calidad del agua y la detección de contaminación. Los organismos acuáticos muestran una respuesta duradera a los episodios de contaminación intermitentes que no siempre se detectan mediante el control químico rutinario, que sólo muestran un volumen de agua relativamente pequeño, en un momento dado. También ofrecen datos sobre la calidad media del agua durante cierto período de tiempo, y pueden acumular y magnificar los niveles bajos de sustancias químicas que se sitúan más allá del punto de detección de los métodos de la química analítica, pero que sí pueden analizarse en los tejidos biológicos.

Los métodos biológicos también proporcionan información sobre el impacto de los contaminantes en la ecología del sistema, algo que los métodos químicos, si se aplican por separado, no pueden ofrecer.

Metcalf (1991), al respecto, menciona que las pruebas de toxicidad han sido usadas para: (1) evaluar la sensibilidad de las condiciones ambientales; (2) establecer las condiciones aceptables del agua receptora para los parámetros convencionales (tales como OD, pH, temperatura, salinidad, o turbidez); (3) estudiar los efectos de los parámetros de la calidad del agua en la toxicidad del agua residual; (4) evaluar la toxicidad del agua residual para una variedad de especies prueba en agua dulce, estuarina y marina; (5) establecer la sensibilidad relativa de un grupo de organismos acuáticos comunes para efluente, así como para tóxicos estándar; (6) evaluar el grado de tratamiento necesario para alcanzar los requerimientos de control de la contaminación en el agua; (7) determinar la efectividad de los métodos de tratamiento; (8) establecer las tasas permisibles de descargas en el efluente (9) determinar el cumplimiento de los estándares estatales y federales de calidad de agua y los criterios de calidad de agua asociados con NPDES, que son las siglas en Inglés para (National Pollution Discharge Elimination System) Sistema Nacional para Eliminación de Descarga de Contaminantes. De este modo, en la actualidad se utilizan tres enfoques para describir la calidad del agua:

- Medidas cuantitativas, como los parámetros fisicoquímicos del agua, de los sedimentos y de los tejidos biológicos.
- Análisis bioquímicos/biológicos (incluida la estimación de demanda bioquímica de oxígeno —DBO—, análisis de toxicidad, etc.).
- Descriptores semicuantitativos y cualitativos, que implican indicadores biológicos e inventarios de especies.

El proceso real de la evaluación de la calidad del agua (Metcalf, 1991) es una apreciación de la naturaleza fisicoquímica y biológica de ésta, en relación con la calidad natural, los efectos del hombre y los usos a los que se piensa destinar; es decir, sirve básicamente para verificar si la calidad observada en el agua es adecuada para el uso que se piensa hacer de ella. La evaluación de los sistemas de agua marinos y de agua dulce sigue una misma filosofía, aunque ya se ha publicado mucho más en torno a estos últimos, debido a su mayor importancia para la sociedad.

Existen técnicas de evaluación química ampliamente conocidas (Metcalf, 1991) y las probablemente menos conocidas técnicas de evaluación biológica; los métodos ecológicos, como parte de éstos últimos, han sido diseñados para controlar y evaluar la contaminación orgánica. La aproximación más simple consiste en buscar especies indicadoras en una muestra del hábitat acuático, donde es posible inferir de la presencia de organismos intolerantes o sensibles conocidos, que el agua es de una calidad lo suficientemente aceptable para permitir la vida acuática normal. La ausencia de estas especies y la presencia de un elevado número de organismos tolerantes conocidos indicarían que el agua está contaminada.

La afección provocada por la calidad del efluente (Willoughby, 1976) ha sido medida de distintas formas; una de ellas consiste en la evaluación de la comunidad bentónica de macroinvertebrados.

Una comunidad de macroinvertebrados, menciona Weber (1973), en un ecosistema acuático, es muy sensitiva a los cambios, de manera que sus características sirven como una útil herramienta en la detección de perturbaciones ambientales resultantes de los contaminantes introducidos.

Dada la limitada movilidad de los organismos bentónicos (Weber, 1973), y su relativo largo período de vida, sus características son una función de las condiciones presentes durante el pasado reciente, incluyendo reacciones a desechos descargados infrecuentemente, que podrían ser difíciles de detectar por muestreo químico periódico.

Diferentes autores, entre ellos Lenat (1980) y Krebs (1985) mencionan una gran variedad de procedimientos utilizados y desarrollados para evaluar comunidades bentónicas, incluyendo el sistema saprobio, organismos indicadores, comunidades indicadoras, métodos de estación de referencia, índices de diversidad e índices bióticos. Para Morse¹ (1980) el uso de invertebrados bentónicos en la evaluación de la calidad del agua superficial es una de las herramientas más valiosas para el monitoreo de ecosistemas acuáticos.

¹ . Morse, John C. *Research Suggestions- Benthic Invertebrates as Biological Indicators*. En Worf, D. L. 1980.

Algunos registros de los primeros intentos por utilizar la comunidad bentónica para indicar la magnitud y la causa probable del estrés ambiental datan de 1909, según menciona Lenat² (1980), donde se buscaba proveer información de la calidad de agua, en el trabajo de Kolkowitz y Marrson con su “Sistema saprobio”.

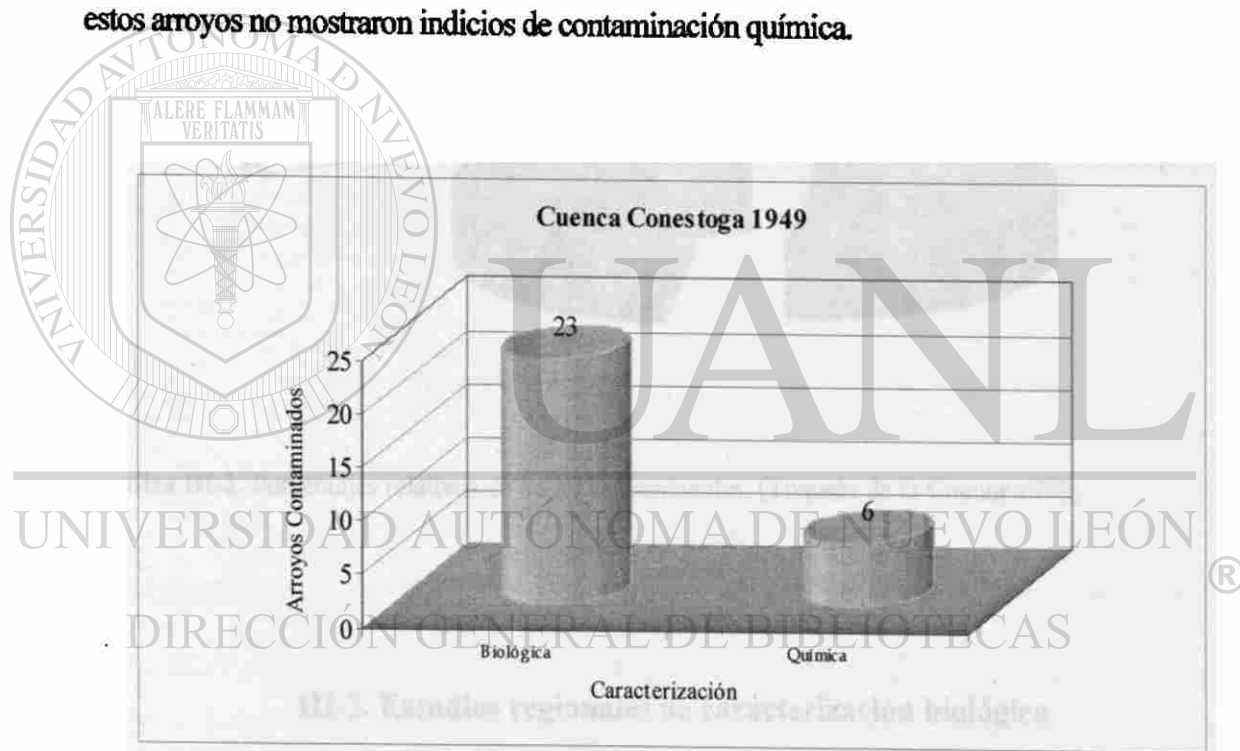
Morse (1980) señala la superioridad de estas técnicas sobre las que se basan únicamente en datos fisicoquímicos; pues éstas (las basadas en bioindicadores) miden los efectos biológicos de los contaminantes críticos del pasado y en el corto plazo, combinados, en lugar de sólo medir las características del agua en el momento del muestreo.

Moss (1980) menciona que una comparación simple entre comunidades bentónicas litorales y profundas de invertebrados, registradas en los picos de su desarrollo, en el mismo lago, indica la pobre diversidad de la comunidad litoral, con relación a la profunda. Moss menciona el caso del lago Esrom, en Dinamarca, donde en su litoral, al rededor de 2 m de profundidad, se pueden encontrar cerca de 40 especies. Mientras que en las zonas profundas, aproximadamente 20 m, sólo se encontraron 5 especies. El bentos profundo, viviendo en un hábitat estructuralmente menos complejo, cuenta con una diversidad reducida, pero no tiene necesariamente una baja productividad, pues su fuente de alimento puede ser copiosa. Las larvas de mosquitos (Borror, 1976) frecuentemente son muy abundantes y son un constituyente importante para muchos peces de agua dulce y otros animales acuáticos.

²Lenat, et al. *Use of Bentic Macroinvertebrates as Indicators of Environmental Quality*. En Worf, 1980.

III-2. Utilización de la caracterización biológica.

Lenat (1980) menciona un estudio realizado por Patrick en 1949, en la cuenca Conestoga, donde utilizó muestreo tanto químico como biológico. De tal análisis (Gráfica III-1), veintitrés arroyos se consideraron contaminados, de acuerdo con los datos biológicos, mientras que 6 de estos arroyos no mostraron indicios de contaminación química.

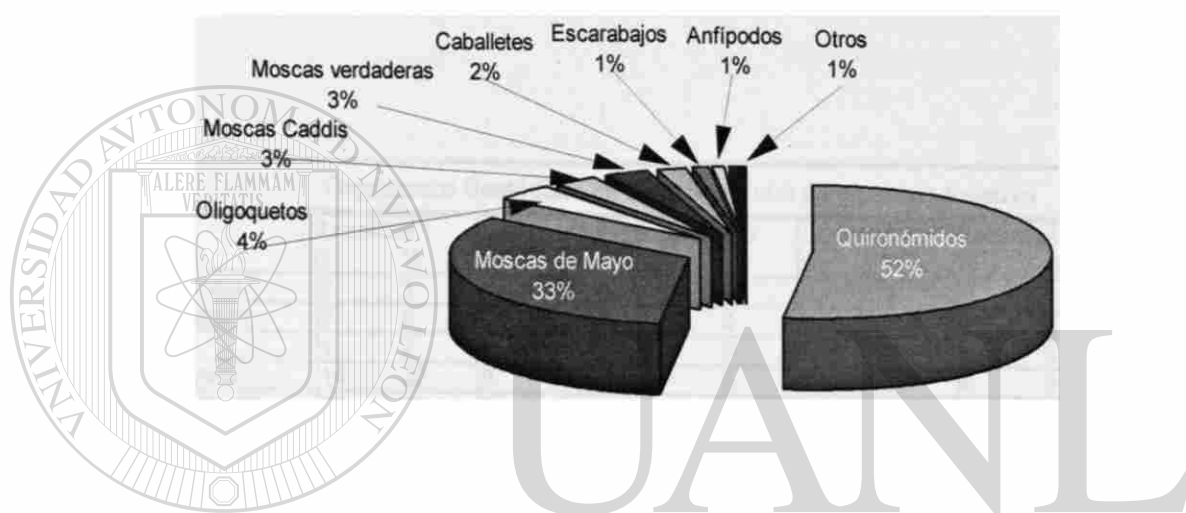


Gráfica. III-1. Representación de los arroyos de la cuenca Conestoga que pudieron ser determinados como contaminados, apoyándose en la caracterización fisicoquímica y biológica (basado en Lenat, 1980).

De los principales focos contaminantes (INEGI, 1986) en segundo lugar, en orden de importancia, se encuentra la población. Estos núcleos se localizan en las principales ciudades de Nuevo León y llegan al San Juan por medio de escurrimientos.

O'Connor (1999) menciona que partiendo del hecho de que la salud de los arroyos es indicada, en parte, por su diversidad, el número total de taxas observadas puede incrementarse consistentemente, mejorando la calidad del agua.

En la gráfica III-2 se presenta una visión general de la población de macroinvertebrados en un grupo de arroyos del medio oeste de los E. U. A.



Gráfica III-2. Porcentajes relativos de las taxas dominantes. (Tomado de O'Connor 1999).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

III-3. Estudios regionales de caracterización biológica

Valdés (1998) reporta un censo preliminar de la fauna bentónica en el arroyo Mireles, para evaluar el efecto de diferentes descargas que se vierten en tal escurrimiento, de ahí reporta una diversidad máxima, antes de las descargas (control) y una progresiva recuperación, conforme los puntos de muestreo se alejan de las mismas (tabla III-1). Localidades de muestreo:

- Dos kilómetros río arriba del efluente de la PTAR Allende. Control.
- Quince metros río abajo del efluente de la PTAR.
- Un kilómetro río abajo de la PTAR, escurrimiento de enzimóloga productora de *aspartame*.
- Seis kilómetros río abajo de enzimóloga, drenaje de granja avícola.
- Seis kilómetros río abajo de granja avícola, drenaje de granja de cerdos intermitente.
- Cuatro kilómetros río abajo de granja de cerdos, 200 m previa unión con el Arroyo Lazarillos.

Organismos Bentónicos en Recuento Total y Porcentaje Relativo												
Organismo	Localidad 1		Localidad 2		Localidad 3		Localidad 4		Localidad 5		Localidad 6	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%
Molusco Almeja	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Molusco Caracol	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Crustáceos	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Ephemeroptera	14	22	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3
Coleóptero Plathipus	17	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphineura	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odonatos	3	5	0	0	0	0	0	0	2	0	18	7
Platipus	17	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphineura	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3
Diptera	0	0	11	11	>500	50	0	0	67	8	158	63
Culicidae	0	0	0	0	>500	50	86	74	15	2	0	0
Chironomidae	2	3	0	0	0	0	3	3	684	83	43	17
Tipulidos	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	0	0	89	89	0	0	27	23	60	7	13	5
TOTAL	64		100		>1000		116		829		249	

Tabla III-1. Relación de presencia/ausencia de organismos en las distintas localidades observadas para el arroyo Mireles, Allende, Nuevo León (tomado de Valdés, 1998).

Ramírez (2000) al realizar una evaluación de la calidad del agua del Río Salinas, basándose en diversidad y riqueza, concluyó que la proporción de ejemplares de Ephemeropteros y Dípteros se ve afectada directamente por la descarga de drenaje doméstico.

Aunque Garza Treviño (1990) no precisa especies, debido a la dificultad de la identificación en el bolo alimenticio, reporta la presencia de abundantes larvas de libélulas en el estómago de la tortuga *Apalone spinifera emori* en el río Pesquería. Mientras que Contreras Arqueta (1991) reporta las siguientes especies de gasterópodos:

Cochliopina riograndensis

Physa (Haitia) mexicana

Cochliopina sp

Biomphalaria havanensis

Pyrgophorus spinosus

Planorbella (Pierosoma) trivolvis

Fossaria (Bekerilymnaea) cubensis

Gundlachia radiata

En el estudio realizado por Ruiseco (1995) se reporta la presencia del Oligoqueto *Dero nivea* para el cauce del río Pesquería.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
III-4. Métodos de muestreo y manejo de la muestra. ®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Merrit (1996) sugiere la utilización de la draga Ponar (AWWA, 1991; Weber, 1985), entre otros dispositivos, para la toma de muestras de bentos en hábitats lóticos, esto es, de ríos, así como para zonas litorales, sin vegetación, de lagos. La AWWA (1991) propone, para la toma de muestras de una manera acertada, comenzar un muestreo seriado desde los puntos más bajos de la corriente descendente, continuando hacia arriba, para evitar los trastornos inducidos

por la propia toma de muestras. Al mismo tiempo, promueve a la toma de muestras para análisis físico y químico cerca de las estaciones de toma de muestras biológicas.

Para reducir el tamaño de la muestra (Weber, 1973; Merrit, 1996) y agilizar su procesado, debe eliminarse el material orgánico fino, azolve, fango y arena fina. Estos finos se pueden eliminar haciendo pasar la muestra a través un tamiz U. S. Standard no. 30. Se recomienda el cribado de la muestra inmediatamente después de coleccionar la muestra, mientras los organismos capturados se encuentran vivos, ya que muchos organismos, al fijarlos, tienden a la fragilidad.

Aunque el formaldehído fue ampliamente utilizado en el pasado (Merrit, 1996), en la actualidad ha sido usualmente sustituido por el etanol. Para la preservación de la muestra, frecuentemente es recomendado el etanol al 95%; para la preservación de especímenes, es recomendado el etanol al 70-80%.

Las laminillas preparadas para la identificación pueden ser montadas temporalmente con agua (Merrit, 1996). Frecuentemente (Pennak, 1978) es necesario hacer preparaciones permanentes de la cabeza (de los quironómidos) para una identificación más propia. Se coloca la cápsula cefálica el cuerpo completo en KOH al 5 o al 10% y se calienta suavemente, hasta que los tejidos blandos se disuelvan y la cápsula esté transparentada. Se enjuaga en ácido acético y luego, dos veces, en agua. Tanto Merrit (1996) como Pennak (1978) sugieren el montaje en glicerina gel, Euparal y el Bálsamo de Canadá.

III-5. Modelos estadísticos.

O'Connor (1999) propone, como modelo básico, la medición de la 'riqueza taxonómica' o el número total de taxas existentes. Willoughby (1976) y Lenat (1980) hacen referencia a la frecuente utilización de los índices de diversidad (*Shannon-Weiner*) e índices bióticos (*Beck*), en el análisis de la fauna bentónica de macroinvertebrados.

Como lo menciona Krebs (1986), la función de Shannon-Weiner combina dos componentes de la diversidad: 1) el número de especies, y 2) la igualdad o desigualdad de la distribución de individuos en las diversas especies.

El cálculo de los índices de diversidad, una técnica frecuentemente criticada pero ampliamente utilizada aún en estudios de comunidades de insectos acuáticos, puede resultar en subestimados significativos, cuando la identificación al nivel de género —o familia—, más que aquellas hechas en el nivel de especie, que son utilizadas o aplicadas de modo irregular a las diferentes taxas superiores (Rosh, 1979b).

El tamaño de la muestra (Merrit, 1988) concierne a estudios en que un estimado de la densidad de población es el objetivo; sin embargo, muchos programas de muestreo se

relacionan con la determinación de si existe o no un cambio en una población, o un cambio entre dos poblaciones.

El número de muestras (n) se basa comúnmente en la tradición (Merritt, 1988); esta n está en función de:

- el tamaño de la media,
- el grado de agregación exhibido por la población y
- la precisión deseada de la media estimada.

La composición de unidades de muestra (muestras compuestas) de sitios puede usarse cuando el objetivo es determinar si dos o más sitios son diferentes (por ejemplo, distinguir corriente 'A' de un sitio 'B' debajo de la fuente, o cambios en un sitio en la corriente antes y después de un disturbio).

Sandoval y Molina Astudillo (Lanza Espino, 1999) mencionan que dentro del estudio de los insectos acuáticos, uno de los objetivos más importantes es el de su uso como indicadores de perturbación en los ecosistemas acuáticos de agua dulce, si se consideran en un sistema de monitoreo biológico. Dicho planteamiento está basado en una serie de características que les permite ubicarse por encima de otros grupos biológicos de igual importancia (Rosemberg y Resh, 1993), ya que los insectos acuáticos se encuentran en casi todos los hábitats posibles, por lo que son afectados en distintos niveles y estratos del sistema.

Por otra parte, varias especies presentan un intervalo amplio de respuesta a la contaminación, y por sus hábitos sedentarios (en relación con otros taxa) y ciclos de vida relativamente largos, permiten establecer consideraciones del estado de salud de un cuerpo de agua en el tiempo y en el espacio. Los insectos acuáticos se pueden utilizar a distintas escalas, dentro del monitoreo biológico que, de acuerdo con el tipo de análisis, permite llegar a conclusiones que establezcan los destinos y usos del agua. De esta forma, se plantean estudios de especies monitores y centinelas con respuesta, desde el punto de vista bioquímico y fisiológico, a sustancias tóxicas como plaguicidas, que llegan a alterar el metabolismo de los individuos afectando su sistema respiratorio, y en otros casos, llegando a bioacumular metales pesados en sus tejidos; mientras que el análisis dentro del ámbito morfológico se expresa por malformaciones en sus estructuras, como consecuencia a la exposición continua de dichas sustancias tóxicas.

Sin embargo, Sandoval (1999)³ opina que se requiere un grado avanzado en el conocimiento de biología de las especies para el manejo adecuado de los organismos que, aunado al elevado costo en la aplicación de dichos proyectos, los hace poco prácticos para fines de una rápida evaluación de la calidad del agua.

Por otro lado, los estudios en el nivel de comunidad permiten establecer diagnósticos tempranos y económicos en dicha evaluación. Este concepto está basado en el hecho de esperar una alta diversidad en un ecosistema acuático sin perturbación, por lo que este análisis se estructura con base en la riqueza de taxa, los índices de diversidad,

³ En Lanza Espino, 1999.

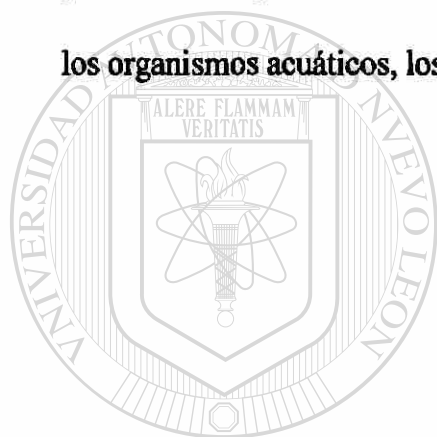
los índices bióticos, los índices de similitud y los análisis en los grupos funcionales alimenticios. También se pretende, de esta manera, encontrar o seleccionar las especies indicadoras para aplicar un monitoreo permanente que permita conocer los cambios paulatinos en la recuperación o deterioro de un cuerpo de agua, dada la presencia, ausencia y cambios en la abundancia numérica de estas especies.

En la búsqueda de la selección de especies indicadoras se debe tomar en cuenta la gran diversidad de insectos acuáticos en México, por lo que se deben considerar los criterios de nivel regional, o bien, por provincias geográficas. Esta revisión (Lanza Espino, 1999) tiene como objetivo la propuesta de algunos métodos para la evaluación de la calidad del agua, así como también ser una guía de campo y laboratorio en el reconocimiento de los géneros de insectos acuáticos que viven en nuestro país. En la recopilación de Lanza Espino (1999) se agruparon de acuerdo con el grado de tolerancia a la contaminación, teniendo de esta manera taxas tolerantes, facultativos e intolerantes. Asimismo, los datos presentados sobre la distribución y biología de las especies están basados en los trabajos taxonómicos y ecológicos de especialistas nacionales y extranjeros.

Los oligoquetos náididos y sanguijuelas (Klemm, 1982) no han sido utilizadas en calidad del agua tan extensivamente como los tubificidos, pero sus requerimientos han sido documentados en estudios ecológicos y muchos son indicadores ambientales efectivos. Rodríguez Morán (1991), al hablar de los oligoquetos, menciona qué especies

de oligoquetos han sido utilizadas en evaluaciones de ambientes acuáticos, como indicadores biológicos de la contaminación.

La composición y abundancia de especies (Klemm, 1982) de animales bentónicos se usan comúnmente para demostrar los efectos de la contaminación en la integridad biológica de aguas superficiales (aguas excluyentes de las subterráneas) y cambios en la comunidad biótica resultantes de las actividades destructivas de los humanos. Para percibir los requerimientos de la calidad del agua y la tolerancia a los contaminantes de los organismos acuáticos, los animales deben ser identificados por su especie.



III-6. El área de estudio.

En el estado de Nuevo León (INEGI, 1986) quedan inscritas parte de las siguientes regiones hidrológicas: Río Bravo (Nº 24), que corresponde a la región centro-norte; San Fernando-Soto La Marina (Nº25), en la parte este-sureste; y El Salado (Nº 37), en la porción sur suroeste del estado.

La importancia de tener una imagen más real del escurrimiento ha llevado a dividir el río bravo en varias cuencas. En el estado de Nuevo León penetran parte de cinco de ellas. La mayor parte de la cuenca Río Bravo—San Juan (24B), 19 804.911 km², queda dentro del estado, por lo que su estudio es muy importante para la entidad.

Una de las corrientes principales es el río San Juan, segundo afluente de importancia del Bravo; tiene como subcuencas intermedias:

Presa Marte R. Gómez (24BA)	Río San Miguel (24BE)
Río San Juan (24BB)	Río Monterrey (24BF)
Río Pesquería (24BC)	Río Ramos (24BG)
Río Salinas (24 BD)	y Río Pílon (24BJ)

El mayor de los afluentes del San Juan es el Pesquería. Dada la importancia que tiene en el estado de Nuevo León se realizaron estudios para determinar el grado de contaminación de sus aguas; los resultados indican que el problema es de primer orden y que requiere control inmediato. A continuación se listan las corrientes que alimentan al río San Juan en orden de prioridad por carga orgánica.

Corriente	Localización	Carga orgánica (DBO)
1 Arroyo Topo Chico	Col. Las Puentes	147.0
2 Arroyo Talavera	P. Dulces Nombres	106.0
3 Río Santa Catarina	Monterrey	21.5
4 Río La Silla	Col. Los Lermas	8.8
5 Río Pesquería	P. Escobedo	5.6
6 Arroyo Ayancual	Carretera Los Ramones	12.0
7 Río Santa Catarina	Cadereyta	5.4
8 Río Pesquería	Los Herreras	5.2
9 Río Pesquería	La Arena	4.2
10 Río Pesquería	Los Ramones	4.2
11 Río Salinas	Ciénega de Flores	4.1
12 Río San Juan	P. Los Aldamas	3.4
13 Río San Juan	P. China	2.3
14 Canal Rode	Presa Marte R. Gómez	2.2
15 Río Pesquería	Villa de García	1.8
16 Río San Juan	P. El Porvenir	1.8
17 Río San Juan	P. San Juan	1.4

Tabla. III-2. Importancia de los principales escurrimientos de la cuenca San Juan, de acuerdo a su carga orgánica en DBO5 (INEGI, 1986).

CAPÍTULO IV

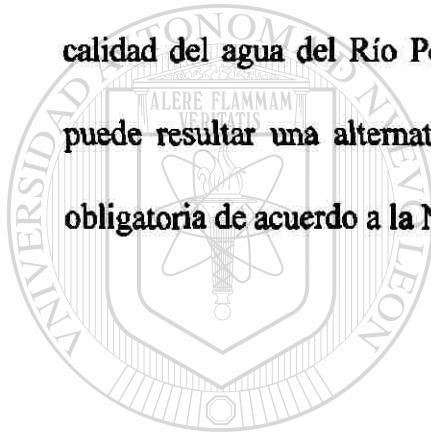
OBJETIVO GENERAL

Proponer un método para evaluar la calidad del agua del Río Pesquería, como fuente de recursos hidrológicos, midiendo el efecto de las descargas del agua residual del área metropolitana de Monterrey sobre la diversidad de especies en la macrofauna bentónica; desde la cabecera analizando sobre dos corrientes tributarias (Salinas y Topo Chico) hasta el final del cauce, en la corriente principal del Río Pesquería, antes de su descarga en el Río San Juan.

CAPÍTULO V

HIPÓTESIS.

La utilización de los organismos bentónicos como indicadores, para evaluar la calidad del agua del Río Pesquería y los efectos de las descargas de aguas residuales, puede resultar una alternativa adecuada y conveniente para simplificar esa actividad obligatoria de acuerdo a la NOM-ECOL-001.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

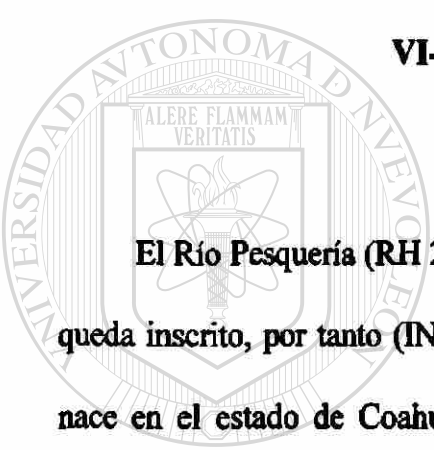


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPÍTULO VI

MATERIAL Y MÉTODO.

VI-1. Ubicación del Área de Estudio



El Río Pesquería (RH 24BC) es uno de los principales tributarios del Río San Juan, queda inscrito, por tanto (INEGI, 1986), a la región hidrológica del Río Bravo (N° 24), nace en el estado de Coahuila y atraviesa casi totalmente el estado de Nuevo León,

desde el Municipio de García, hasta el Municipio de Doctor Coss, donde finalmente se une con el Río San Juan; durante su recorrido a través del estado, es alimentado, entre otros escurrimientos, por el río Salinas y Doctor González, por el norte, así como por los arroyos Topo Chico y Ayancual, por el lado sur. De estas vertientes se eligieron el Topo Chico y el Salinas, en su cabecera, como muestras control, mismas que se utilizaron para comparar lo colectado al desembocar el Río Pesquería en el San Juan, de manera que se pudiera obtener un punto de comparación entre las localidades con buena calidad de agua, por ser cabecera (Topo Chico y Salinas), y la localidad a tratar (Río Pesquería) posterior a su paso por la mancha urbana de Monterrey, capital del Estado.

De esta manera, las tres localidades se ubican como se esquematiza en la tabla VI-1 y se presenta en la figura VI-1.

Número	Localidad		Coordenadas	
1	Topo Chico	Control (Testigo)	N 25° 44' 355"	W 100° 19' 581"
2	Salinas	Control (Testigo)	N 25° 56' 550"	W 100° 24' 249"
3	Los Herreras	Tratamiento	N 25° 54' 320"	W 99° 21' 780"

Tabla VI-1. Ubicación geográfica de las localidades de muestreo, según coordenadas registradas con GPS.

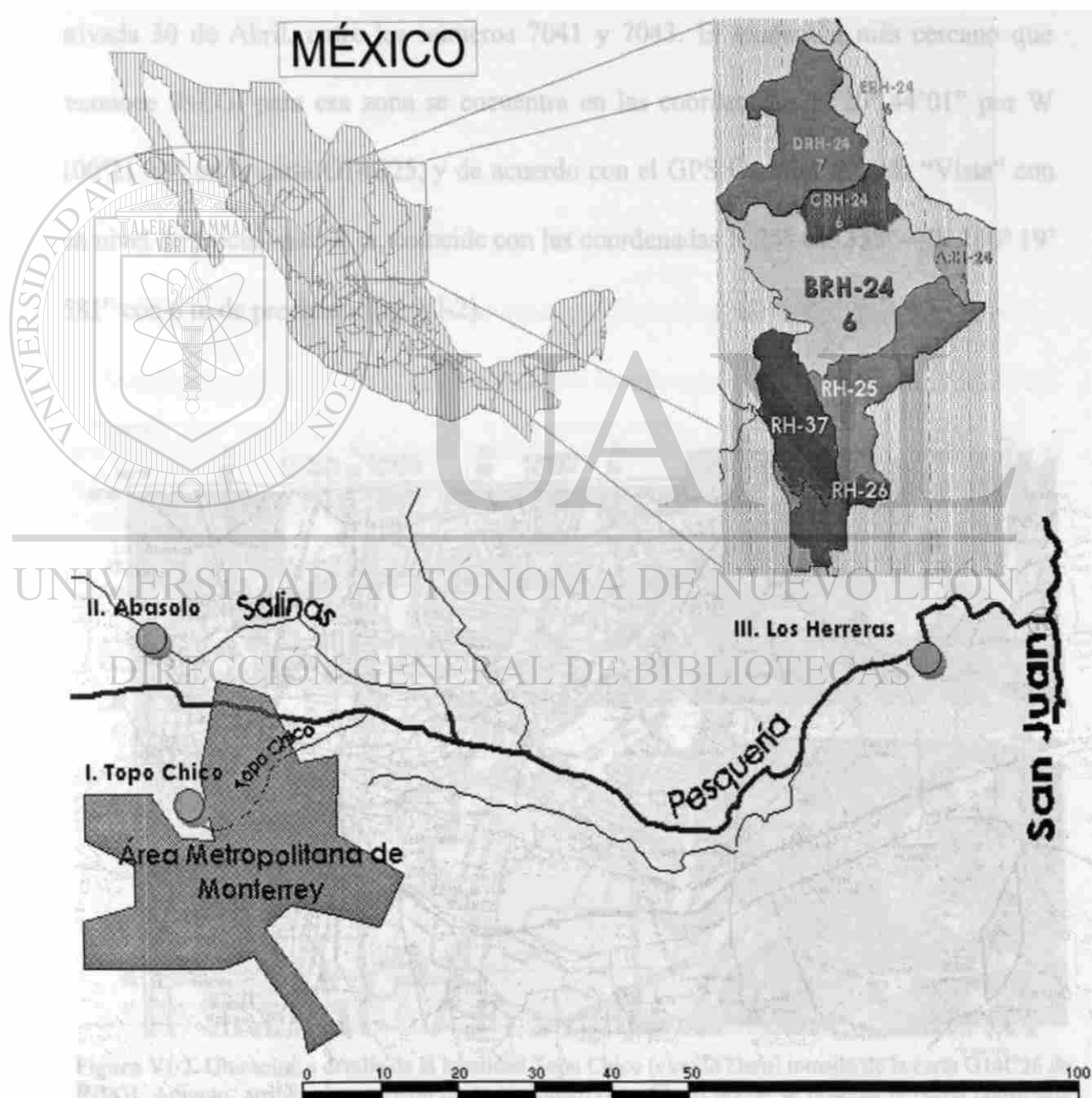


Figura VI-1. Área de estudio (escala en kilómetros), con la ubicación de las regiones hidrológicas más importantes del estado de Nuevo León, destacando Río Bravo-San Juan como BRH-24. En romanos las localidades de muestreo.

V-1.1 Topo Chico.

La localidad de muestreo ubicada en el ojo de agua del arroyo Topo Chico (I), es uno de los diferentes manantiales que alimentan a este arroyo, ubicado en el municipio de Monterrey, al norte de la mancha urbana, para desembocar finalmente en el Río Pesquería, en el municipio de Apodaca. El sitio se encuentra localizado en la colonia Topo Chico, perteneciente al Área Metropolitana de Monterrey, 8 m al poniente de la privada 30 de Abril, entre los números 7041 y 7043. El manantial más cercano que reconoce INEGI para esa zona se encuentra en las coordenadas N 25° 44'01" por W 100°21'13" en la carta G14C25, y de acuerdo con el GPS Garmin, modelo "Vista" con un nivel de precisión de 3 m, coincide con las coordenadas N 25° 44' 355"—W 100° 19' 581" con 6 m de precisión (fig. VI-2).

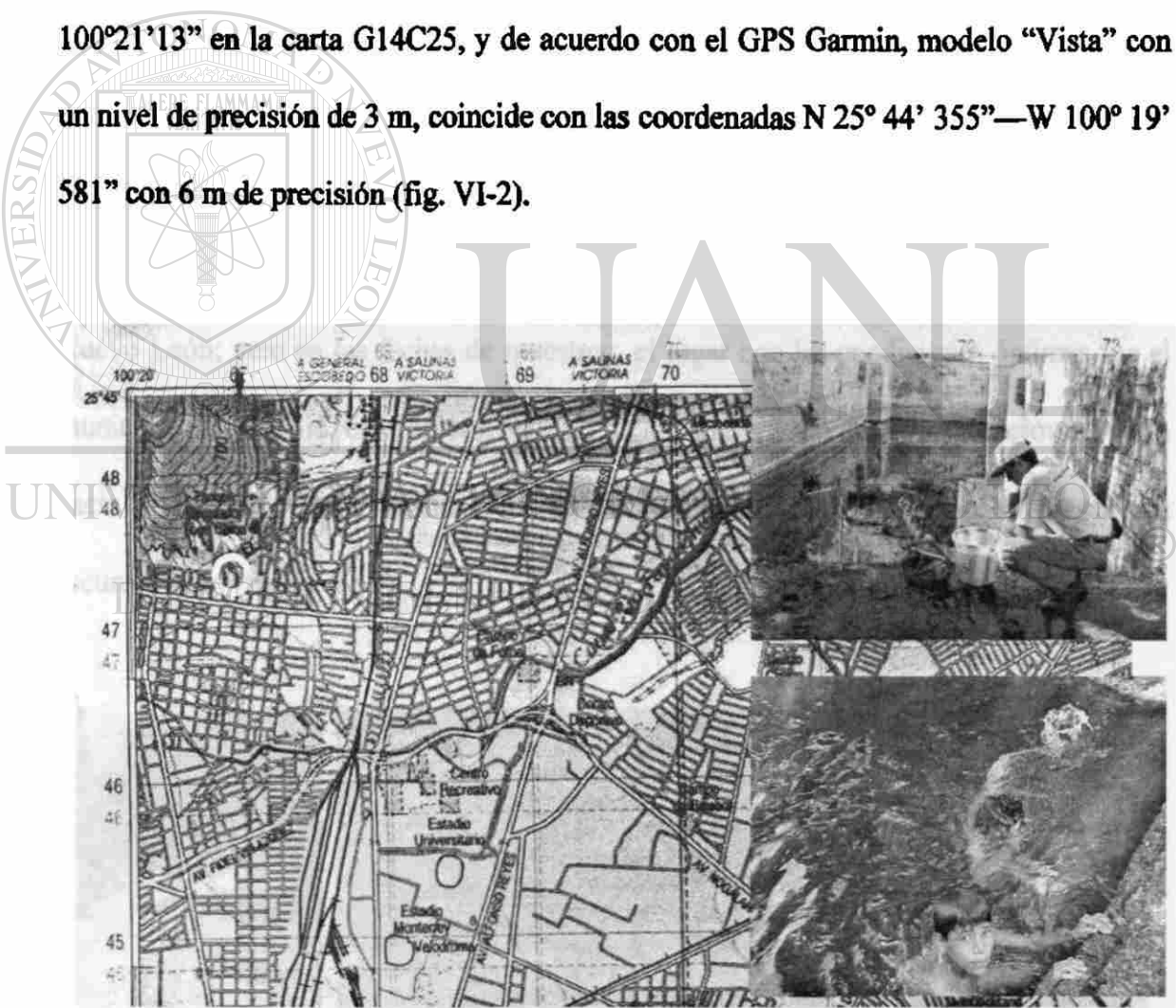


Figura VI-2. Ubicación a detalle de la localidad Topo Chico (círculo claro) tomado de la carta G14C26 de INEGI. Adjunto, arriba, vista general de la localidad Topo Chico donde se observa la barda construida alrededor y el 'vertedor' hacia el lado sur de esta pila; abajo, vecinos de la localidad mostrando la profundidad del estanque.

Los vecinos de la colonia reconocen el lugar como el 'Ojito de Agua', utilizándolo frecuentemente como balneario y zona de pesca por las 'mojarras', cangrejos de río y demás organismos presentes en el estanque. Los vecinos del lugar comentan que al ojo de agua se le construyó una barda por parte de unos colonos, esto fue con el fin de protegerlo. La construcción le da una profundidad mínima al manantial de 1.43 m, mientras que la profundidad máxima no se alcanzó con la draga, utilizando un cordel de 5 m.

V-1.2 Abasolo.

La localidad de Abasolo (II), busca reflejar las condiciones de 'cabecera' para el Río Salinas (esto es, mejor calidad de agua y poblaciones más equilibradas en cuanto a su diversidad y abundancia), que nace según la cartografía en el municipio de Mina, Nuevo León; pero en las fechas de muestreo, el lugar con las condiciones óptimas fue el municipio de Abasolo, en el kilómetro 22.6 de la carretera Monterrey—Monclova, 300 m hacia el noroeste de la misma, ya que en el municipio de Mina no se presentaba escurrimiento (figura VI-3).



Figura VI-3. Ilustración de la nula afluencia del Río Salinas en el municipio de Mina N. L.

El muestreo se llevó a cabo a la altura del puente del Río Salinas, siguiendo el borde del mismo, 300 m hacia el noroeste; esto es, aguas arriba (figura VI-4). El GPS registró para este punto, N 25° 56' 550"—W 100° 24' 249". En la carta topográfica G14C15 se ubica en las coordenadas N 25° 56' 550"—W 100° 24' 249".

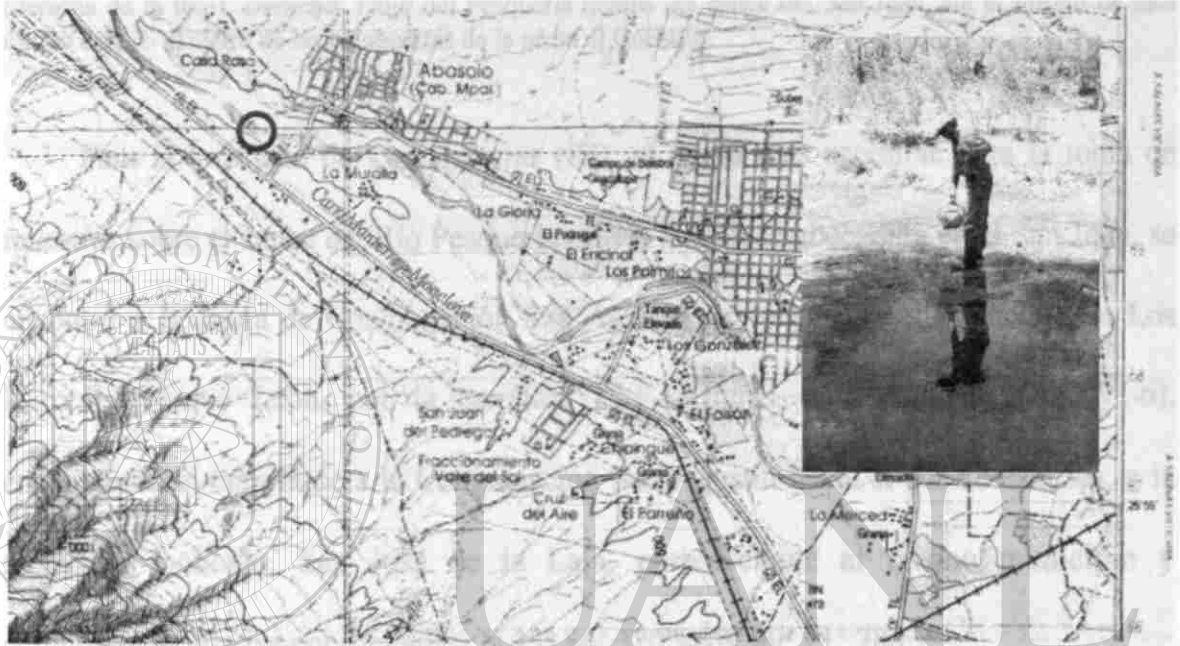


Figura VI-4. Ubicación a detalle de la localidad Abasolo (círculo obscuro) tomado de la carta G14C15 de INEGI. Adjunto, arriba, vista de la localidad Abasolo donde se alcanza a apreciar la profundidad del escurrimiento.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

V-1.3 Los Herreras.

La elección de este punto se debió a que la zona más cercana a las adjuntas Pesquería—San Juan, presentaba grandes dificultades para el acceso, además de la falta de flujo en el cauce del Río San Juan, ocasionada por el cierre de las compuertas de la presa El Cuchillo, provocando condiciones de estancamiento de agua en esta zona (fig. VI-5).



Figura VI-5. *Izquierda:* Cauce del Río San Juan, con encharcamientos aislados y zonas de fango. *Centro:* Vista con detalle del arribo de las aguas del Pesquería hacia el San Juan con la pendiente hacia el norte (derecha de la foto). *Derecha:* Flujo del Pesquería dentro del cauce del San Juan, sin el influjo de éste último debido al cierre de las compuertas de la presa el Cuchillo.

Para la localidad de Los Herreras (III), el punto más accesible para la toma de muestras sobre el cauce del Río Pesquería previo a su desembocadura en el San Juan, se encontró a la altura de Congregación San Agustín, perteneciente al municipio de Los Herreras, Nuevo León, por la carretera Los Herreras—Los Aldamas (fig. VI-6), encontrando el entronque a la Congregación San Agustín hacia el sur de esta vía, a la altura del poblado, San José de la Laja, perteneciente al mismo municipio y coincidiendo con las coordenadas: N 25° 54' 320"—W 99° 21' 780".



Figura VI-6. Ubicación, en detalle, de la localidad: Los Herreras (círculo obscuro) de la carta G14C18 de INEGI. Adjunto, Río Pesquería visto desde el puente que une San Agustín con el camino San José de la Laja - Los Herreras, arriba Oriente, abajo Poniente.

V-2. Manejo de muestras.

Dentro de cada una de las localidades se tomaron cuatro muestras, distribuidas como se presenta en el 'Detalle de Zona de Muestreo' (Figura VI-7) buscando satisfacer la significancia estadística de las muestras recolectadas. En cada uno de los puntos se tomó una porción del fondo (bentos) del cuerpo de agua, con una *Pala Ponar* y/o el dispositivo de *Surber* para los substratos rocosos (*Standard Methods*, 1992), cubriendo una área de 20 X 20 cm y la profundidad que permite la roca; en los substratos rocosos el muestreo se realizó 'barriendo' medio metro cuadrado (0.5 m^2) anterior al dispositivo (Surber) con respecto a la corriente, con lo que se consiguió capturar los organismos presentes entre las rocas y/o plantas, lavándolos con la misma corriente hacia la boca del dispositivo.

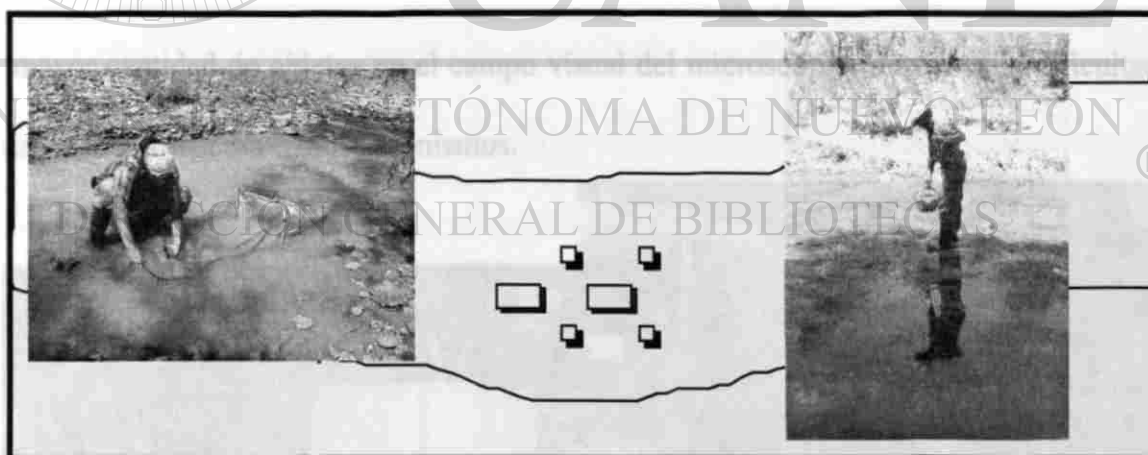


Figura VI-7. Detalle de la *Zona de Muestreo*, con los rectángulos se representan las muestras tomadas con el dispositivo Surber, mientras que los cuadros sombreados señalan los puntos donde se tomaron muestras con la draga Ponar.

Las muestras con los organismos se vertieron en bolsas de plástico de 25 X 18 cm (fig. VI-8.a), en donde se agregaba el formol al 5% como fijador, manteniéndolos allí durante 24 h, posteriormente, en el laboratorio, se lavaron en agua corriente (fig. VI-

8.b), al mismo tiempo se tamizaron utilizando cribas “U. S. Standard Sieve Series” con una luz de malla de 149 μm (149 micras ó 0.0059 pulgadas), almacenándose en alcohol etílico al 95% (Merrit, 1996) para su preservación.



Figura VI-8. a) Izquierda, vertido en bolsas; b) centro, lavado y cribado de muestras; c) derecha, preservación en alcohol al 95%.

Una vez en alcohol, las muestras se vertieron en charolas de vidrio de 30 X 20 cm para ser observadas y separadas según su morfología, bajo el microscopio de disección (fig. VI-9). Con esta selección se eliminó la arena fina y el debris que pudo haber pasado la criba, facilitando, a partir de este procedimiento, el manejo de los organismos, ya que a mayor cantidad de objetos en el campo visual del microscopio, mayor es la dificultad para la identificación de los organismos.



Figura VI-9. Separación de organismos con la ayuda del material de disección: microscopio estereoscópico, palanganas traslúcidas, agujas, pinzas, frascos y alcohol.

La identificación se llevó a cabo utilizando como herramientas:

- Microscopio compuesto Carl Zeiss, con objetivos de 10x, 40x y 100x.
- Microscopio estereoscópico de disección Carl Zeiss, con objetivos de 2x y 4.5x,
- Cajas petri.
- Agujas de disección.
- Frascos con etanol al 95%.
- Frascos viales de 1.15 mL para ordenar organismos según taxa y muestra.
- Portaobjetos y cubreobjetos para la preparación de laminillas.
- Bibliografía especializada para identificación de invertebrados de agua dulce (Merritt & Cummins, Pennak, Thorp, Novelo—Gutiérrez).

Klemm (1982) menciona que, idealmente, las muestras con oligoquetos no deben ser cribadas. Sin embargo, resulta frecuentemente impráctico abstenerse de lavar las muestras, de manera que se sugiere colocar en el tamiz pequeñas porciones de muestra y agitarlas suavemente con la criba sumergida en el agua. Al mismo tiempo, recomienda utilizar el tamiz U. S. Standard no. 60 (60 hilos por pulgada, luz de 0.250 mm). Durante la preparación de las laminillas semipermanentes sugiere pasar directamente de la formalina al 10% a un medio no resinoso con un aclarador (*Aquamount* o CMC-10) o en lugar de un medio no resinoso, colocar temporalmente los organismos en Lactofenol de Amman, también mencionado por Rodríguez Morán (1991). Mientras que Echegaray Treviño (1991) prefiere el montaje permanente directamente de alcohol 70% a Bálsamo de Canadá.

Guajardo Martínez¹ (2002) sugiere tratar a los oligoquetos según el método utilizado para transparentar nemátodos detallado por Peña Rivera (1983), donde se infiltran los organismos en glicerina. Esto es, los nemátodos (o en este caso los oligoquetos) se pasan a una mixtura de alcohol glicerol que está constituida por, 1.5% de glicerina (3 mL de glicerina, 50 mL de etanol y 147 mL de agua destilada) tanto el agua como el alcohol se evaporan en un período de 2-4 semanas, tiempo en el cual deben permanecer en una desecadora con cloruro de calcio, al término del cual los nemátodos quedarán incluidos en la glicerina pura. Los nemátodos, una vez transparentados, son montados en la misma glicerina y ésta debe ser sellada; el sellado puede ser con esmalte transparente. La diferencia con lo sugerido es la proporción de los ingredientes, pues en este caso se colocaron los organismos en un 15% de glicerina con una previa adición de rosa de Bengala, para tefir el aparato reproductor (Araico Barturen, 1991) y 85% de alcohol etílico, con el fin de acelerar el proceso de evaporación del alcohol, expuestos en una atmósfera hermética al cloruro de calcio anhidro.



Figura VI-10. Desecadora habilitada para la preparación de los oligoquetos en glicerina, con rosa de bengala dentro de los viales de 1.15 mL.

¹ M. C. Gerardo Guajardo M. 2002. Comunicación personal. Jefe de Laboratorio de Zoología de Invertebrados No—Artrópodos, F. C. B., U. A. N. L.

Los organismos colectados se depositaron, según sus taxas (fig. VI-11), en las colecciones pertinentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con el fin de que sirvan de precedente para estudios posteriores.

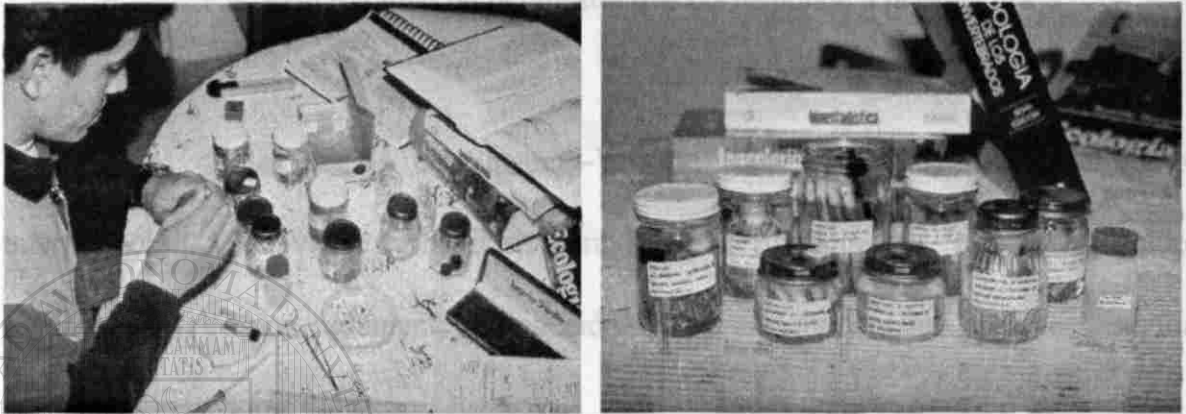


Figura VI-11. Muestras de organismos clasificados según sus localidades de origen y taxas.

V-3. Análisis Numérico.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Una vez contabilizados los datos obtenidos, se trataron éstos, analizándose según los modelos numéricos de evaluación de diversidad, aplicando la función de Shannon-Wiener² (Krebs, 1985; Ramírez, 2000).

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

² Esta función la descubrieron por separado Shannon y Wiener, y a veces se le denomina incorrectamente función de Shannon-Weaver (Krebs, 1985).

donde

H = contenido de información de la muestra (bits/individuo) índice de diversidad de la especie.

s = número de especies.

p_i = proporción total de la muestra que corresponde a la especie i .

Acerca de la función de Shannon-Wiener, Ramírez (2000) menciona como interpretación a los valores obtenidos para los escurrimientos en 'muy enriquecido orgánicamente', 'moderadamente enriquecido' y 'sin enriquecimiento orgánico', según sus magnitudes, como sigue.

$H' = 0-1 =$ Eutrófico (muy enriquecido orgánicamente).

$H' = 1-2 =$ Mesotrófico (moderadamente enriquecido).

$H' = 2-3 =$ Oligotrófico (sin enriquecimiento orgánico).

Otra función utilizada fue el Índice de Morisita ' I_d ' (Margalef, 1982; Dubois, 2000)

$$I_d = Q \frac{\sum_{i=1}^Q n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

donde N es el número de puntos en el sistema de muestreo, n_i es el número de muestras encontradas en la $i^{\text{ésima}}$ celda, y Q es el total de número de celdas. Desplegando el número de valores del índice contra el tamaño de las celdas, se puede investigar el grado de contagio de la red de muestreo; esto es, la probabilidad de que dos puntos del sistema se encuentren dentro de la misma celda.

Para una regular distribución de celdas en el espacio, I_{δ} se incrementa con el tamaño de las celdas para alcanzar el valor 1, si la distribución espacial de las muestras es aleatoria pero homogénea, I_{δ} es independiente del tamaño de las celdas y fluctúa en derredor de un valor medio de 1, cuando se presentan grupos ('clusters'), I_{δ} se expresa en un número mayor de 1.

Por último, se utilizará el "Índice Biótico de Hilsenhoff", que consiste en la evaluación del grado de contaminación orgánica mediante valores predeterminados de tolerancia para los géneros encontrados. El modelo se representa como sigue:

$$IBH = \frac{\sum x_i t_i}{n}$$

donde,

IBH , Índice Biótico de Hilsenhoff

x_i , es la abundancia del género i

t_i es la tolerancia del género i (Bode, 1991 y Mandaville, 2002)

y n es la sumatoria de la abundancia de todos los géneros.

Índice biótico	Calidad del agua	Grado de contaminación orgánica.
0.00-3.50	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente.
3.51-4.50	Muy buena	Posible contaminación orgánica ligera.
4.51-5.50	Buena	Poca contaminación orgánica.
5.51-6.50	Moderada	Contaminación orgánica moderada.
6.51-7.50	Moderadamente pobre	Contaminación orgánica significativa.
7.51-8.50	Pobre	Contaminación orgánica alta.
8.51-10.00	Muy pobre	Contaminación orgánica severa.

Tabla VI-2 Rangos de los valores de tolerancia a la contaminación orgánica, de 0 hasta 10, según el IBH (Mandaville, 2002).

CAPÍTULO VII

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

VII-1. Caracterización fisicoquímica

VII-1.1 Caracterización fisicoquímica puntual.

La caracterización fisicoquímica fue realizada por la empresa “Agua Industrial del Poniente”, S.A. (AIPSA), en Santa Catarina, N. L., resultando los datos mostrados en la

Tabla VII-1. El muestreo de agua difiere en fechas del muestreo de bentos, y durante el muestreo de agua se observaron turbias las localidades, lo cual sugirió la presencia de lluvias recientes, mientras que en el Topo Chico sólo se vio afectada en el nivel.

10-sep-01	Unidades	LMP _D	Topo Chico	Abasolo	Los Herrera
pH	unidades pH		7.20	7.30	7.50
T	°C	40	29.00	26.50	33.00
DBO ₅	mg/L	60	0.50	14.88	7.65
P total	mg/L	10	0.01	0.98	0.21
NTK	mg/L	25	0.56	10.92	2.24
SST	mg/L	60	2.00	540.00	40.00
DQO	mg/L		14.54	96.96	21.81
G y A	mg/L	25	5.00	5.50	5.00

Tabla VII-1.1. Resultados de caracterización fisicoquímica para las tres localidades de muestreo con fecha de ingreso 10-09-01. LMP_D: límite máximo permisible, en promedio diario, para la protección de la vida acuática (según NOM-ECOL-001). En 'bold' (negrita) el valor más alto de cada parámetro.

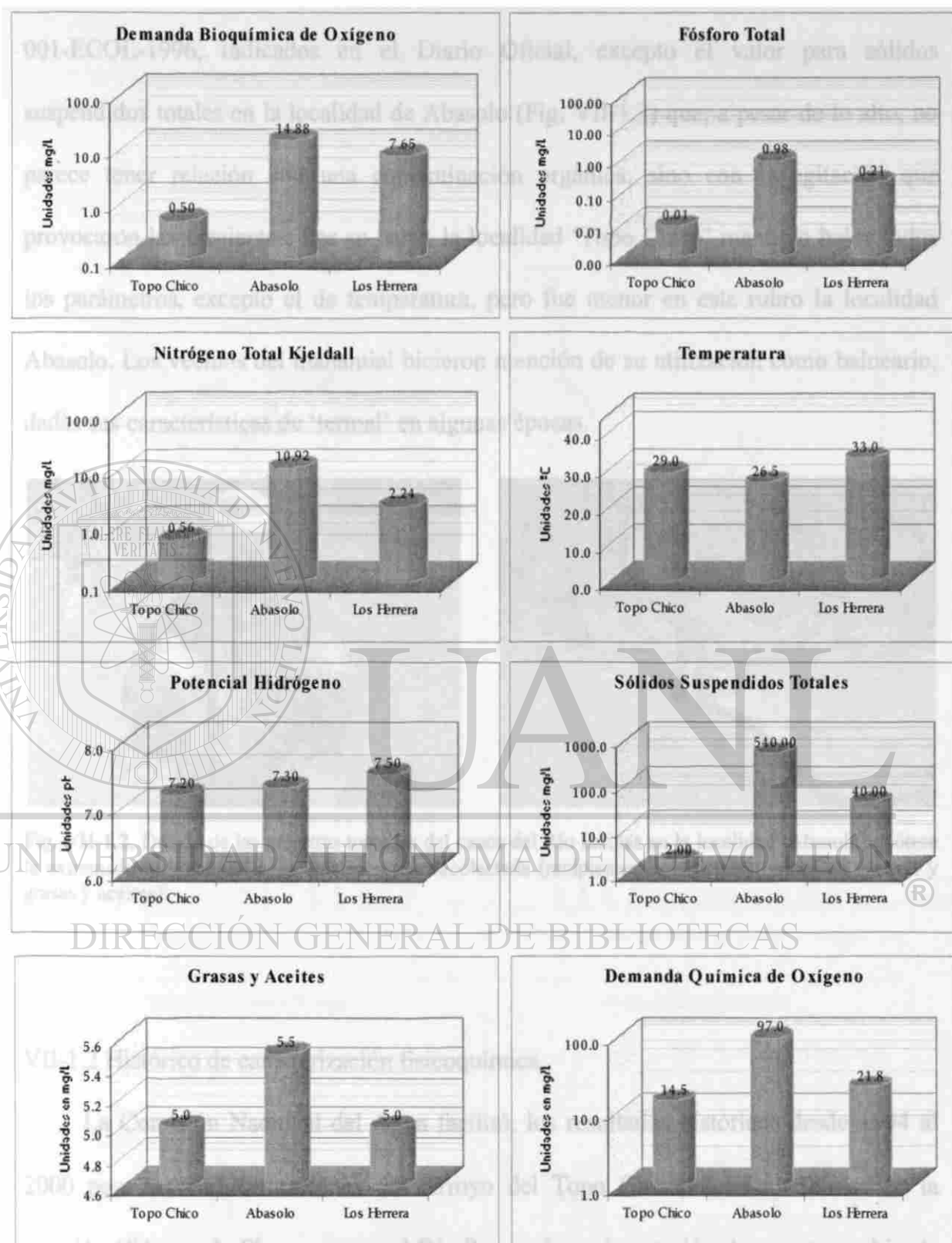


Fig. VII-1. Resultados de los análisis fisicoquímicos para las tres localidades de muestreo. Debido a la diferencia en los valores reportados entre los diferentes parámetros, algunas gráficas se presentan con escala logarítmica para facilitar su lectura.

Ninguno de estos resultados exceden los límites establecidos por la norma NOM-001-ECOL-1996, indicados en el Diario Oficial, excepto el valor para sólidos suspendidos totales en la localidad de Abasolo (Fig. VII-1.2) que, a pesar de lo alto, no parece tener relación con una contaminación orgánica, sino con la agitación que provocaron las crecientes. Por su parte, la localidad 'Topo Chico' mantuvo bajos todos los parámetros, excepto el de temperatura, pero fue menor en este rubro la localidad Abasolo. Los vecinos del manantial hicieron mención de su utilización como balneario, dadas sus características de 'termal' en algunas épocas.

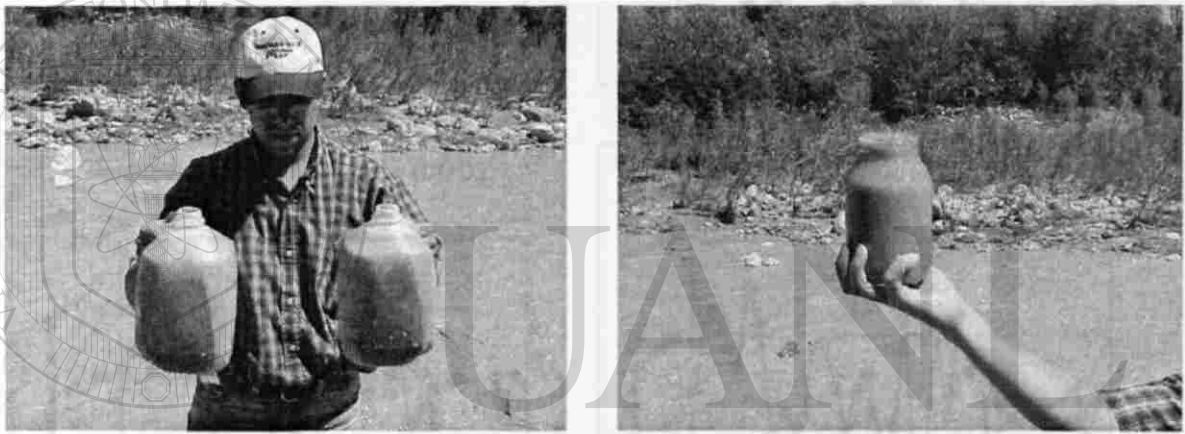


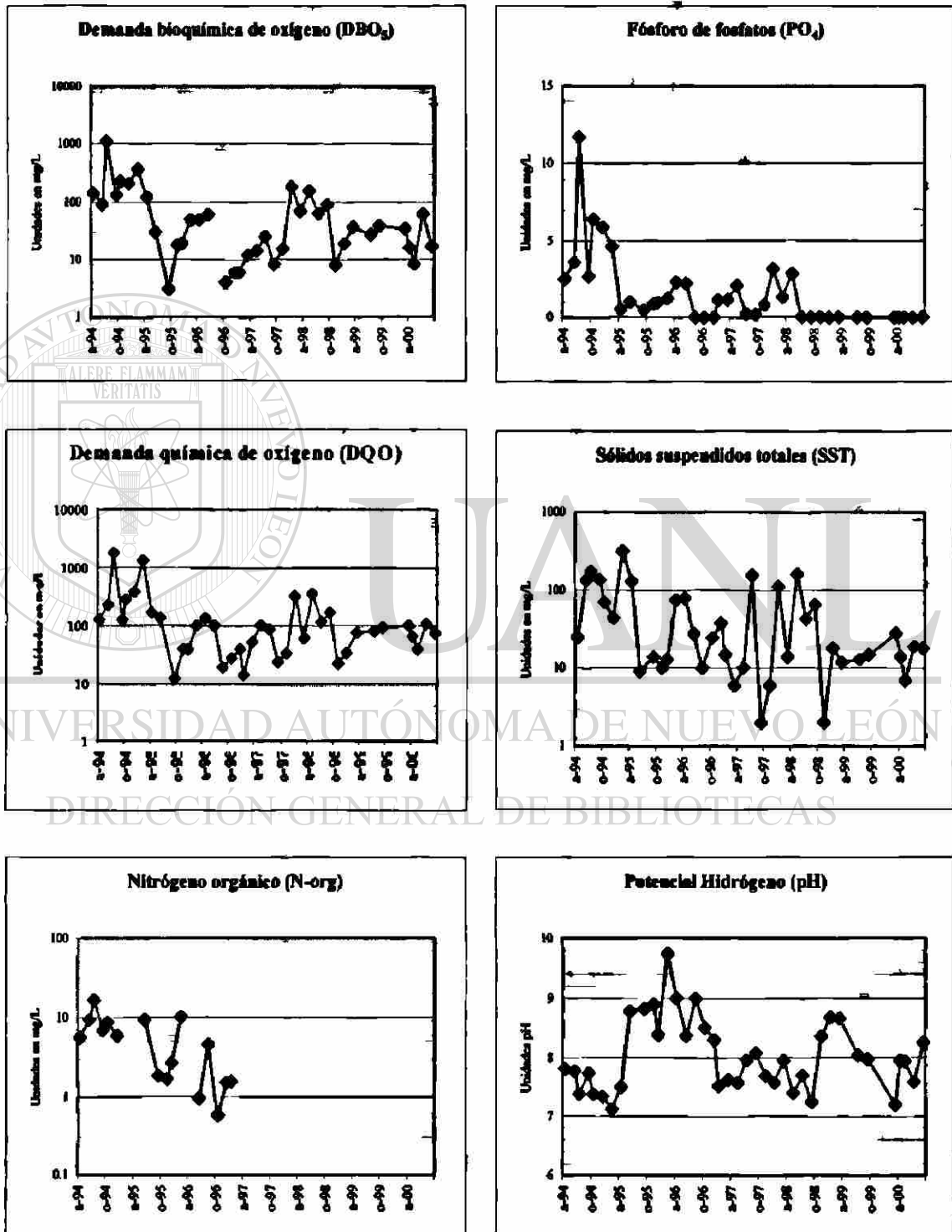
Fig. VII-1.2. Detalle de las muestras tomadas del cauce del Río Salinas en la localidad 'Abasolo'. Nótese la extrema turbidez del agua corriente y la recolectada (recipientes para fisicoquímicos en general y grasas y aceites).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

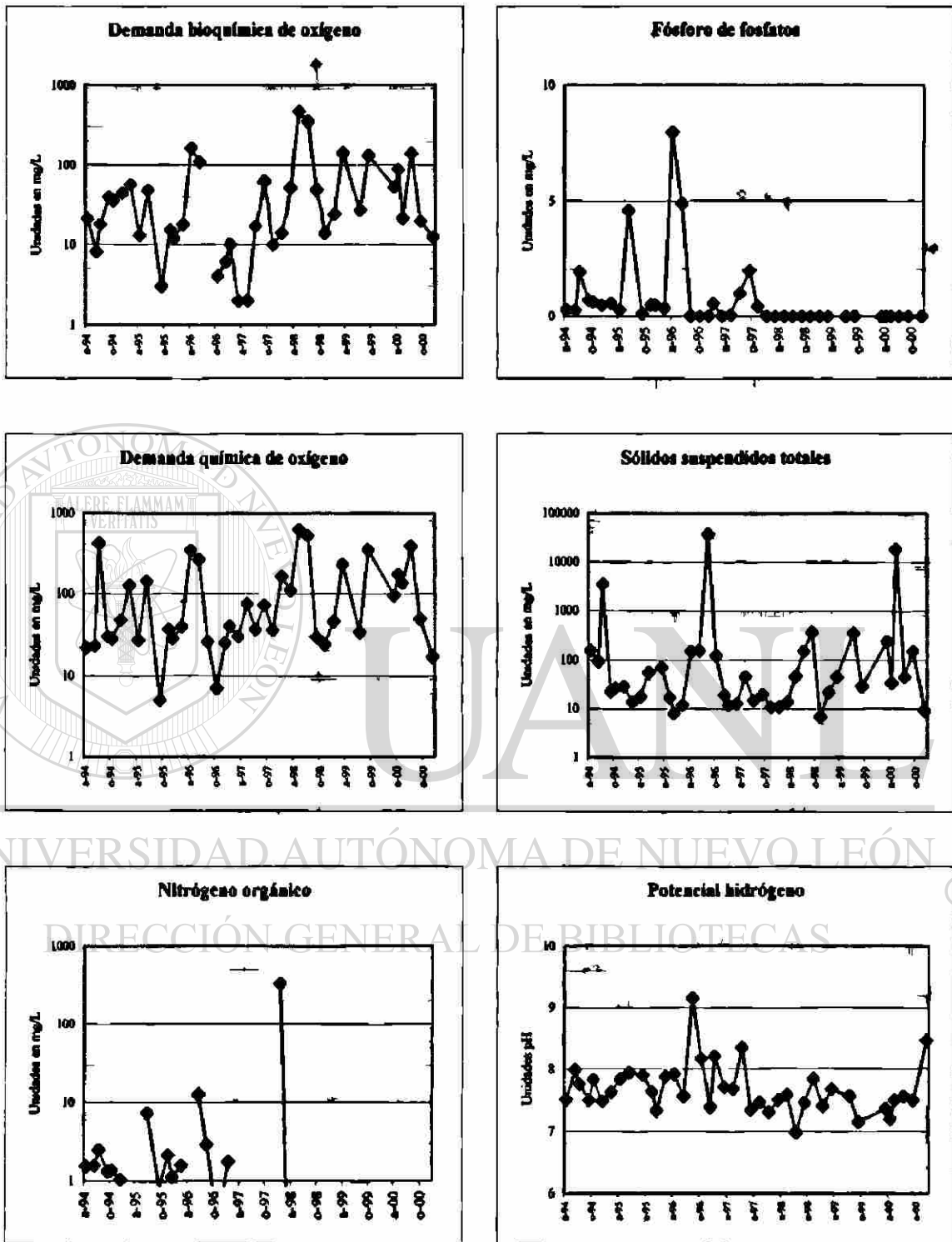
VII-1.2 Histórico de caracterización fisicoquímica.

La Comisión Nacional del Agua facilitó, los resultados históricos desde 1994 al 2000 para las caracterizaciones del Arroyo del Topo Chico, del Río Salinas en la estación Ciénega de Flores, y para el Río Pesquería en la estación de muestreo ubicada en Los Herreras, N. L.

Se presentan a continuación las gráficas históricas de DBO₅, DQO, pH, SST, N-Org y P-PO₄, (gráficas VII-2, VII-3 y VII-4) en grupos, según la localidad de muestreo.



Gráfica VII-2. Fluctuación histórica 1994-2000, de los parámetros fisicoquímicos para la estación de muestreo Topo Chico (tomado de registros CNA, 2001). En las gráficas expuestas con escala logarítmica, algunos datos no aparecen por representar un valor cero.



Gráfica VII-3. Fluctuación histórica 1994-2000 de los parámetros fisicoquímicos, para la estación de muestreo Ciénega de Flores, correspondiente al Río Salinas (tomado de registros CNA, 2001). En las gráficas expuestas con escala logarítmica, algunos datos no aparecen por representar un valor cero.

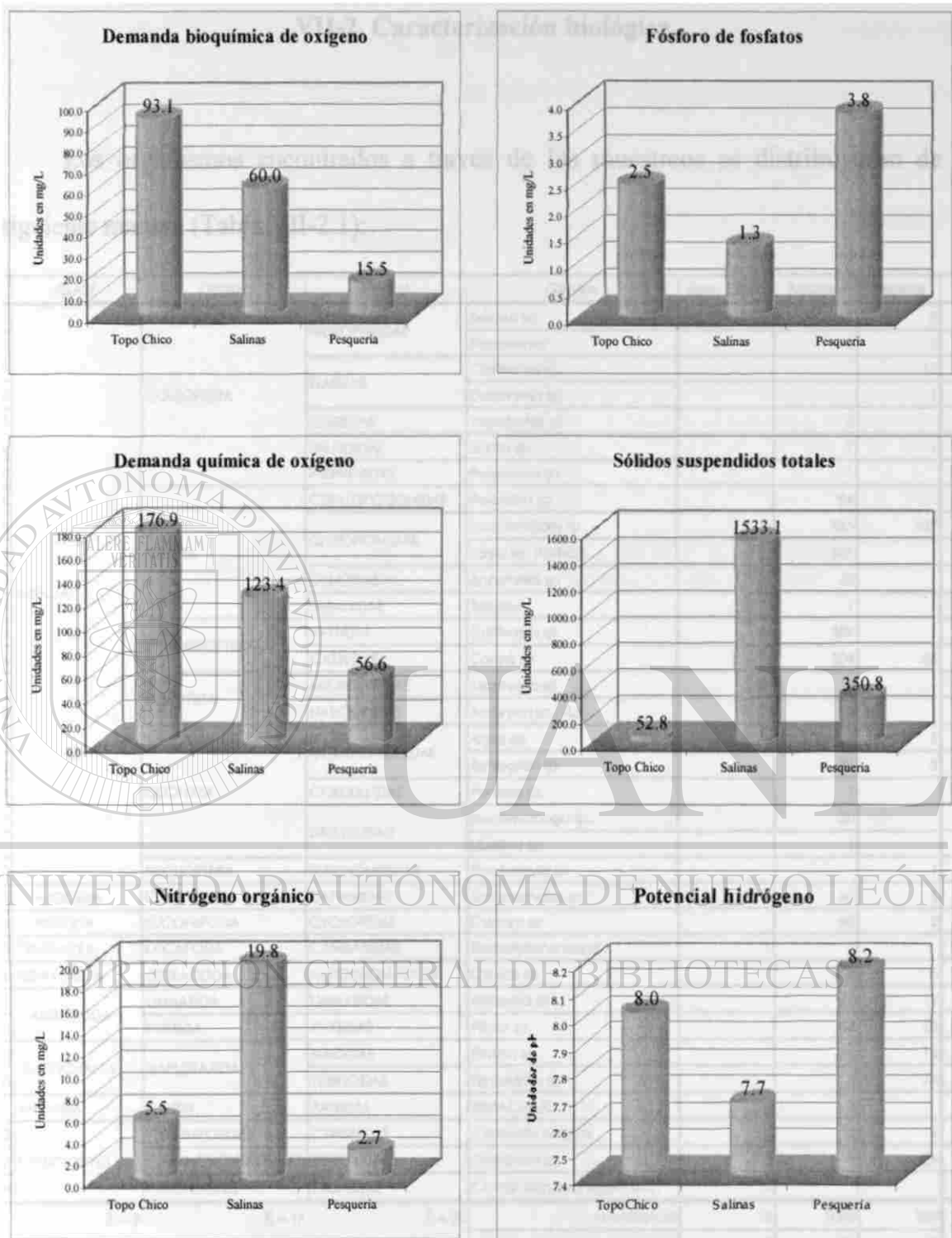
En general, los datos históricos para la estación Los Herreras exhiben los registros más bajos para todos los parámetros, excepto el pH y fósforo de fosfatos, como se observa en las gráficas comparativas de promedios (gráfica VII-6, § 44); no obstante, refleja una notable disminución en la concentración de PO_4 , ésta se observa fuertemente marcada a principios de 1996. La DBO_5 , la DQO y el Nitrógeno Orgánico presentan, junto con el fósforo, una reducción en sus valores, coincidiendo los tres parámetros en las fechas.

Lo encontrado en los registros históricos acerca de la alta concentración de SST, para el municipio de Abasolo, coincide con los resultados puntuales reportados por el laboratorio.

Se promediaron los valores que se han obtenido en grupos, para cada uno de los parámetros, mostrando el valor para las tres localidades, a lo largo del sexenio 1994-2000, como se presentan a continuación (tabla VII-1.2; gráfica VII-5).

Promedio Histórico en Tres Estaciones del la Cuenca Pesquería de 1994-2000			
Parámetro	Topo Chico	Salinas	Pesquería
DBO_5	93.1	60.0	15.5
PO_4	2.5	1.3	3.8
DQO	176.9	123.4	56.6
SST	52.8	1533.1	350.8
N-Org	5.5	19.8	2.7
pH	8.0	7.7	8.2

Tabla VII-1.2. Valores promedio de la fluctuación histórica 1994-2000 en la caracterización fisicoquímica para las tres estaciones de muestreo (tomado de registros CNA, 2001).



Gráfica VII-5. Promedio de la fluctuación histórica 1994-2000 en la caracterización fisicoquímica para las tres estaciones de muestreo (tomado de registros CNA, 2001).

Los datos nos muestran una mejor condición de las características fisicoquímicas para el cauce principal del río Pesquería.

VII-2. Caracterización biológica.

Los organismos encontrados a través de los muestreos se distribuyeron de la siguiente manera (Tabla VII-2.1):

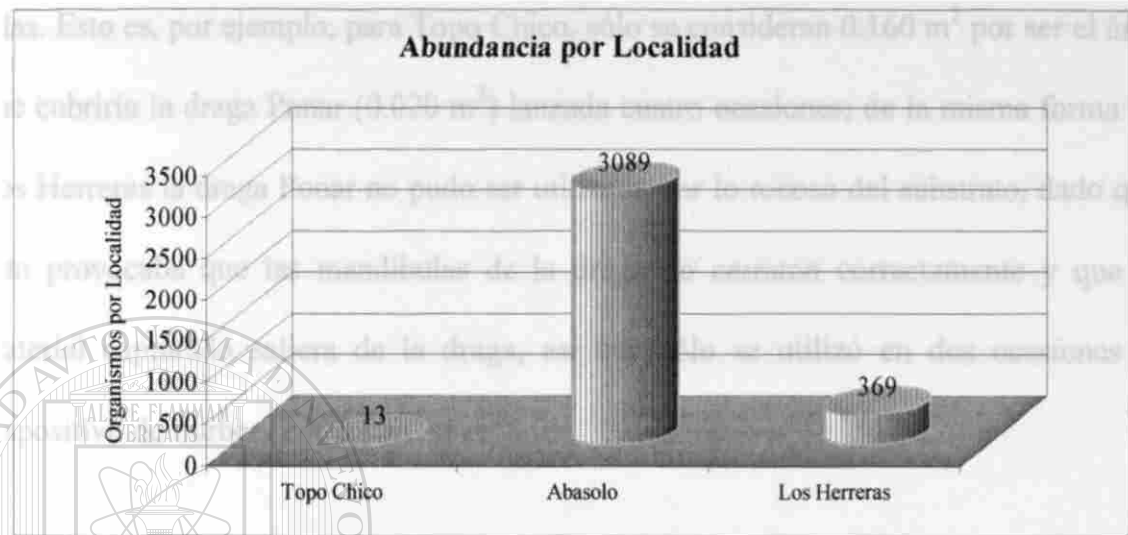
	CLASE	ORDEN	FAMILIA	Género	Topo Chico	Abasolo	Hemeris	Σ	
1	INSECTA	COLEOPTERA	HIDROPHILIDAE	<i>Berosus</i> sp		12	3	15	
2				<i>Tropisternus</i>		8	1	9	
3			ELMIDAE	<i>Cleptelmis</i> sp.				15	15
4				<i>Odobrevia</i> sp.			1	1	
5			GERRIDAE	<i>Trepobates</i> sp.			4		4
6			HÉLODIDAE	<i>Scirtes</i> sp			1	1	2
7			PSEPHENIDAE	<i>Psephenus</i> sp.			1		1
8		DIPTERA	CÉRATOPOGONIDAE	<i>Probezzia</i> sp			94		94
9			CHIRONOMIDAE	<i>Dicratelopes</i> sp	2	985	107	1094	
10				<i>Lansia</i> sp. (Fittkau)			401		401
11				CULICIDAE	<i>Anopheles</i> sp		60		60
12				TABANIDAE	<i>Tabanus</i>		1		1
13			EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Calibaetis</i> sp		489		489
14				CAENIDAE	<i>Caenis</i> sp		504	66	570
15			HEMIPTERA	MICROYELINAE	<i>Microvelia</i> sp		9		9
16				NAUCORIDAE	<i>Ambrysus</i> sp (Stal)		5		5
17			ODONATA	COENAGRIONIDAE	<i>Argia</i> sp.		27	5	32
18					<i>Zoniagrion</i> sp.		76	3	79
19				CORDULLIDAE	<i>Pantala</i> sp.		1		1
20				LIBELLULIDAE	<i>Brechmorhoga</i> sp.		30		30
21			<i>Libellula</i> sp.			1		1	
22		TRICHOPTERA	PSYCHOMYIIDAE	<i>Psychomyia</i> sp			1	1	
23	CLADOCERA	CLADOCERA	DAPHNIDAE	<i>Simoccephalus</i> sp	3	42	5	50	
24	COPEPODA	EUCOPEPODA	CYCLOPIDAE	<i>Cyclops</i> sp		45	2	47	
25	CRUSTACEA	DECAPODA	CAMBARIDAE	<i>Procambarus clarkii</i>	1			1	
26	OSTRÁCODA	OSTRÁCODA	NOTODROMADIDAE	<i>Cypris</i> sp		163	2	165	
27	GASTRÓPODA	LIMNAEIDA	LIMNAEIDAE	<i>Helisoma</i> sp		21	12	33	
28		PHYSIDA	PHYSIDAE	<i>Physa</i> sp		84	25	109	
29	OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	NAIDIDAE	<i>Pristina</i> sp		16	16	32	
30			TUBIFICIDAE	<i>Teneridrilus</i> sp		2	74	76	
31	AMPHIBIA	ANURA	RANIDAE	RENACUAJO		5		5	
32	OSTEICHTHYES	CYPRINIFORMES	CYPRINIDAE	<i>Cyprinella lutrensis</i>		1	4	5	
33		CYPRINODONTIFORMES	POECILIIDAE	<i>Gambusia</i> sp	5	1	26	32	
34		PERCIFORMES	CICHLIDAE	<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	2			2	
		Σ = 9	Σ = 17	Σ = 29	Abundancia	13	3089	369	3471
					Diversidad	5	29	19	34

Tabla VII-2.1. Distribución de los organismos de acuerdo con los géneros y localidades. Se incluyen, además, los niveles taxonómicos superiores.

Los organismos colectados, pertenecen a un total de 34 géneros, contenidos éstos, a su vez, en 29 familias, 17 órdenes y 9 clases.

VII-2.1 Distribución geográfica.

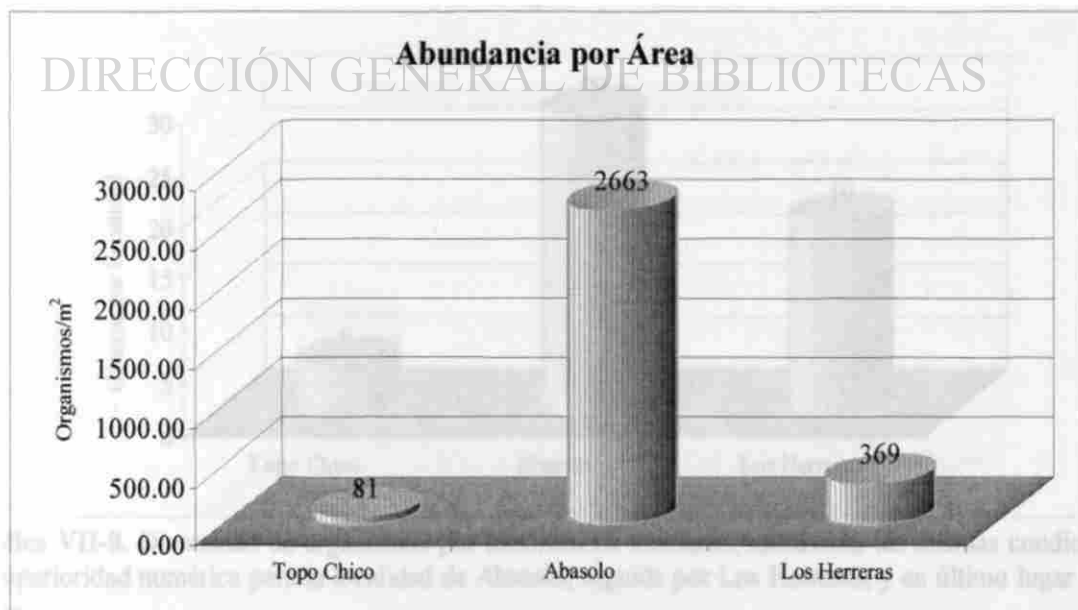
En el total de las muestras se obtuvo una abundancia total de 3,336 organismos, repartidos, por localidad, a razón de 13 para Topo Chico, 2,954 para Abasolo y 369 para Los Herrera (gráfica VII-6).



Gráfica VII-6. Abundancia de organismos según localidad de muestreo, mostrando superioridad numérica Abasolo, seguido por Los Herreras, y en último lugar Topo Chico.

Ahora la misma abundancia afectada por el área de muestreo en cada una de las

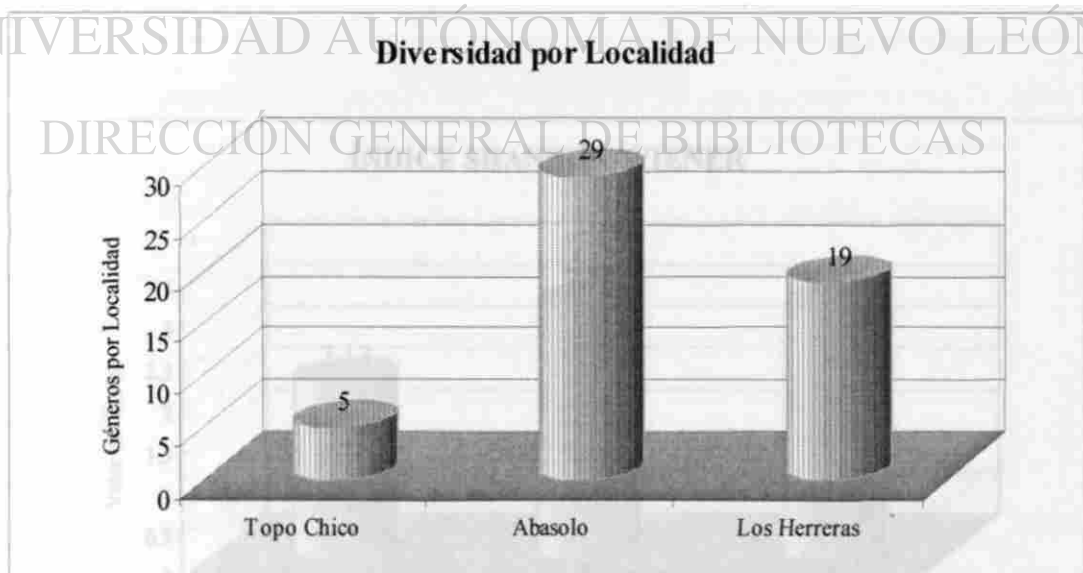
localidades, mostrando un poco más de uniformidad (gráfica VII-7).



Gráfica VII-7. Abundancia de organismos·m⁻² según localidad de muestreo, mostrando, aún, la superioridad numérica la localidad de Abasolo, seguida por Los Herreras, y en último lugar Topo Chico.

Debido a las condiciones físicas que se presentaron en cada una de las localidades, como el tipo de sustrato, en Topo Chico y en Abasolo, la profundidad y la falta de corriente en Topo Chico, el área de muestreo varió, por lo que se presentan la abundancia para cada una de las locaciones dividida por el área analizada en cada una de ellas. Esto es, por ejemplo, para Topo Chico, sólo se consideran 0.160 m^2 por ser el área que cubriría la draga Ponar (0.020 m^2) lanzada cuatro ocasiones; de la misma forma en Los Herreras la draga Ponar no pudo ser utilizada por lo rocoso del sustrato, dado que esto provocaba que las mandíbulas de la draga no cerraran correctamente y que el material capturado saliera de la draga, así que sólo se utilizó en dos ocasiones el dispositivo de Surber ($2 \times 0.5 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^2$).

A diferencia de la abundancia, el número de géneros encontrados por localidad (diversidad), mostró mayor equidad como se muestra en la gráfica VII-8.



Gráfica VII-8. Diversidad de organismos por localidad de muestreo, mostrando las mismas condiciones de superioridad numérica para la localidad de Abasolo, seguida por Los Herreras, y en último lugar Topo Chico.

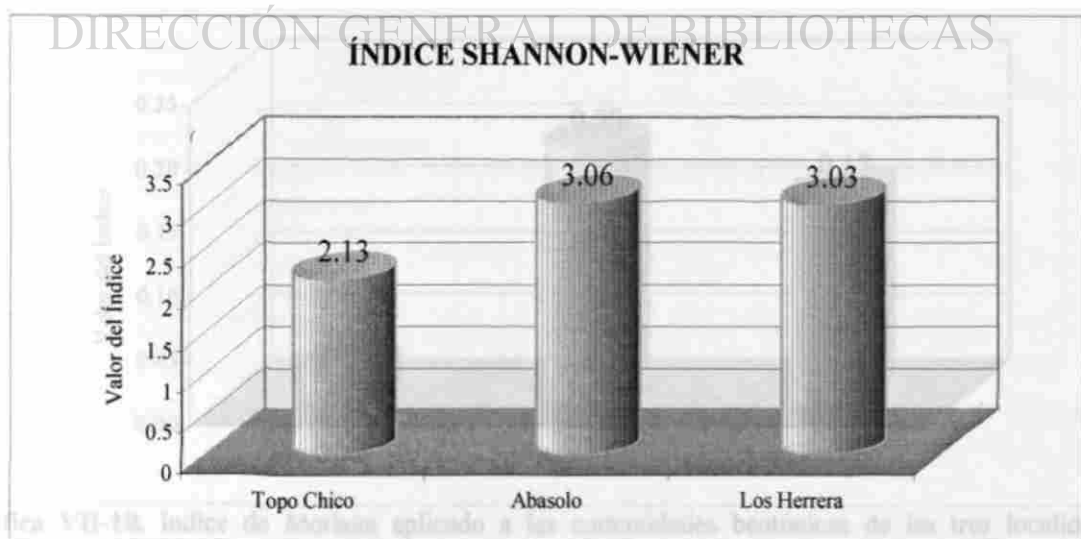
Lo presentado en la gráfica anterior (VII-8), nos muestra una diferencia menor entre las localidades, puesto que los datos de diversidad son más similares que los resultados obtenidos de abundancia.

El modelo numérico de Shannon-Wiener, basado en la teoría de la información, nos habla de la probabilidad de encontrar cierto género en la muestra de entre los demás, partiendo del análisis de datos de frecuencia (gráfica VII-9). Al analizar la diversidad, utilizando la función de Shannon-Wiener, Ramírez (2000) interpreta los valores obtenidos para los escurrimientos en 'muy enriquecido orgánicamente', 'moderadamente enriquecido' y 'sin enriquecimiento orgánico', según sus magnitudes, como sigue:

$H' = 0-1 =$ Eutrófico (muy enriquecido orgánicamente).

$H' = 1-2 =$ Mesotrófico (moderadamente enriquecido).

$H' = 2-3 =$ Oligotrófico (sin enriquecimiento orgánico).



Gráfica VII-9. Índice de Shannon-Wiener aplicado a las comunidades bentónicas de las tres localidades, mostrando el valor mayor para Los Herrera, seguido de Abasolo y por último Topo Chico.

De manera que las tres localidades presentan una condición de 'sin enriquecimiento orgánico' según el modelo Shannon-Wiener. Este modelo sugiere que dentro de la condición 'ausente de enriquecimiento orgánico' la probabilidad de encontrar alguna de las taxas reportadas es más equitativa en Abasolo que en Los Herrera, condición que a su vez es mayor para estas dos localidades que para Topo Chico.

De la aplicación del modelo de dispersión, a través del Índice de Morisita I_s (Dubois, 2000), se observa (gráfica VII-10) que los resultados iguales a uno reflejan una distribución de los organismos al azar, resultados mayores que uno indican agregación y los menores que uno indican uniformidad en la dispersión. Sintetizando lo anterior:

$I_s > 1$, significa agregación

$I_s = 1$, significa distribución al azar

$I_s < 1$, significa uniformidad en la distribución

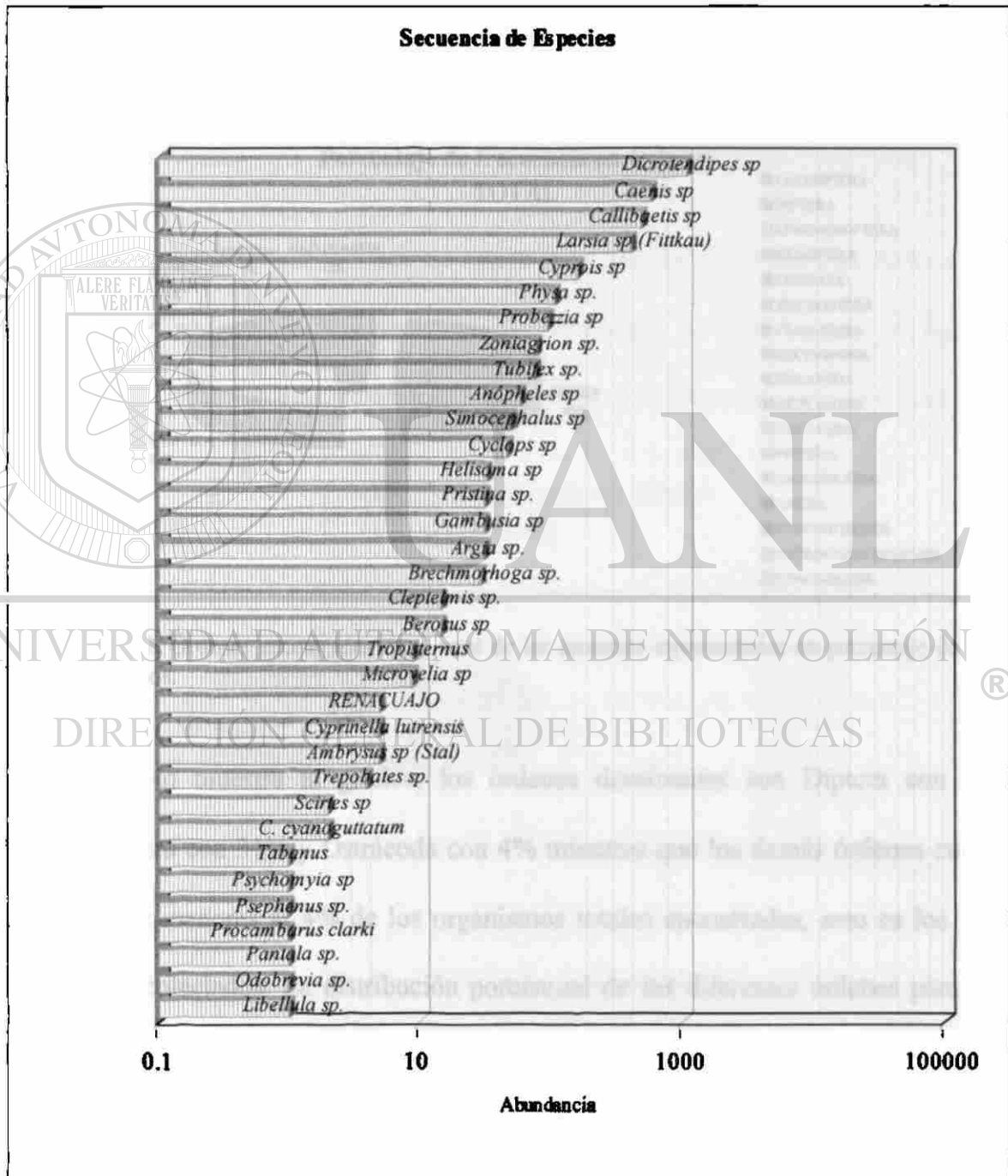


Gráfica VII-10. Índice de Morisita aplicado a las comunidades bentónicas de las tres localidades, mostrando el valor mayor para Abasolo, seguido de Los Herreras y por último Topo Chico.

El Índice de Morisita expresa una distribución más uniforme entre los géneros en Topo Chico, seguido por Los Herreras y, por último, Abasolo.

VII-2.2. Distribución taxonómica.

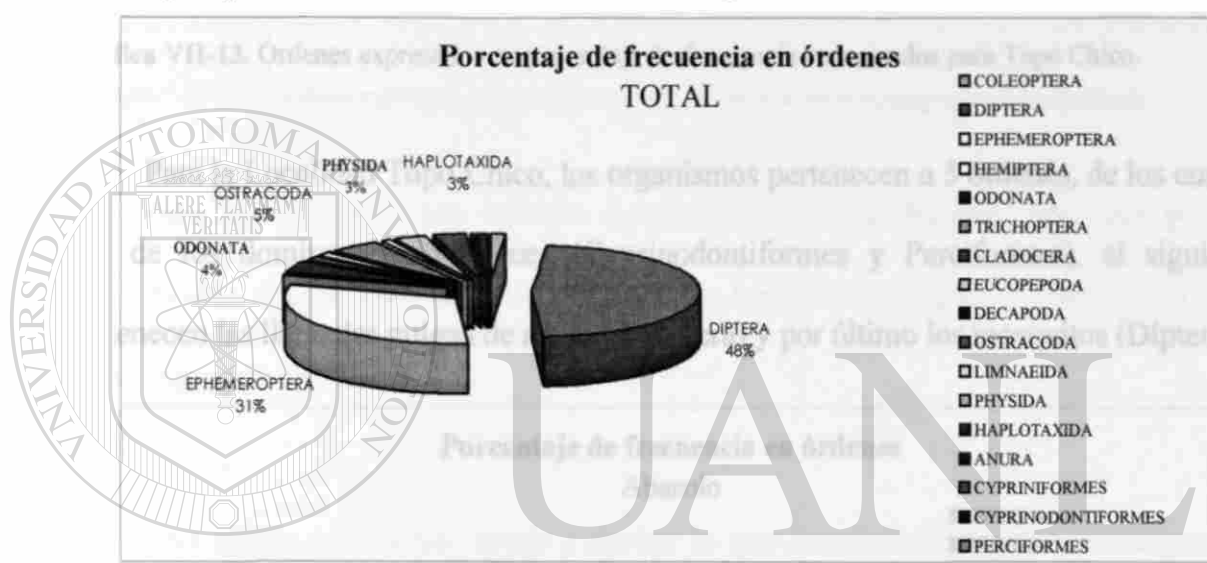
En cuanto a géneros, el muestreo produjo los siguientes resultados (gráfica VII-11)



Gráfica VII-11. Representación de la abundancia para cada uno de los géneros encontrados en el total de las muestras (representados por las columnas en escala logarítmica para facilitar su lectura).

Existe dentro de cada localidad una relación entre las diferentes poblaciones encontradas, que le imprime el carácter irrepetible a cada comunidad, entendiendo esta comunidad como el grupo de poblaciones presentes en una misma dimensión de espacio—tiempo.

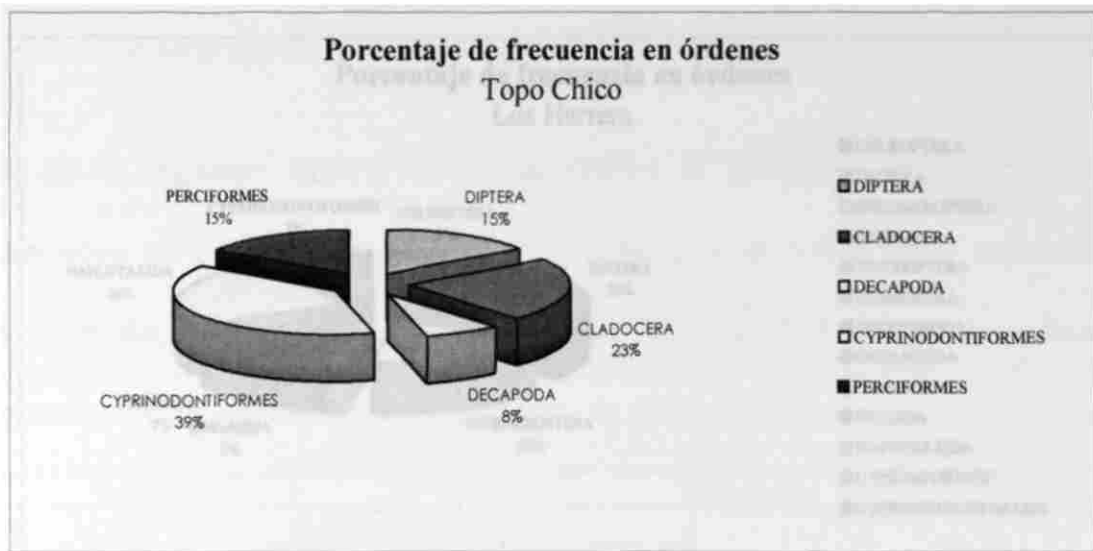
Los órdenes encontrados para el total de los organismos, en las tres localidades, se distribuyen porcentualmente como lo muestra la gráfica VII-12.



Gráfica VII-12. Órdenes encontrados en el total de las muestras representados en porcentaje del total, 3,336 organismos.

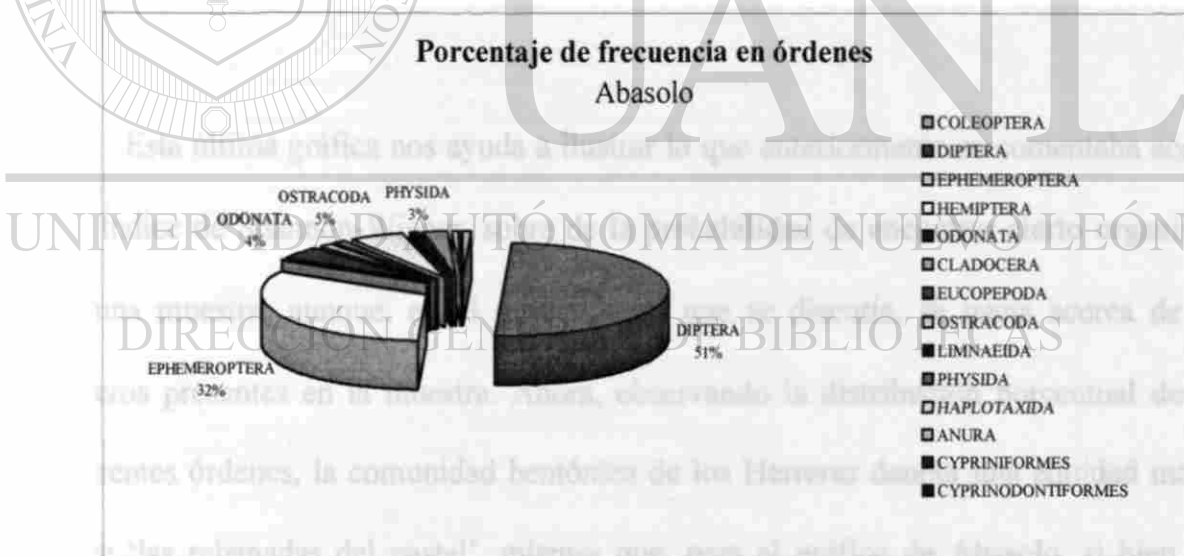
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Como lo muestra la gráfica, los órdenes dominantes son Díptera con 49%, Ephemeroptera con 31% y Ostrácoda con 4% mientras que los demás órdenes cuentan con registros menores al 4% de los organismos totales encontrados, esto es los 3,336 organismos colectados. La distribución porcentual de los diferentes órdenes para cada localidad proyecta las siguientes gráficas (VII-13, VII-14 y VII-15).



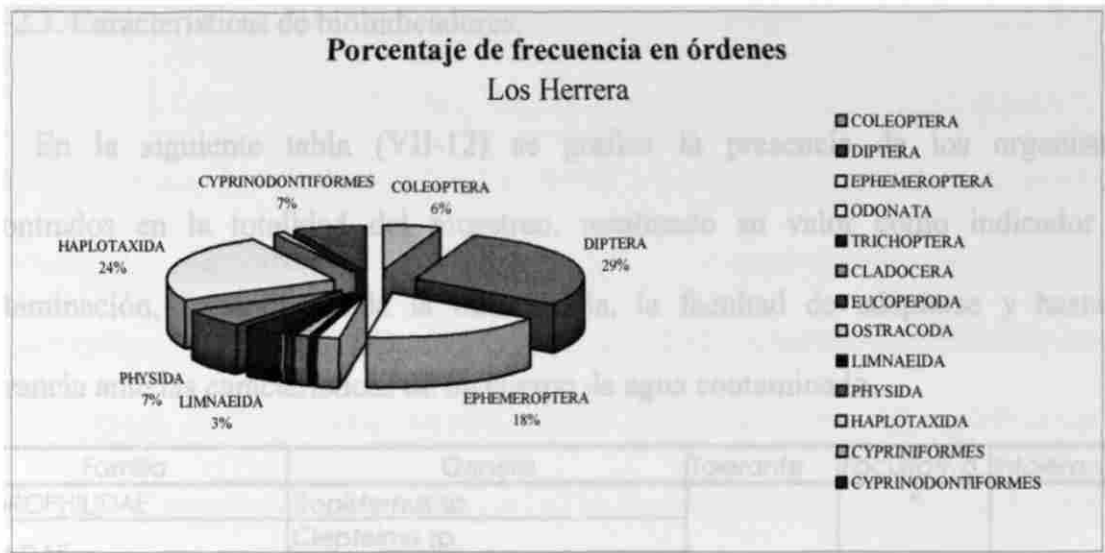
Gráfica VII-13. Órdenes expresados en porcentaje de frecuencia encontrados para Topo Chico.

Para la Localidad Topo Chico, los organismos pertenecen a 5 órdenes, de los cuales, dos de los dominantes son peces (Cyprinodontiformes y Perciformes), al siguiente pertenecen las llamadas pulgas de agua (Cladocera) y por último los mosquitos (Díptera).



Gráfica VII-14. Órdenes expresados en porcentaje de frecuencia encontrados para Abasolo.

En Abasolo, los órdenes más representativos fueron los dípteros o mosquitos, seguidos por los efemerópteros o ‘moscas de mayo’ y finalmente los ostrácodos.



Gráfica VII-15. Órdenes expresados en porcentaje de frecuencia encontrados para Los Herreras.

Para los Herreras, los órdenes dominantes son los dípteros, seguidos por los haplotáxidos, que son las diferentes formas de lombrices de agua u oligoquetos y en tercer lugar los efemerópteros.

Esta última gráfica nos ayuda a ilustrar lo que anteriormente se comentaba acerca

del Índice de Shannon-Wiener, sobre de la probabilidad de encontrar cierto organismo en una muestra; aunque, en el momento en que se discutía, se hacía acerca de los géneros presentes en la muestra. Ahora, observando la distribución porcentual de los diferentes órdenes, la comunidad bentónica de los Herreras denota una equidad mayor entre 'las rebanadas del pastel', mismas que, para el gráfico de Abasolo, si bien son mucho más abundantes en organismos, no son tanto, en cuanto a sus órdenes presentes y sus 'tajadas porcentuales' son, a su vez, menos equitativas.

VII-2.3. Características de bioindicadores.

En la siguiente tabla (VII-12) se grafica la presencia de los organismos encontrados en la totalidad del muestreo, resaltando su valor como indicador de contaminación, variando desde la intolerancia, la facultad de adaptarse y hasta la tolerancia ante las características de un cuerpo de agua contaminado.

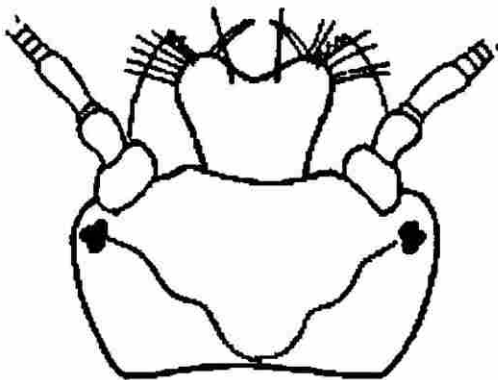
Familia	Genero	Tolerante	Facultativo	Intolerante
HIDROPHILIDAE	<i>Tropisternus</i> sp.		*	
ELMIDAE	<i>Cleptelmis</i> sp.			
	<i>Odobrevia</i> sp.			
GERRIDAE	<i>Trepobates</i> sp.			
HELODIDAE	<i>Scirtes</i> sp.			
HIDROPHILIDAE	<i>Berosus</i> sp.			
PSEPHENIDAE	<i>Psephenus</i> sp.			*
CERATOPOGONIDAE	<i>Probezzia</i> sp.	*		
CHIRONOMIDAE	<i>Dicrotendipes</i> sp.	*		
	<i>Larsia</i> sp. (Fittkau)	*		
CULICIDAE	<i>Anópheles</i> sp.	*		
TABANIDAE	<i>Tabanus</i> sp.	*		
BAETIDAE	<i>Callibaetis</i> sp.		*	
CAENIDAE	<i>Caenis</i> sp.		*	
MICROVELINAE	<i>Microvelia</i> sp.			*
NAUCORIDAE	<i>Ambrysus</i> sp. (Stal)			*
COENAGRIONIDAE	<i>Argia</i> sp.		*	
	<i>Zoniagrion</i> sp.			
CORDULLIDAE	<i>Pantala</i> sp.			
LIBELLULIDAE	<i>Brechmorhoga</i> sp.			*
	<i>Libellula</i> sp.			
PSYCHOMYIIDAE	<i>Psychomyia</i> sp.			
DAPHNIIDAE	<i>Simocephalus</i> sp.			
CYCLOPIDAE	<i>Cyclops</i> sp.			
CAMBARIDAE	<i>Procambarus clarkii</i>			
NOTODROMADIDAE	<i>Cypris</i> sp.			
LIMNAEIDAE	<i>Helisoma</i> sp.			*
PHYSIDAE	<i>Physa</i> sp.			
NAIDIDAE	<i>Pristina</i> sp.			
TUBIFICIDAE	<i>Teneridrilus</i> sp.			
RANIDAE	RENACUAJO			
CYPRINIDAE	<i>Cyprinella lutrensis</i>	*		
POECILIDAE	<i>Gambusia</i> sp.	*		
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	*		
	TOTAL	8	4	5

Tabla VII-2.2 Clasificación de los organismos encontrados en las tres localidades, según su tolerancia a la contaminación orgánica

VII-2.3.1 Orden COLEÓPTERA, "Escarabajos acuáticos".

VII-2.3.1.1 Familia ELMIDAE, "Escarabajos de corrientes de aguas rápidas". Los integrantes de esta familia (Lanza Espino, 1999) son considerados totalmente acuáticos, el adulto presenta una forma alargada, dura y compacta, con una coloración monocromática que varía del pardo al negro; y con una longitud de 1 a 8 mm; con la cabeza doblada frecuentemente retraída dentro del pronoto; con la superficie de los élitros generalmente punteada y algunas veces rugosa; antena con ocho u 11 artejos, filiforme e insertada entre los ojos. Las larvas presentan una forma alargada, aplanada y en ocasiones cóncava ventralmente; con el cuerpo relativamente duro; la sutura de la línea lateral puede estar presente entre los segmentos abdominales uno a seis u ocho; el segmento abdominal nueve tiene un opérculo ventral con ganchos; la cámara caudal tiene branquias filamentosas.

El 'escarabajo rifle' *Cleptelmis* sp. mostró ser claramente significativo para una condición de buena cobertura forestal y alto nivel de oxígeno disuelto (Sangpradub, 1997).



Scirtes sp. detalle de la cápsula cefálica
(Merrit y Cummins, 1996)



Cleptelmis sp.

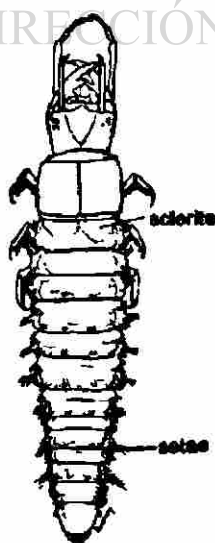
VII-2.3.1.2. Familia HYDROPHILIDAE, “escarabajos basureros”. Se les conoce así (Sandoval y Astudillo, 2000), ya que se pueden colectar en zonas con altos niveles de materia orgánica. Entre los géneros representativos en el biomonitoreo, de acuerdo con su distribución cosmopolita, tamaño grande y un análisis de presencia y/o ausencia se encuentran: *Tropisternus* sp. y *Berosus* sp., pero podría ser restringido por sus hábitos nectónicos y su preferencia a usar el oxígeno atmosférico para su respiración.

Las larvas presentan una longitud de 4 a 60 mm; el abdomen con ocho segmentos; son de hábitos depredadores.

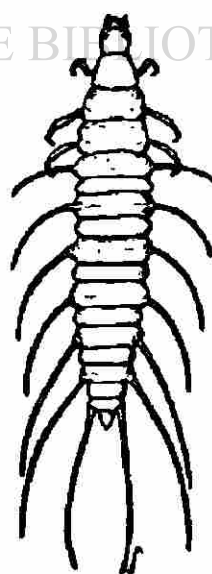
Colecta: con redes de golpeo, redes de cuchara, dragas, surber y seine.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos y lénticos en la zona litoral entre rocas, vegetación y detritus. Son organismos facultativos.



Tropisternus sp.



Berosus sp.

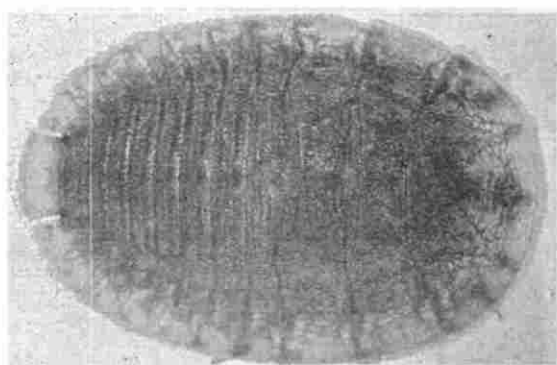
VII-2.3.1.4 Familia PSEPHENIDAE, “escarabajos moneda”. Los integrantes de ésta familia son semiacuáticos y solo las formas inmaduras se encuentran en sistemas lóticos de corriente rápida. La mayoría de sus representantes están considerados como indicadores de agua “limpia”.

El genero representativo en el biomonitoreo, de acuerdo con su distribución cosmopolita, tamaño grande, hábitos bentónicos, altos requerimientos de oxígeno y análisis de presencia y/o ausencia, es *Psephenus* sp. La larva presenta forma redondeada (disco) y aplanada, son más anchos que largos; con una longitud de 4 a 6 mm; la expansión de la placa, dorsal oculta la cabeza y las patas; con cuatro o cinco pares de branquias filamentosas ventrales. Son de hábitos desmenuzadores.

Colecta: con redes de golpeo, redes de cuchara, seine, surber.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos con aguas bien oxigenadas y sobre rocas. Son organismos intolerantes a la contaminación orgánica.



Psephenus sp.

VII-2.3.2 Orden DÍPTERA, "moscas, mosquitos, zancudos"

VII-2.3.2.1 Familia CERATOPOGÓNIDAE, "moscos mordedores o jejenes". Las larvas de esta familia se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos entre detritus y plantas acuáticas. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos y un análisis de presencia y/o ausencia se encuentra: *Probezzia* sp. entre otros, pero podría ser restringido por el desconocimiento de su distribución en México.

El cuerpo en las larvas del género *Probezzia* sp. es generalmente muy delgado, alargado y cilíndrico; con una longitud de 2 a 15 mm cuando adultas; el cuerpo presenta pelillos o espinas bien desarrolladas; la cabeza es dos veces más larga que ancha y en su parte anterior es más estrecha. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, dragas.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos en la zona litoral y limnética. Organismos tolerantes a la contaminación orgánica.



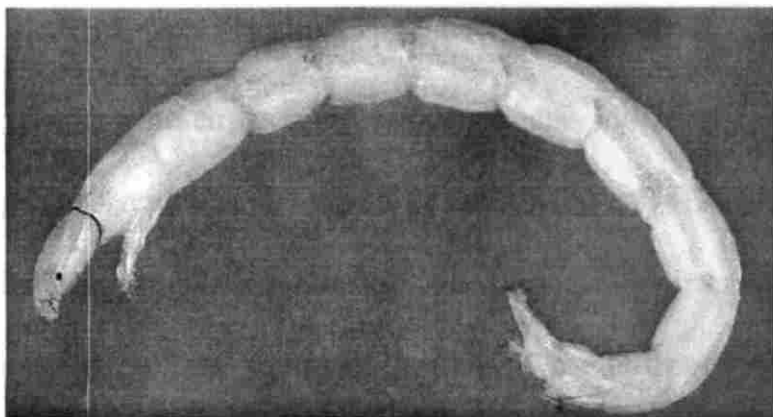
Probezzia sp. detalle de la cápsula cefálica (Merrit y Cummins 1996).

VII-2.3.2.2 Familia CHIRONOMIDAE, "moscos". Las larvas de esta familia se encuentran en sistemas lóticos y lénticos y ocurren en una gran diversidad de substratos y hábitats. En este caso, entre las subfamilias representativas para ser utilizadas en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos, tamaño pequeño a mediano, abundancia y con un análisis de presencia y/o ausencia se encuentra: Tanypodinae. El cuerpo en la larva es generalmente delgado, cilíndrico y fuertemente curvado; con una longitud de 2 a 20 mm cuando adultas; el cuerpo presenta un par de propatas protorácicas y un par de propatas terminales; el segmento abdominal terminal usualmente tiene un par de tubérculos o proyecciones dorsales cortas, cada uno con un penacho variable de pelillos, presenta una coloración café, roja o raramente verde; la cabeza es alargada, las antenas en ocasiones sin salir de la cabeza, las propatas en forma de zancos y tienen ganchos terminales.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, dragas, seine.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos y lénticos. Organismos tolerantes a la contaminación orgánica e inorgánica, como metales pesados.



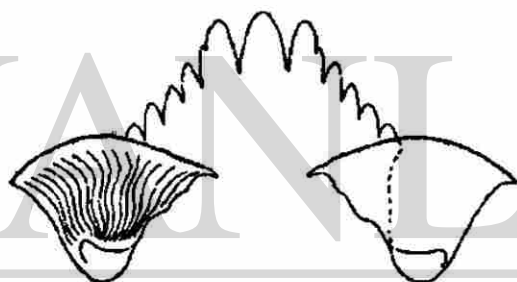
Larsia sp.

En la subfamilia CHIRONOMINAE las larvas presentan usualmente una coloración roja y varían en tamaño, los ocelos son generalmente separados. Algunos géneros representativos son: *Apedilum* sp., *Chironomus* sp., *Cryptochironomus* sp., *Dicrotendipes* sp., *Polypedilum* sp., *Tanytarsus* sp., entre otros.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, dragas, seine.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos y lénticos. Organismos tolerantes a la contaminación orgánica e inorgánica como metales pesados.



Dicrotendipes sp. Izquierda: vista general (fotografía a cargo del autor). Derecha: detalle del mentón (Merrit y Cummins, 1996).

VII-2.3.2.3 Familia TABÁNIDAE. Las larvas de esta familia se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos, entre detritus. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos y un análisis de presencia y/o ausencia se encuentra: *Tabanus* sp., entre otros, pero podría ser restringido por el desconocimiento de su distribución en México.

Tabanus sp. "Moscas de establo". El cuerpo de la larva es generalmente alargado, cilíndrico y en forma de huso; con una longitud de 11 a 55 mm cuando adultas; el cuerpo se adelgaza hasta terminar en punta y presenta anillos gruesos; el abdomen carece de propatas, pero termina en un sifón respiratorio pequeño; la superficie lateral media del segmento anal con pubescencias; con estrías ausentes o pobremente desarrolladas sobre la superficie del cuerpo. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, dragas.

Distribución: México.

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos y lénticos en la zona litoral. Organismos tolerantes a la contaminación orgánica.



Tabanus sp. vista del organismo completo en su estado larval (Goodwin y Drees, 1996).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

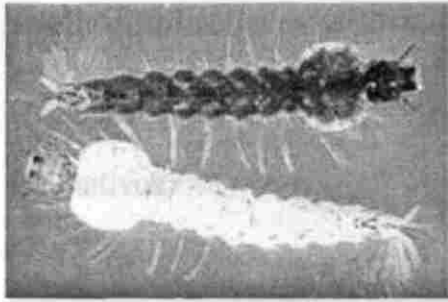
VII-2.3.2.4 Familia CULICIDAE "Mosquitos". El cuerpo en la larva es generalmente corto y delgado; con una longitud de pequeña a media; no presentan propatas, la cabeza tiene pelillos en la boca y antenas simples, los segmentos torácicos están fusionados y son mucho más anchos que los del abdomen; el segmento abdominal termina en un tubo respiratorio (sifón).

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos, en la zona litoral y limnética, así también en los sistemas lóticos en la zona litoral. Son de hábitos colectores y filtradores.

Organismos tolerantes a la contaminación orgánica.



Anopheles sp.

VII-2.3.3 Orden EPHEMERÓPTERA.

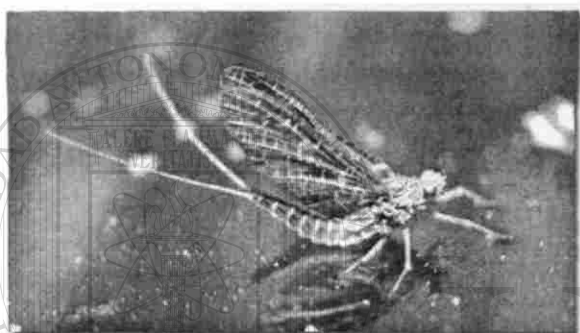
VII-2.3.3.1 Familia BAETIDAE. “Efemerópteros pisciformes pequeños”. Las náyades de ésta familia se encuentran en sistemas lóticos y lénticos y ocurren en una gran diversidad de substratos. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos, tamaño pequeño a mediano y con un análisis de presencia y/o ausencia, se encuentra: *Callibaetis* sp. entre otros.

En las náyades el cuerpo es usualmente cilíndrico; con una longitud de 3 a 12 mm cuando adultas; palpo labial aparentemente con dos segmentos, apicalmente despuntado; cojinetes de las alas posteriores presentes; branquias con pliegues aplanados redondeados ventralmente. Son de hábitos recolectores.

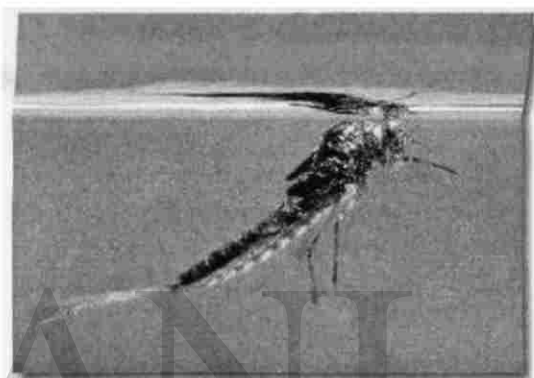
Colecta: manual, levantando piedras, troncos, etc., con redes de golpeo, surber, seine y con substratos artificiales.

Distribución: Estados de: México, Morelos, Nuevo León, Guerrero, Sonora, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Durango, Distrito Federal, Veracruz, y con una amplia distribución en México.

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos entre hidrófitas vasculares. Organismos facultativos.



Callibaetis sp.



VII-2.3.3.2 Familia CAENIDAE, “Efemerópteros pequeños de branquias cuadrangulares”. Las náyades de estas familias se encuentran principalmente en sistemas lóticos y ocurren en substratos arenosos con detritos, masas de raíces y vegetación; también pueden encontrarse en charcas.

El género representativo para ser utilizado en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos y con un análisis de presencia y/o ausencia, es *Caenis* sp, pero podría ser restringido por su tamaño pequeño. Las náyades de este género son pequeñas, de forma aplanada; con una longitud de 2 a 7 mm cuando adultas; se diferencian de otros efemerópteros por la presencia de lamelas branquiales cuadrangulares grandes, que se

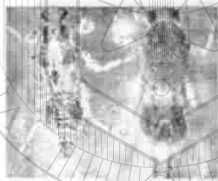
solapan levemente a la vez que cubren las otras branquias en el dorso del abdomen. Son de hábitos recolectores y raspadores.

Colecta: manual, levantando piedras, troncos, etc., con redes. de golpeo, surber, seine y con substratos artificiales.

Distribución: Estados de: Veracruz, Baja California Sur, Chiapas, Durango, Nayarit, Sonora, Nuevo León, y con una amplia distribución en México.

Hábitat: en sistemas lóticos y lénticos; entre detritos, masas de raíces y vegetación a lo largo de las márgenes de estos sistemas y a veces en substratos arenosos.

Organismos facultativos.



Caenis sp.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

VII-2.3.4 Orden HEMÍPTERA.

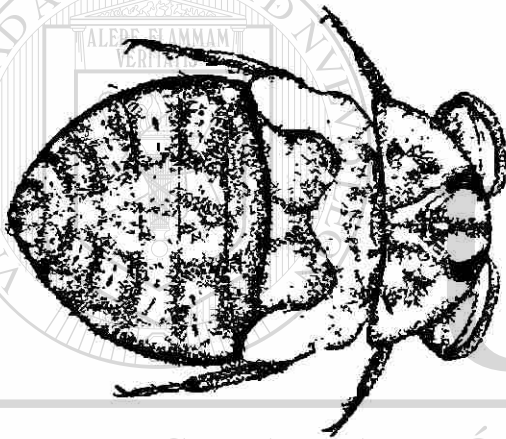
VII-2.3.4.1 Familia NAUCÓRIDAE, “chinchas acuáticas trepadoras”. Los integrantes de la familia son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos, entre hidrófitas vasculares. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, por presentar un tamaño grande y de acuerdo con un análisis de presencia y/o ausencia, se encuentra *Ambrysus* sp, pero podría ser restringido por sus hábitos nectónicos, el desconocimiento de sus

requerimientos ambientales y su distribución en México. El cuerpo de los organismos del género *Ambrysus* es usualmente ovalado y aplanado; con una longitud de 6 a 15 mm cuando adultos; las patas anteriores les sirven para reptar y tienen sólo una uña; el abdomen con numerosos pelillos pubescentes cortos. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos y lóticos, en la zona litoral con hidrófitas vasculares. Organismos intolerantes a la contaminación orgánica.



Ambrysus sp.

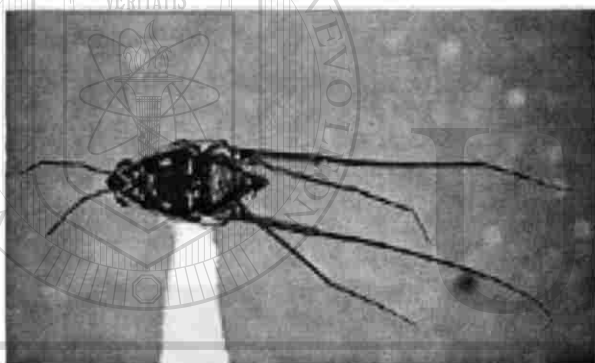
VII-2.3.4.2 Familia VELIIDAE, “patinadores de agua de hombros anchos y patas cortas”. Los integrantes de esta familia son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en las márgenes y en la zona limnética de los sistemas lóticos y lénticos. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con un análisis de presencia y ausencia, se encuentra *Microvelia* sp., pero podría ser restringido por sus hábitos neustónicos, el desconocimiento de sus requerimientos ambientales y su distribución en México.

El cuerpo es usualmente corto y corpulento; de una longitud de 1 a 12 mm cuando adultos; algunos adultos pueden presentar alas o alas cortas; las uñas son preapicales; el fémur de las patas posteriores no está muy extendido y sobre el final del abdomen; tarsos medios con uñas estrechas saliendo desde una hendidura. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo.

Distribución: México (probablemente en nivel nacional).

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos y lóticos, en la zona limnética. Organismos intolerantes a la contaminación orgánica.



Microvelia sp.

VII-2.3.5 Orden ODONATA, “moscas dragones”.

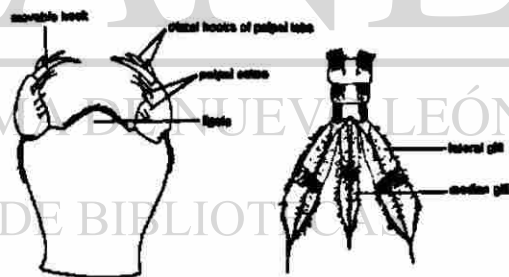
VII-2.3.5.1 Familia COENAGRIONIDAE. Las náyades de esta familia se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos, con depósitos de detritus y sobre hidrófitas vasculares. Dentro de los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos, con un análisis de presencia y/o ausencia y amplia distribución, se encuentra: *Argia* sp.

En las náyades de este género, el cuerpo es generalmente corto y robusto, con una longitud de 13 a 25 mm cuando adultas; todos los artejos antenales de igual tamaño; sin sedas dorsales en el prementón; lóbulo del palpo con dos ganchos puntiagudos distales; con ningún o cinco pelillos en el palpo. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo red de cuchara, dragas, surber.

Distribución: Estados de: Aguascalientes, Baja California Norte y Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, D.F., Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos, entre sedimento y detritus; así mismo, en sistemas lénticos, entre hidrófitas vasculares emergentes. Organismos facultativos.



Argia sp. Izquierda: vista general (fotografía a cargo del autor). Derecha: detalle del mentón y la cauda (Merrit y Cummins, 1996).

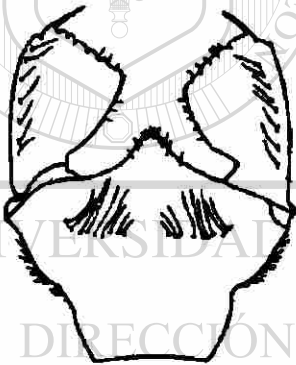
VII-2.3.5.2 Familia LIBELLULIDAE. Las náyades de esta familia se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos, con depósitos de detritus y sobre hidrófitas vasculares. Entre los géneros representativos para ser utilizados en el biomonitoreo, de acuerdo con sus hábitos bentónicos, amplia distribución y con un análisis de presencia y/o ausencia, se encuentra: *Brechmorhoga* sp.

En las náyades de *Brechmorhoga* el cuerpo es generalmente robusto y cubierto de pelillos: con el abdomen ensanchado y de una longitud de 8 a 28 mm cuando adultas: con cuatro a 12 sedas en el palpo; cabeza no angostada, más bien cuadrada pero con los ángulos posteriores redondeados. Son de hábitos depredadores.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, seine.

Distribución: Estados de Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz.

Hábitat: ocurre en sistemas lóticos entre el sedimento de las pozas que se forman en ríos torrenciales. Organismos intolerantes a la contaminación orgánica.



Brechmorhoga sp. detalle de aparato bucal (Merrit y Cummins, 1996).

En las náyades, el cuerpo es generalmente robusto y cubierto de pelillos; con el abdomen ensanchado y de una longitud de 25 a 28 mm cuando maduras; con al menos cinco pelillos largos a cada lado del prementón.

Colecta: con redes de golpeo, red de cuchara, dragas, seine.

Distribución: Estados de: Baja California Sur, Campeche, Chiapas Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.

Hábitat: ocurre en sistemas lénticos, en la zona litoral, entre detritus y/o hidrófitas vasculares, también en sistemas lóticos, entre sedimento. Organismos intolerantes a la contaminación orgánica.



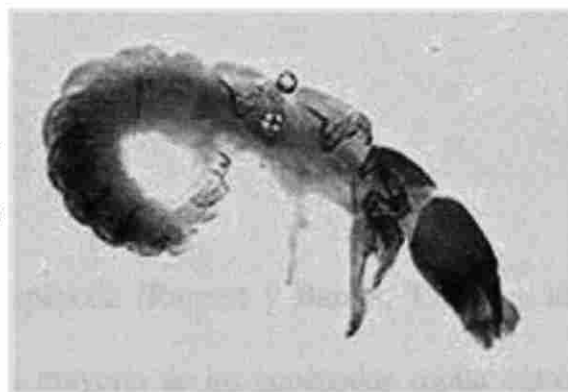
Libellula sp. Izquierda: vista general (fotografía a cargo del autor). Centro y derecha: detalle de cápsula cefálica y borde premental (Merrit y Cummins, 1996).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

VII-2.3.6 Orden TRICHÓPTERA, "Insectos con casa portátil".

VII-2.3.6.1 Familia PSYCHOMYIIDAE.

Las larvas de esta familia se encuentran en sistemas lóticos, donde construyen grandes tubos que adhieren al sustrato.

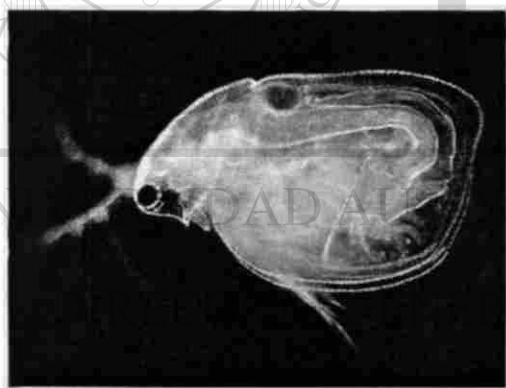


Psychomyia sp.

VII-2.3.7 Orden CONCHOSTRACA, suborden Cladocera, "Pulgas de agua".

VII-2.3.7.1 Familia DAPHNIDAE. Las pulgas de agua (Ruppert y Barnes, 1996) constituyen la mitad de la clase Branquiópoda e incluyen a muchas especies comunes y ampliamente extendidas, como las pertenecientes al género *Daphnia*. Sólo los cladóceros aparecen en agua dulce y marina (en menor grado) permanentemente; los demás son asiduos habitantes de las aguas dulces. La mayoría de los branquiópodos son suspensívoros y recogen las partículas de alimento con las finas sedas de los apéndices del tronco.

Simocephalus sp. lo reportan en general como intolerante, pero se conocen casos, en asociación con el lirio acuático, en aguas eutrofizadas (Rodríguez Almaraz, 2002. comunicación personal).



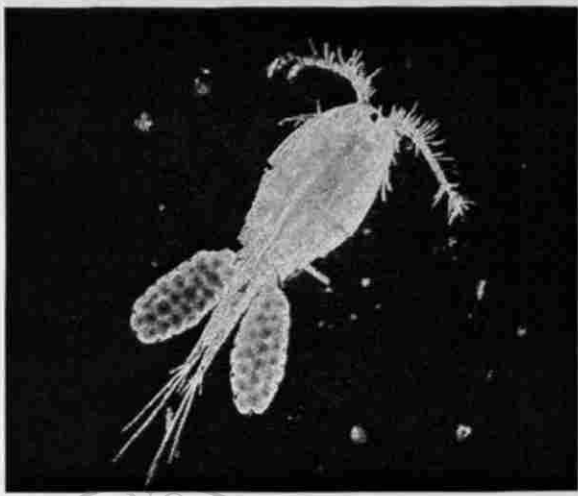
Simocephalus sp.

VII-2.3.8 Orden EUCOPEPODA.

VII-2.3.8.1 Familia CYCLOPIDAE. Copépoda (Ruppert y Barnes, 1996) es la clase más grande de pequeños crustáceos; la mayoría de los copépodos oscila entre menos de 1 mm y 5 mm de longitud, aunque hay formas de vida libre mayores (17 mm).

Algunas especies dulceacuícolas de Cyclopidae son herbívoras; otras son carnívoras.

Los miembros del género *Cyclops* son predadores.



Cyclops sp.

VII-2.3.9 Orden DECÁPODA, “Cangrejos de río”.

VII-2.3.9.1 Familia CAMBARIDAE. Los acociles han invadido una gran variedad de hábitats y juegan roles importantes en el proceso de la materia orgánica y en la transformación y flujo de energía. Alimentándose directamente de carroña y debris orgánico de origen terrestre y acuático, estos dos decápodos contribuyen al proceso de la materia orgánica en ecosistemas acuáticos.

Como predadores, los acociles aparentemente intentan maximizar la energía ganada mediante la utilización de la mínima energía posible. Por ejemplo, las tasas de predación por *Procambarus clarkii* sobre caracoles de concha delgada (*Physa* sp.) fueron mayores que sobre aquellos de concha gruesa (*Helisoma* sp.).

Procambarus clarkii es considerado como tolerante a la contaminación orgánica

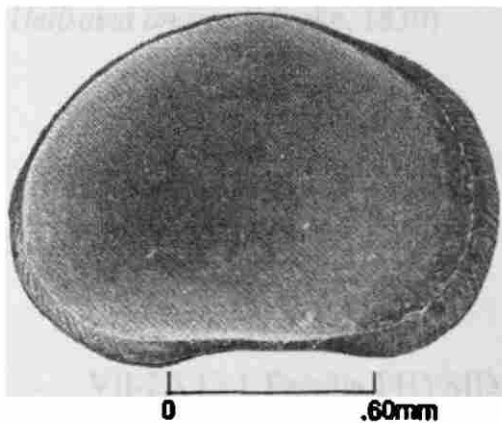
(Rodríguez Almaraz, 2001).



Procambarus clarkii

VII-2.3.10 Orden OSTRACODA.

VII-2.3.10.1 Familia NOTODROMADIDAE. Concha de los lados corta y alta, comprimida; ojos no ampliamente separados; primera antena de cinco podómeros; setas natatorias casi alcanzando el extremo de las uñas terminales; palpos prensiles de las primeras patas torácicas del macho, difiriendo poco, y con platos respiratorios bien desarrollados; setas en el extremo distal de la tercer pata torácica, modificada para excavar; furca con dos uñas y dos setas.



Cypris sp. detalle de la superficie de la concha (Thorp y Covich, 1991).

VII-2.3.13 Orden LIMNAEIDA.

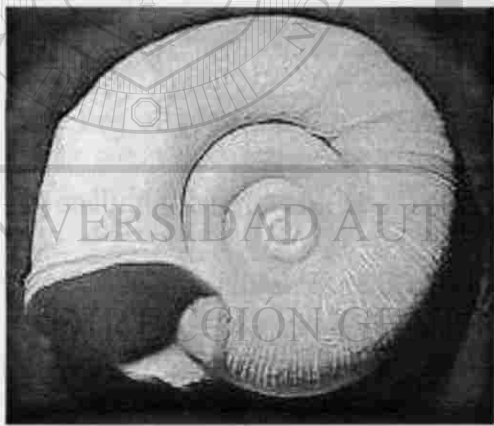
VII-2.3.13.1 Familia PLANORBIDAE, “caracol de agua dulce”. Concha planoespiral, pardo opaca (altura 5-7 mm, diámetro 9.0-14.3 mm) sólida. Vueltas de 3.5 a 4.25 redondeadas, con quilla. Abertura ovalada con callo parietal. *Helisoma* que prefiere arroyos y ríos de aguas claras e incoloras de poca profundidad tipo lénticos, prefiere substratos lodosos y pedregosos, aunque es común encontrarlo en vegetación acuática.

Colecta: Tamizando o buscando en la vegetación acuática.

Distribución: Nuevo León, Río Ramos y afluentes.

Hábitat: ríos y arroyos de aguas transparentes, poco profundas y con poca corriente.

En la vegetación acuática. Indicador de ambiente no (o moderadamente) contaminado.

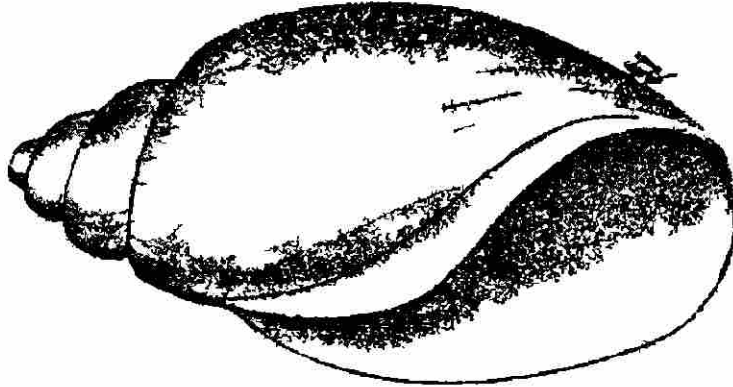


Helisoma anceps (Menke, 1830)

VII-2.3.14 Orden PHYSIDA.

VII-2.3.13.1 Familia PHYSIDAE. *Physa mexicana* (Contreras-Arquieta 1991) es la especie más ampliamente distribuida en el sistema San Juan; prefiere lugares con

vegetación aunque también se encuentra en lodo y fango. Los parámetros ambientales son muy variables, como el lodo aledaño, en la interfase entre la tierra y el agua, hasta profundidades de 1 m o más.



Physa mexicana (Dibujado por Bermejo Acosta 2002)

VII-2.3.13 Orden HAPLOTAXIDA.

Los oligoquetos (*oligo*—poco; *chaeta*—seda: “pocas sedas”) son organismos del filo anélido (“cuerpo anillado”) que viven en todo tipo de hábitat dulceacuícolas, donde suelen excavar entre los sedimentos del fondo. Sólo un pequeño número construye tubos. Los oligoquetos abundan más en las aguas poco profundas, aunque varias familias tienen representantes bentónicos en lagos profundos.

La abundancia de diferentes especies de oligoquetos puede ser buen indicador de la contaminación del agua (Ruppert y Barnes, 1996). Los gusanos segmentados, u oligoquetos, son uno de los componentes importantes de la fauna colectada durante investigaciones biológicas de aguas superficiales.

VII-2.3.13.1 Familia NAIDIDAE, “lombriz de agua dulce”. Naididae (Brinkhurst, 1986) son a menudo parte importante de la fauna de pequeños ríos rocosos (por ejemplo *Pristina*, *Pristinella*, *Nais* y otros) donde los tubificidos son menos abundantes. Frecuentemente los autores de estudios ambientales han registrado el grupo sólo como clase (Oligochaeta), familia, género o simplemente como lombrices¹.

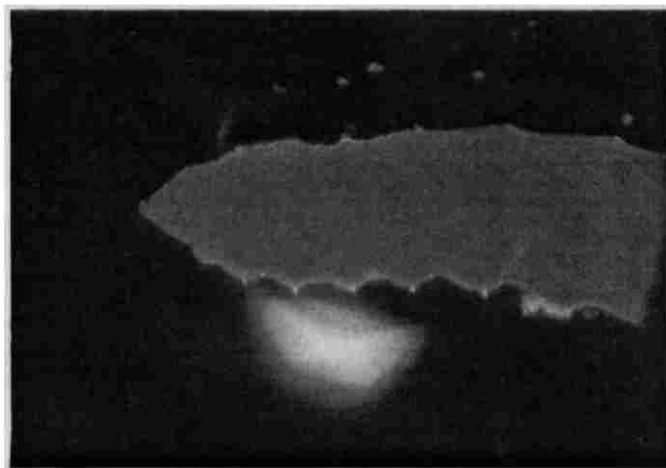
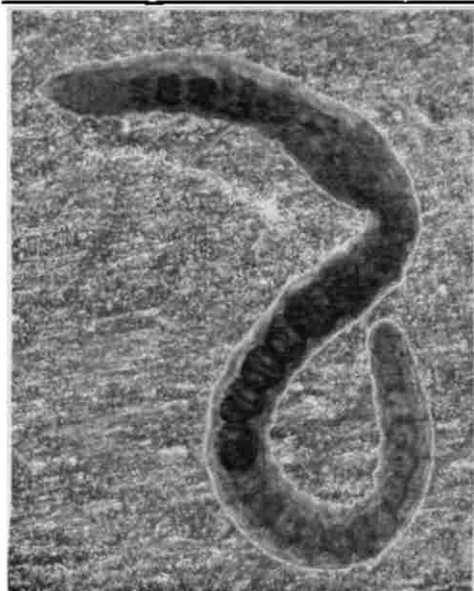
Algunos géneros de naididos como *Pristina* y *Pristinella* se encuentran en arroyos con baja materia orgánica en los sedimentos (Thorp, 1991. 409). Muchos cuentan con una extensión del prostomio llamada probóscis, una característica encontrada en algunos lombricúlidos (las cuales son usualmente lombrices más grandes) pero no en tubificidos².



Pristina sp.

VII-2.3.13.2 Familia TUBIFICIDAE. *Tubifex* ha sido encontrado junto con otros tubificidos en áreas donde la fuente de oxígeno puede ser reducido (Thorp, 1991. 409).

¹ Página 44 Klemm, 1982.



Tubifex sp. Izquierda: vista general. Derecha: detalle del prostomio (fotografía a cargo del autor).

VII-2.3.11 Orden PERCIFORMES.

VII-2.3.11.1 Familia CICHLIDAE. “Mojarra del norte”. Cuerpo moderadamente alto. Con 15 a 17 espinas y de 10 a 12 radios en la aleta dorsal; de cinco a siete espinas en la aleta anal. Color olivo oscuro en el dorso, los costados van de verde-azul a gris, de cuatro a seis manchas oscuras verticales a lo largo de la mitad del cuerpo, hasta la base de la cola y con numerosos puntos azules sobre los costados. Los adultos muestran puntos iridiscentes arreglados irregularmente, en tonos azules o líneas onduladas sobre la cabeza, cuerpo y aletas. Aproximadamente 30 cm de longitud total.

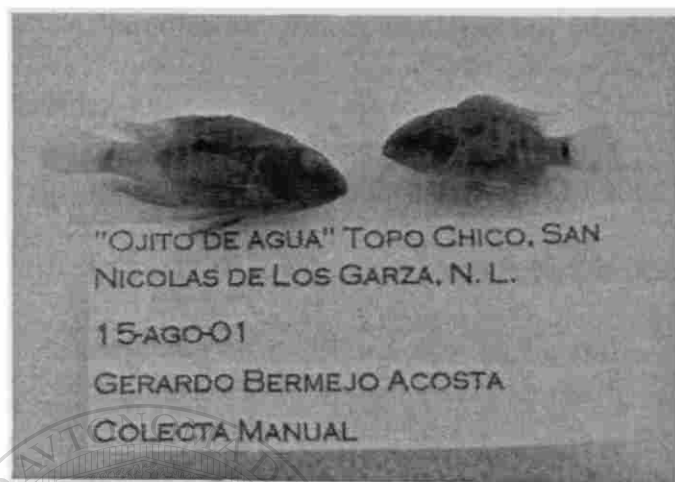
Hábitat: Vive en arroyos y ríos pequeños a medianos. En aguas de corriente rápida, preferentemente templada y en áreas con vegetación sumergida.

Tipo de alimentación: Omnívoro.

Bioindicador: Tolerante a altas concentraciones de desechos urbanos e industriales.

² Página 23 Brinkhurst, 1986.

Distribución: Del estado de Texas al Noreste de México; en las pozas de Cuatro Ciénegas, Coah.; en las cuencas de los ríos Conchos, Bravo, Soto la Marina, Pánuco y en la costa veracruzana.



Cichlasoma cyanoguttatum Baird y Girard, 1854.

VII-2.3.12 Orden CYPRINIFORMES.

VII-2.3.12.1 Familia CYPRINIDAE, "Carpa roja". Peces de cuerpo alto y fuertemente comprimido, boca terminal con hocico redondeado. Aleta anal con ocho o nueve radios, aleta pectoral con 14 radios. Las escamas de los costados presentan una forma similar a un diamante. Cuerpo color de olivo oscuro a azul oscuro. Con una mancha triangular azul, en la parte superior de los costados, justo detrás de la cabeza. Aleta dorsal oscura. Los machos, durante la reproducción, tienen las aletas rojas (excepto la dorsal) y el cuerpo de color azul oscuro. Las tallas varían entre 2.4 y 7.5 cm, aunque pueden alcanzar 9 cm. Vive en ambientes con fondo rocoso y arenosos, en aguas de corriente lenta, en arroyos y ríos pequeños y medianos. Es abundante en ambientes con bajos gradientes de calidad de agua, especialmente

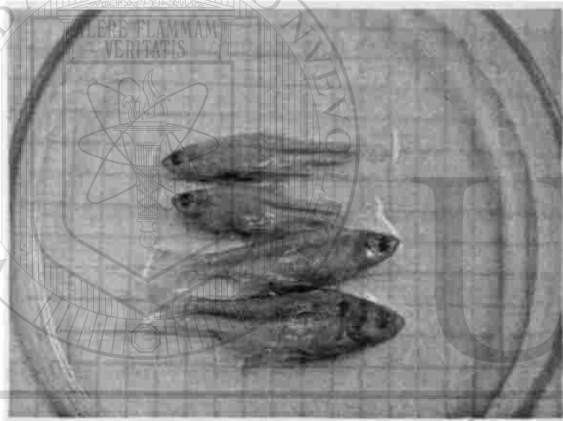
aguas negras, en bocas de ríos con fondo de arena y lodo. Poco común o ausente en ríos con aguas cristalinas. Insectívoro, de manera incidental puede consumir algas y detritus.

Bioindicador: Tolerante a desechos urbanos, a un bajo nivel de oxígeno y a la alta turbidez.

Distribución: Ríos de Chihuahua y cuencas de los ríos Bravo, Soto la Marina y Pánuco.

Importancia: Uso como carnada para la pesca local.

Arte de Pesca: “Chinchorro” (red corta).



Cyprinella lutrensis Baird y Girard, 1853.

VII-2.3.13 Orden CYPRINIDONTIFORMES.

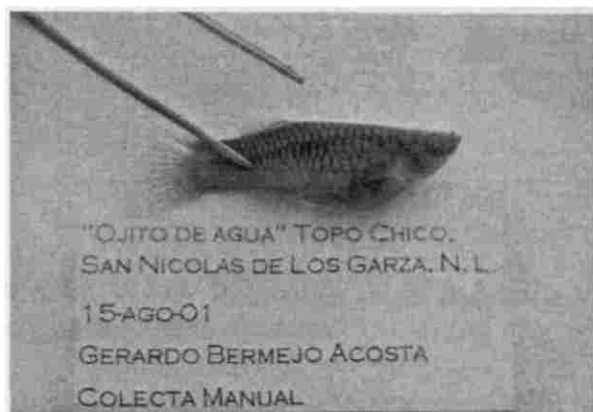
VII-2.3.13.1 Familia POECILIDAE, “Guayacón mosquito”, “Gupi”. Peces de cuerpo alargado y poco alto, la longitud del pedúnculo caudal es casi la mitad de la longitud del cuerpo. Tienen la aleta dorsal y anal compuestas por siete y nueve radios, respectivamente. La característica principal de esta especie es la modificación de la aleta anal en los machos, en un órgano de fecundación evidente en ejemplares adultos. El color del dorso varía de

gris-olivo brillante a amarillo-café, con los costados en amarillo y azul iridiscente. Presenta sobre la cabeza una franja oscura oblicua, que atraviesa el ojo (semejante a una lágrima). Suele mostrar de una a tres hileras de puntos oscuros, sobre la aleta dorsal y caudal.

La máxima longitud que pueden alcanzar estos peces es de seis a siete centímetros, viven en aguas de corriente lenta e incluso estancada, son comunes en charcos y lagos con densa vegetación acuática, también se les puede encontrar en pequeños ríos. Frecuentan ambientes de aguas salobres o marinas, y bocas de ríos pantanosos. Es una especie con alto éxito reproductivo y es capaz de hibridizar con otras especies. Es tolerante a contaminación de origen urbano.

Distribución: del estado de Nueva Jersey, al nordeste de la vertiente del Golfo de México. En México, de manera natural se distribuye hasta la cuenca del río Pánuco, en el norte de Veracruz; sin embargo, por su naturaleza de controlador biológico ha sido introducido en Baja California, Chihuahua y Sonora, así como en muchos cuerpos de agua del país.

Importancia: Ha sido introducido en una gran variedad de ambientes acuáticos con el objeto de controlar las plagas del mosquito causante de la malaria o paludismo.



Gambusia affinis Baird y Girard, 1853.

VII-2.4. Concentración de bioindicadores.

Al concentrar la lista en una caracterización biológica para cada localidad de muestreo, se obtienen las siguientes tablas (VII-2.3, VII-2.4 y VII-2.5).

FAMILIA	GÉNERO	Abundancia	Tolerantes	Facultativos	Intolerantes
CHIRONOMIDAE	<i>Dicortendipes</i> sp.	2	*		
DAPHNIIDAE	<i>Simocephalus</i> sp.	3			*
CAMBARIDAE	<i>Procambarus clarkii</i>	1	*		
POECILIDAE	<i>Gambusia</i> sp.	5	*		
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma cyanoguttatum</i>	2	*		
	SUMA	13	4	0	1

Tabla VII-2.3 Distribución de los organismos colectados en la localidad Topo Chico, mostrando su tolerancia a la contaminación orgánica.

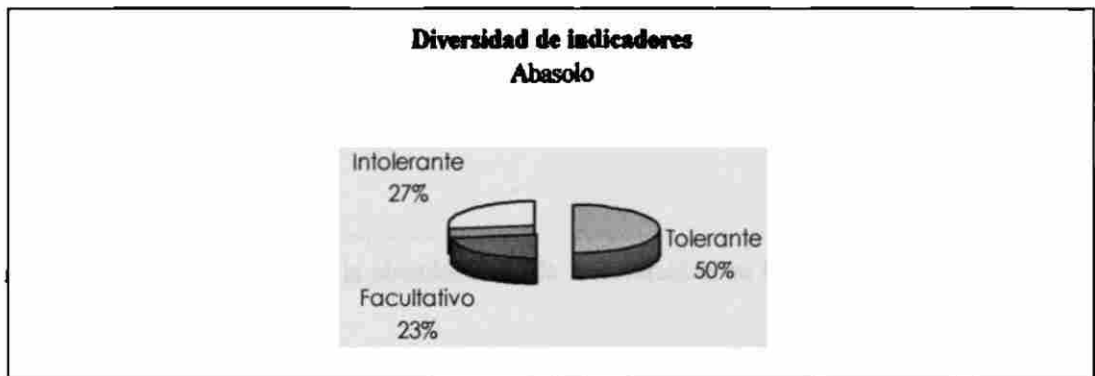


Gráfica VII-17. Distribución de la abundancia y la diversidad en Topo Chico, al interpretar los organismos como indicadores.

EVALUACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
COMO INDICADORES; CUENCA—RÍO PESQUERÍA

FAMILIA	GENERO	frecuencia	Tolerantes	Facultativos	Intolerantes
HIDROPHILIDAE	<i>Tropistemus</i>	8		*	
GERRIDAE	<i>Trepobates</i> sp.	4			
HELODIDAE	<i>Scirtes</i> sp.	1			
HIDROPHILIDAE	<i>Berosus</i> sp.	12			
PSEPHENIDAE	<i>Psephenus</i> sp.	1			*
CERATOPOGONIDAE	<i>Probezzia</i> sp.	94	*		
CHIRONOMIDAE	<i>Dicrotendipes</i> sp.	985	*		
	<i>Lasia</i> sp. (Fittkau)	401	*		
CULICIDAE	<i>Anopheles</i> sp.	60	*		
TABANIDAE	<i>Tabanus</i>	1	*		
BAETIDAE	<i>Caillibaetis</i> sp.	489		*	
CAENIDAE	<i>Coenis</i> sp.	504		*	
MICROVELINAE	<i>Microvelia</i> sp.	9			*
NAUCORIDAE	<i>Ambrysus</i> sp. (Stal)	5			*
COENAGRIONIDAE	<i>Argia</i> sp.	27		*	
	<i>Zoniagrion</i> sp.	76			
CORDULIIDAE	<i>Pantala</i> sp.	1			
LIBELLULIDAE	<i>Libellula</i> sp.	1		*	
	<i>Brechmorhoga</i> sp.	30			*
DAPHNIIDAE	<i>Simoccephalus</i> sp.	42			
CYCLOPIDAE	<i>Cyclops</i> sp.	45			
NOTODROMADIDAE	<i>Cypris</i> sp.	163	*		
LIMNAEIDAE	<i>Helisoma</i> sp.	21			*
PHYSIDAE	<i>Physa</i> sp.	84	*		
NAIDIDAE	<i>Pristina</i> sp.	16	*		
TUBIFICIDAE	<i>Teneridritus</i> sp.	2	*		
RANIDAE	RENACUAJO	5			
CYPRINIDAE	<i>Cyprinella lutrensis</i>	1	*		
POECILIDAE	<i>Gambusia</i> sp.	1	*		
	SUMA	3089	11	5	6

Tabla VII-2.4 Distribución de los organismos colectados en Abasolo mostrando su tolerancia a la contaminación orgánica.

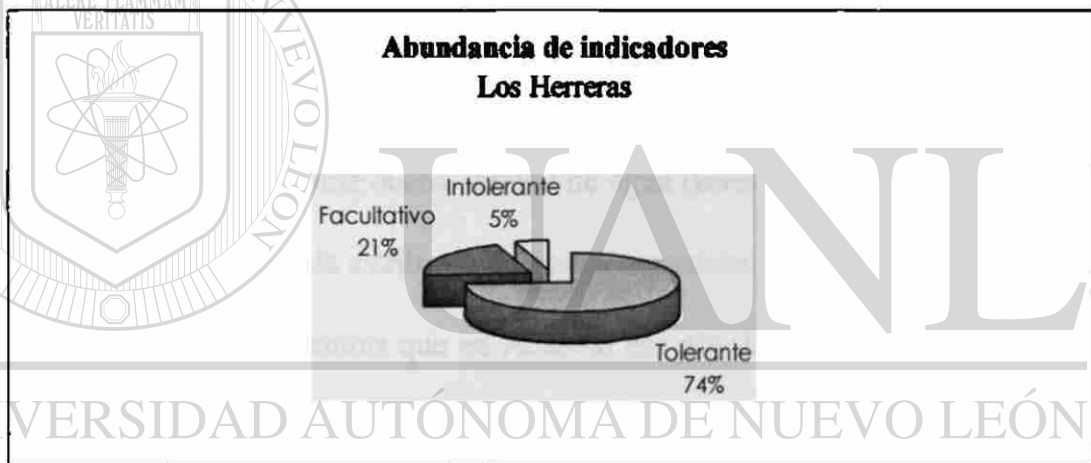


Gráfica VII-18. Distribución de la abundancia y diversidad en Abasolo.

EVALUACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
COMO INDICADORES; CUENCA—RÍO PESQUERÍA

FAMILIA	GENERO	Frecuencia	Tolerantes	Facultativos	Intolerantes
HIDROPHILIDAE	<i>Tropisternus</i>	1		*	
ELMIDAE	<i>Cleptelmis</i> sp.	15			
ELMIDAE	<i>Odobrevia</i> sp.	1			
HELODIDAE	<i>Scirtes</i> sp.	1			
HIDROPHILIDAE	<i>Berosus</i> sp.	3			
CHIRONOMIDAE	<i>Dicrotendipes</i> sp.	107*			
CAENIDAE	<i>Caenis</i> sp.	66		*	
COENAGRIONIDAE	<i>Argia</i> sp.	5		*	
	<i>Zoniagrion</i> sp.	3			
PSYCHOMYIIDAE	<i>Psychomyia</i> sp.	1			
DAPHNIIDAE	<i>Simocephalus</i> sp.	5			*
CYCLOPIDAE	<i>Cyclops</i> sp.	2			
NOTODROMADIDAE	<i>Cypris</i> sp.	2*			
LIMNAEIDAE	<i>Helisoma</i> sp.	12			*
PHYSIDAE	<i>Physa</i> sp.	25*			
NAIDIDAE	<i>Pristina</i> sp.	16*			
TUBIFICIDAE	<i>Teneridrilus</i> sp.	74*			
CYPRINIDAE	<i>Cyprinella lutrensis</i>	4*			
POECILIDAE	<i>Gambusia</i> sp.	26*			
	SUMA	369	7	3	2

Tabla VII-2.5 Distribución de los organismos colectados en Los Herreras, mostrando su tolerancia a la contaminación orgánica.



Gráfica VII-19. Distribución de la abundancia y de la diversidad en Los Herreras, al interpretar a los organismos como indicadores.

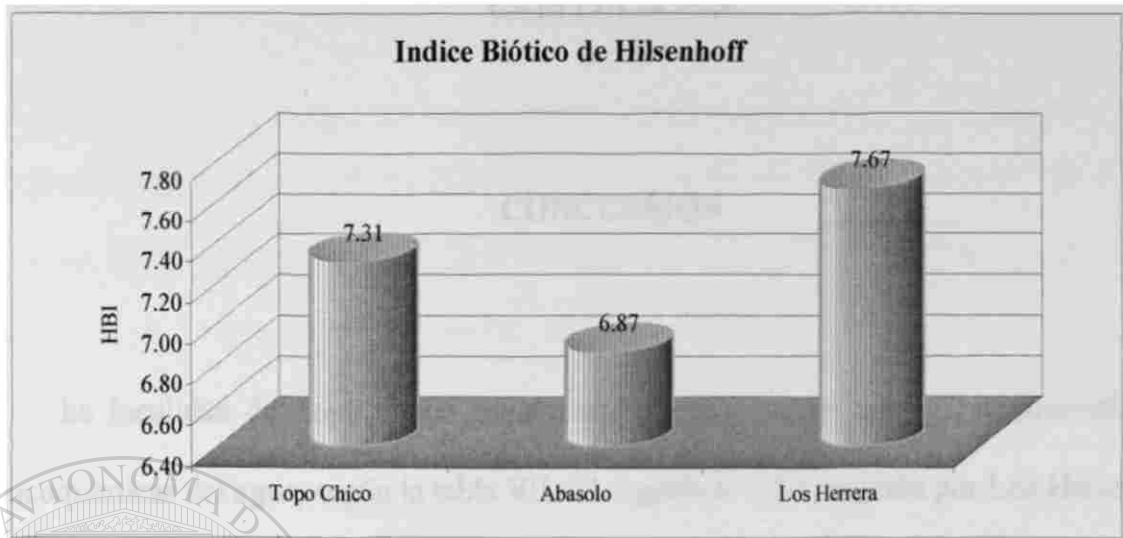
A través de las ilustraciones anteriores se observa cómo, para la localidad Topo Chico (gráfica VII-17), los organismos que cuentan con descripción de “indicadores de contaminación”, sólo son 23% intolerantes y 77% tolerantes en su abundancia, y como géneros el 20%, intolerantes; mientras que el 80% toleran la contaminación orgánica.

En la localidad de Abasolo (gráfica VII-18), aunque en su abundancia sólo el 4% es indicativo de una buena calidad de agua (intolerante a la contaminación) su diversidad muestra que el 27% de los géneros encontrados refuerza tal parámetro.

En Los Herreras (gráfica VII-19) se presenta un mayor porcentaje (5%) de organismos que sugieren una buena calidad de agua (intolerantes) en comparación con Abasolo (4%), la diferencia estriba en que estos organismos representan sólo un 17% de los géneros descritos, mientras que en Abasolo ese 4% de la abundancia representa el 27% de su diversidad.

La presencia en los muestreos de una alta abundancia de organismos tolerantes, no fue tan relevante como la presencia de una gran diversidad de organismos (géneros) tolerantes.

Finalmente, se sometieron los datos al modelo “Índice Biótico de Hilsenhoff”, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:



Gráfica VII-20. Valores obtenidos por el “Índice Biótico de Hilsenhoff”, para las tres localidades.

Índice biótico	Calidad del agua	Grado de contaminación orgánica.
0.00-3.50	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente.
3.51-4.50	Muy buena	Posible contaminación orgánica ligera.
4.51-5.50	Buena	Poca contaminación orgánica.
5.51-6.50	Moderada	Contaminación orgánica moderada.
6.51-7.50	Moderadamente pobre	Contaminación orgánica significativa.
7.51-8.50	Pobre	Contaminación orgánica alta.
8.51-10.00	Muy pobre	Contaminación orgánica severa.

Tabla VII-2.6 Rangos de los valores de tolerancia a la contaminación orgánica, de 0 hasta 10, según el IBH (Mandaville, 2002).

Cotejando los rangos de la tabla VII-2.6 con los resultados mostrados en la gráfica VII-20, Topo Chico y Abasolo se ubican en una categoría de calidad de agua **moderadamente pobre** mientras que Los Herrera presenta una calidad de agua **pobre**.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIÓN

La localidad de Topo Chico cuenta actualmente con las mejores características fisicoquímicas del agua, según la tabla VII-1.1—gráfica VII-1, seguida por Los Herreras y, en último lugar, Abasolo; los resultados fisicoquímicos históricos, entre 1994 y 2000, como se esquematiza en la gráfica VII-5, describen a Los Herreras como la mejor localidad en cuanto a la calidad de agua, seguido por Abasolo y con las peores características históricas: Topo Chico.

En Abasolo se presenta la mayor abundancia y mayor diversidad de las tres, y el mayor índice Shannon-Wiener, según los datos en la gráfica VII-9. La aplicación del modelo de Morisita muestra una distribución más bien uniforme de los géneros encontrados, ya que sus valores para las tres localidades fueron menores que uno (<1) encabezados por Topo Chico, seguido por Los Herrera y, al final, Abasolo, que es la localidad con menor tendencia a la uniformidad en la distribución taxonómica. Esto último habla de la presencia, en Abasolo, de uno o varios géneros que están siendo más numerosos que otros, compitiendo de esta forma con los demás, según la productividad hacia el nivel de hipertrofia.

La uniformidad en la distribución, al analizar la dispersión de una sola especie, se puede interpretar como una competencia intraespecífica, mientras que la dispersión ‘en parches’ (agregada) se interpretaría como una competencia interespecífica por algún recurso.

La diferencia entre Los Herrera y Abasolo estriba en la diversidad encontrada, pues, si bien en ambos predominan los dípteros, en Abasolo se encuentran 5 géneros mientras que en Los Herrera sólo 1 (tabla VII-2.1). La característica determinante fue la presencia de los organismos reportados como intolerantes, de los cuales se presentaron 6 géneros en Abasolo (tabla VII-2.4, §76) y sólo 2 en Los Herrera (tabla VII-2.5, §77).

Las últimas gráficas (VII-17, VII-18 y VII-19) nos describen a Abasolo como la localidad con mayor porcentaje de taxas intolerantes a la contaminación, con un valor porcentual del 27% de los géneros; seguida por Topo Chico con el 20% y luego Los Herrera con el 17%. De esta forma, Abasolo se interpreta como la localidad con mejores condiciones para el desarrollo de especies de “agua limpia”, esto es, la menos contaminada. Entre estos organismos se encuentran los del género *Psephenus*, *Microvelia*, *Ambrysus*, *Brechmorhoga* y *Helisoma*.

Cabe destacar el efecto que puede presentarse en los resultados físicos, químicos y biológicos, debido a las condiciones climatológicas y estacionales previas y propias de la sesión de muestreo, como son: las lluvias, deslaves, sequías, migraciones, finalización del ciclo acuático de algunas larvas, etc.

Con estos datos, si este trabajo fuera suficiente para evaluar el efecto de la mancha urbana de Monterrey, se concluye que el agua proveniente del Río Pesquería es satisfactoria para la protección de la vida acuática, según la NOM-ECOL-001, considerando a Los Herrera como un punto de 'entrega' de la cuenca Pesquería al Río San Juan. Sin embargo, se advierte la necesidad de una mejora en el agua que se descarga en el Pesquería, dada la presencia de abundantes organismos indicadores de contaminación orgánica como el género *Tubifex* (familia TUBIFICIDAE, tabla VII-2.1).

Puesto que el estudio se llevó a cabo con las tres estaciones de muestreo ya mencionadas, es importante realizar muestreos más detallados cerca del área metropolitana, para obtener un resultado cada vez más fiel, realizando más repeticiones y más puntos de muestreo.

También con este trabajo se confirmó la importancia de la utilización de la macrofauna bentónica de invertebrados en la caracterización de los cuerpos de agua, como coadyuvante para los métodos de caracterización ya establecidos; como lo son, los físicos y los químicos; resaltando el incremento en la sensibilidad para las tres formas de caracterización, al integrar los resultados que indican al estar en interacción, que es factible mostrar resultados con un solo muestreo, como se puede observar en el análisis comparativo de la tabla VII-2.1 y gráficas VII-6 a VII-20.

La utilización de los macroinvertebrados bentónicos simplifica la evaluación de la calidad de los escurrimientos y complementa el conocimiento de la calidad del cuerpo de agua analizado.

CAPÍTULO IX.

BIBLIOGRAFÍA.

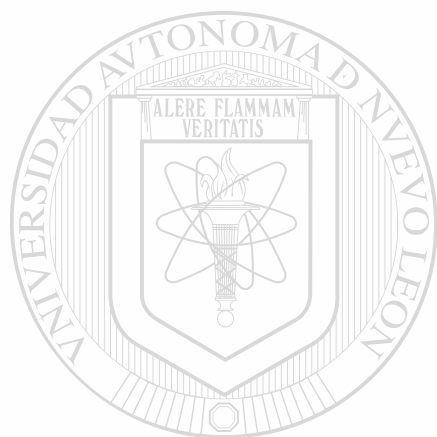
- 1 Álvarez del Villar, J. 1970. *Peces Mexicanos (claves)*. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. Pp 109-143.
- 2 APHA; AWWA; WEF. 1992. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th Edition. Arnold E. Greenberg. Maryland, USA. §111-115.
- 3 Araico Barturen, J. M. 1991. *Estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos del litoral arenoso del sur de Tamaulipas, México*. Tesis Inédita para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. F.C.B. Universidad del Noreste. Tampico, Tamaulipas; México. §12.
- 4 Bode R. W., Novak M. A. and Abele L. E. 1996. *Methods for rapid Biological Assessment of Streams*. New York State Department of Environmental Conservation. Albany, N. Y. Pp 1-21.
- 5 Borror, D. J., D. Moore, Triplehorn, C. A. 1976. *An introduction to the study of insects*. Fourth edition. Holt, Rinehart and Winston. U. S. A. §852
- 6 Brinkhurst, R. O. 1986. *Guide to the Freshwater aquatic microdrile oligochaetes of North America*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 84:259p
- 7 Contreras Arqueta, A. 1991. *Caracoles Dulceacuícolas (MOLLUSCA: GASTROPODA) de la Subcuenca San Juan, Tributario del Río Bravo, Noreste de México*. Tesis Inédita Para Obtener el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 8 Contreras Ramos, A. 1987. *Contribución al conocimiento de los insectos acuáticos de Potrero Redondo: una localidad de la Sierra Madre Oriental en el Municipio de Santiago, Nuevo León, México*. Tesis Inédita. F. C. B., U. A. N. L. México.

- 9 Diario Oficial de la Federación; 6 de Enero de 1997; NOM-001-ECOL-1996. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.*
- 10 Dubois, G. 2000. *How representative are samples in a sampling network?* Journal of Geographic Information and Decision Analysis, vol 4, no 1. § 1-10
- 11 Echegaray Treviño, R. E. 1991. *Sistemática y distribución de los oligoquetos acuáticos (ANNELIDA:OLIGOCHAETA) del sistema hidrológico Tamesi-Champayán.* Tesis Inédita para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. F.C.B. Universidad del Noreste. Tampico, Tamaulipas; México. §13.
- 12 García-García, J. 1999. *Evaluación y Modelación de la calidad del agua del Río Zahuapan (Factibilidad Técnica-Económica para su Recuperación).* Tesis Inédita Para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- 13 Garza Treviño, E. 1990. *Dispersión de Spiroxis amydae (Cobb, 1929) y alteraciones patológicas en el estómago de Apalone spinifera emoryi (Agassiz, 1857) del río Pesquería, General Escobedo, Nuevo León, México.* Tesis Inédita Para Obtener el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- 14 Goodwin, J. T. & Drees, B. M. 1996. *The Horse and Deer Flies (DIPTERA:TABANIDAE) of Texas.* Southwestern Entomologist No. 20. Southwestern Entomological Society. Pp 3-13.
- 15 Gray, P. 1967. *The Dictionary of the Biological Sciences.* Reinhold Publishing Corporation, U. S. A. §48
- 16 Guerra Pérez, S. 2000. *Evaluación de la vegetación riparia, insectos acuáticos y peces, influenciados por las variaciones en la calidad y en la cantidad de los caudales de la cuenca del Río San Juan, Nuevo León México.* Tesis Inédita. Facultad de Ciencias Forestales U. A. N. L. §88-103
- 17 INEGI 1986. *Síntesis Geográfica de Nuevo León.* INEGI. México D. F. § 27 y 28.
- 18 INEGI. 1998. *Carta Topográfica 'General Bravo': G14C15.* INEGI. Nuevo León, México.
- 19 INEGI 1998. *Carta Topográfica 'Hidalgo': G14C18.* INEGI. Nuevo León, México.
- 20 INEGI 1998. *Carta Topográfica 'Los Herreras': G14C19.* INEGI. Nuevo León, México.

- 21 INEGI 1998. *Carta Topográfica 'Monterrey'*: G14C26. INEGI. Nuevo León, México.
- 22 Kiely, G. 1999. *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España §361.
- 23 Klemm, D. J. 1982. *A guide to freshwater annelida (Polichaeta, Naidid and Tubificid; Oligochaeta and Hirudinea) of North America*. Kendall/Hunt Publ. Co. Dubuque Iowa. §5.
- 24 Krebs, C. J. 1985. *Ecología—Estudio de la distribución y abundancia*. 2ª Edición. Harla, S. A. de C. V. México. §502.
- 25 Lenat. *Use of Bentic Macroinvertebrates as Indicators of Environmental Quality*. En Worf, D. L. 1980. *Biological Monitoring for Environmental Effects*. D.C. Heat and Company. Lexington, Massachusetts. Chapter 8.
- 26 López Barbosa, E. C. 1983. *Manual de Entomología*. Segunda edición. F.C.B., U.A.N.L. México.
- 27 Mandaville, S. M. 2001. *Taxa tolerance Values-Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters*. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax.
- 28 Margalef, R.. 1982. *Ecología*. Omega Ediciones, S. A. de C. V. §351.
- 29 Merrit, R. W. and Cummins, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company. United States of America.
- 30 Metcalf & Eddy, Inc. 1991. *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, and Reuse*. International Edition. McGraw-Hill, Singapore.
- 31 Morse, J. C. *Research Suggestions- Benthic Invertebrates as Biological Indicators*. En Worf, D. L. 1980. *Biological Monitoring for Environmental Effects*. D.C. Heat and Company. Lexington, Massachusetts. Chapter 9.
- 32 Naranjo García, E. y Meza Meneses, G. en Lanza Espino *et al.* 2000. *Organismos indicadores de la Calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdez. México. §309.
- 33 Novelo Gutierrez, R. 1977. *Clave para la determinación de familias y géneros de las Náyades de ODONATA de México. Parte II. Anisoptera*. Dugesiana 4(2):31-40.
- 34 Novelo Gutierrez, R. 1977. *Clave para la determinación de familias y géneros de las Náyades de ODONATA de México. Parte I. Zygoptera*. Dugesiana 4(1):1-10.
- 35 O'Connor & O'Connor, 1999. *Stream Biomonitoring*. WATER, Engineering & Management. Vol. 146, N° 10. II, U. S. A. §20-21.

- 36 Pennak, R. W. 1978. *Fresh-water invertebrates of the United States*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. §688
- 37 Peña Rivera, A. 1983. *Guía de laboratorio de Zoología de Invertebrados No Artrópodos, Serie I METAZOARIOS*. Documento Inédito, Laboratorio de Zoología de Invertebrados No-Artrópodos; Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. México. §3.
- 38 Rodríguez Almaráz, G. & Solís Rojas, C.. 1995. *Taxonomía Zoológica: Claves ilustradas para la identificación de artrópodos no—insectos*. Segunda edición. F. C. B., U. A. N. L. México. § 119-121.
- 39 Rodríguez Almaráz, G. A. 2001. *Fisiología reproductiva del Acocil Rojo Procamburus clarkii (CRUSTACEA:DECAPODA): Establecimiento del ciclo de maduración gonadal y evaluación de su potencial reproductivo*. Tesis Inédita. Doctorado. F. C. B., U. A. N. L. p 11.
- 40 Rodríguez Morán, J. 1991. *Introducción al conocimiento Sistemático de las lombrices acuáticas (ANNELIDA:CLITELLATA:OLIGOCHAETA) del área urbana de Tampico, C. D. Madero, Tamaulipas México*. Tesis Inédita para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. F.C.B. Universidad del Noreste. Tampico, Tamaulipas; México. §11.
- 41 Ruiseco Maldonado, S. J. 1995. *Oligoquetos dulceacuícolas (TUBIFÍCIDAE-NAIDIDAE) del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León; México*. Tesis Inédita Para Obtener el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- 42 Salinas-Cantú, M.; Treviño-Villarreal, H. J.; Velázquez de León, Rogelio. 1991. *Geografía de Nuevo León*. 2ª Edición. Diciones Castillo, S. A. de C. V., Monterrey, N. L. § 47 y 48.
- 43 Sangpradub. 1997. *Effect on Headwater Catchment Degradation on Water Quality and Benthic Macrinvertebrate Community in Northeast Thailand*. Proceeding International Symposium on hydrology and water resources for research and development in Southeast Asia and The Pacific, 17-19 December 1997, 161-179; Nong Khai, Thailand.
- 44 Thorp, J. H.; Covich, A. P. 1991. *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, Inc. San Diego, Cal. United States of America.
- 45 Valdés González, A. 1998. *Censo preliminar en el arroyo Mireles, Allende, N. L.* Trabajo Inédito. Laboratorio de Acuicultura, F. C. B., U. A. N. L. México.
- 46 Weber, C. I. 1973. *Biological Field and Laboratory Methods for Measuring the Quality of Surface Waters and Effluents*. E.P.A. U. S. A. Chapter V: INVERTEBRATES.

- 47 Willoughby, L. G. 1976. *Freshwater Biology*. Hutchinson & Co. Great Britain. §100-147.
- 48 Worf, D. L. 1980. *Biological Monitoring for Environmental Effects*. D.C. Heath and Company. Lexington, Massachusetts. §118-119.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Gerardo Bermejo Acosta

Candidato para el grado de

Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental

Tesis: PROPOSICIÓN METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PESQUERÍA, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SU ECOSISTEMA BENTÓNICO, COMO TRIBUTARIO DE LA CUENCA SAN JUAN, EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

Campo de Estudio: Ciencias Ambientales

Biografía:

Datos Personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León el 3 de septiembre de 1972, hijo de la Señora María de la Paz Acosta Guillén (†) y el Ing. Genaro Jacinto Bermejo Salazar.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido: Biólogo en 1995.

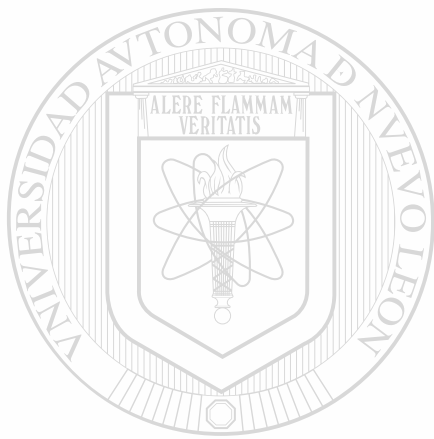
Experiencia Profesional:

Catedrático de la materia Inglés para la facultad de ciencias de la comunicación, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ingeniero de operación en la planta de tratamiento de aguas residuales 'Norte' utilizando sistemas de digestión aerobia con difusión de burbuja fina a contracorriente.

Ingeniero de operación en la planta de tratamiento de aguas residuales 'Dulces Nombres', manejando sistemas de digestión aerobia a base de inyección de oxígeno de alta pureza con producción criogénica in-situ, cogeneración de energía eléctrica mediante la combustión del gas metano producido por la digestión anaerobia de los desechos biológicos.

Gerente de Ventas en Sistemas y Servicios Hidroeléctricos, supervisión de la venta, reparación y servicio de equipos hidroeléctricos y de control, así como la estructuración de hojas de cálculo y bases de datos para la elaboración y ordenamiento de cotizaciones y facturas.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



