

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

REPORTE FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR INVESTIGACIÓN
PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Macroinvertebrados y diatomeas como
bioindicadores en el estudio de la calidad
de agua del río Actopan en la localidad El
Zapotito, en el municipio de Úrsulo
Galván, Veracruz.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Laura Irlanda Tinoco Pérez

Matrícula
2162034542

ASESORES INTERNOS
M. en C. Germán Castro Mejía
23759
Dr. Jorge Castro Mejía
13817




RESUMEN

Los macroinvertebrados acuáticos y las diatomeas se consideran excelentes bioindicadores de la calidad de agua debido a que estos se basan en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a alguna perturbación. El estudio se realizó en la localidad El Zapotito en el Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz durante los meses abril y agosto de 2022. Se colectaron muestras de macroinvertebrados en orillas con vegetación, sustratos duros y detritos vegetales; mientras que, las muestras de diatomeas se obtuvieron de rocas y plantas. Se identificaron siete familias de macroinvertebrados en el muestreo realizado en el mes de abril con una abundancia total de 268 organismos, al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 42, que representa a la clase IV que significa una calidad dudosa con aguas contaminadas; mientras que, en el muestreo realizado en el mes de agosto se identificaron ocho familias con una abundancia total de 149 organismos y al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 40, que representa a la clase IV que significa una calidad dudosa con aguas contaminadas. En cuanto al muestreo realizado de diatomeas en el mes de abril se identificaron siete géneros de diatomeas, a aplicar el IDP se determinó un valor de 1.674 lo que indica que la calidad del agua es aceptable, con una polución y eutrofización moderada: altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica, con un grado de disturbio debido una actividad industrial o ganadera intensiva. Finalmente, en el muestreo realizado en el mes de agosto se identificaron nueve géneros de diatomeas obteniéndose un IDP de 2.471 lo que indica que la calidad del agua es mala, con una polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y aminoácidos, con un grado de disturbio fuerte debido a agricultura intensiva y ganadería, actividad industrial y densidad poblacional.

Palabras clave: Macroinvertebrados, Diatomeas, Calidad de agua, El Zapotito.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA, O ANTECEDENTES, O MARCO TEÓRICO.....	2
OBJETIVOS.....	6
<i>General:</i>	6
<i>Particulares:</i>	6
METODOLOGÍA	6
<i>Área de estudio</i>	6
<i>Macroinvertebrados</i>	7
<i>Diatomeas</i>	8
<i>Toma de parámetros fisicoquímicos</i>	9
<i>Índices de diversidad y de Similitud</i>	9
RESULTADOS	10
Parámetros fisicoquímicos.	10
Macroinvertebrados	10
<i>Muestreo realizado en el mes de abril de 2022</i>	10
<i>Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022</i>	11
<i>Diversidad</i>	12
<i>Similitud de Jaccard</i>	12
Diatomeas	13
<i>Muestreo realizado en el mes de abril de 2022</i>	13
<i>Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022</i>	14
<i>Diversidad</i>	15
<i>Similitud de Jaccard</i>	16
DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS.....	20
ANEXOS	23
<i>Anexo 1 Macroinvertebrados</i>	23
<i>Anexo 2 Diatomeas</i>	26

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales son aguas fluidas que drenan el paisaje e incluyen interacciones bióticas entre plantas, animales y microorganismos, así como, interacciones físicas y químicas abióticas (Brown, 1987). Actualmente, estos ecosistemas se encuentran sometidos a muchas perturbaciones causadas por la actividad humana, la regulación y rectificación de cauces, la contaminación por materia orgánica, la eutrofización, las actividades mineras, entre otros, provocando cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que se encuentran en los ríos (Huerto et al, 2005). Ladrera, 2012 menciona que el estudio de la química del agua se utilizaba como un elemento único de la calidad de los cuerpos de agua dulce. Asimismo, la DMA (Directiva Marco del Agua) establece que, para llevar a cabo una correcta gestión y diagnosis de los ecosistemas fluviales, además de los habituales análisis químicos, se deben utilizar indicadores biológicos que nos permitan establecer el estado ecológico de manera más precisa.

La utilización de estos bioindicadores se basa en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a alguna perturbación. Existen diferentes tipos de indicadores biológicos de ecosistemas fluviales, entre los más utilizados se encuentran: bacterioplancton, fitoplancton, perifiton, macrófitas, macroinvertebrados y peces (Aguas Urbanas, 2018). Sin embargo, en esta ocasión nuestros bioindicadores serán los macroinvertebrados y diatomeas esto se debe a diversas razones entre ellas, es que son fáciles de muestrear, hay una gran diversidad, es económico, poseen un tiempo de vida relativamente largo, que permite integrar los efectos de la contaminación en el tiempo.

Aunque, el estudio de calidad de agua utilizando bioindicadores ha ido en aumento en los últimos años. En México todavía hay pocos estudios con diatomeas como indicador biológico, entre estos estudios se encuentran los realizados por Huerto et al. (2005) en los ríos Amacuzac, Mor. y Balsas, Gro. y por Mathuriau et al. (2010)

en los ríos Queréndaro, Zinepécuaro, Chiquito, Grande de Morelia, San Marcos y La Palma, todos ellos ubicados en la cuenca hidrológica del lago de Cuitzeo, Michoacán. Castro et al. (2015) realizaron un estudio de macroinvertebrados en el río Actopan, Veracruz.

El río Actopan, se encuentra ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. tiene en sus riberas aportes de aguas residuales de diferentes manchas urbanas cercanas, además que se encuentra un ingenio azucarero que vierte sus desechos al río. Por lo que, el objetivo de esta investigación es determinar la calidad de agua en la localidad de el Zapotito, utilizando macroinvertebrados y diatomeas como indicadores biológicos.

REVISIÓN DE LITERATURA, O ANTECEDENTES, O MARCO TEÓRICO.

Existen diversos métodos para analizar la calidad del agua en cuerpos de agua lóticos (corrientes como ríos) y lénticos (aguas tranquilas como lagos); el método más común se enfoca en las propiedades fisicoquímicas como los niveles de oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, pH y turbidez del agua entre otros; estos parámetros proveen un retrato de la condición de un cuerpo de agua, pero no brinda un análisis integral de la salud general y puede funcionar inadecuadamente. En cambio, los indicadores biológicos proveen una valoración integral y comprehensiva de la salud de un cuerpo de agua por cierto tiempo (Karr, 1999).

Estos indicadores biológicos abarcan organismos de niveles tróficos bajos, como algas o macroinvertebrados bentónicos, así como de niveles tróficos altos, como peces. De estos tres, los macroinvertebrados probablemente sean los más ampliamente utilizados como bioindicadores (Resh 2008). Existen razones por las que dichos macroinvertebrados se pueden considerar como los mejores bioindicadores: son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar; son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones de su hábitat; son

relativamente fáciles de identificar; representan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo; proporcionan información para integrar efectos acumulativos; poseen ciclos de vida largos (semanas y/o meses); se reconocen a simple vista; pueden cultivarse en el laboratorio; responden rápidamente a los tensores ambientales y varían poco genéticamente (Roldán 1999).

Rosenberg y Resh (1993) señalan que los macro invertebrados están presentes en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

Otro bioindicador relevante son las diatomeas ya que una gran parte de ellas tienen un tipo de hábitat determinado que cuenta con condiciones fisicoquímicas especializadas como la salinidad, temperatura, pH, nutrientes, entre otros. Al poseer esta especificidad es posible utilizarlas como indicadoras de cambios en un cuerpo de agua. Por esta razón, es necesario identificar cuáles de estas condiciones son más representativas para poder realizar un análisis acertado de los efectos en la distribución de las diatomeas y su frecuencia.

En México, se han realizado diversas investigaciones utilizando macro invertebrados como bioindicadores de la salud del agua. Castro et al. (2015) realizaron un estudio de estimación de población de macroinvertebrados en el río Actopan ubicado en Veracruz, tomando en cuenta tres zonas de las cuales se obtuvo la muestra. Zona 1: Loma San Rafael: orillas con vegetación, detritos vegetales y lodo; Zona 2, Puente Úrsulo Galván: orillas con vegetación, sustratos duros, detritos vegetales y macrófitas sumergidas. Se pudieron identificar a 13 familias con un total de 816 organismos, de las cuales la zona 2 tuvo diez familias (655 organismos) en comparación con la zona 1 que presentó solo 4 familias (161 organismos). Los resultados del índice de BMWP demuestran que la salud de la

zona 1 se encuentra en estado crítico (clase IV, valor 24, aguas muy contaminadas) y la zona 2 presenta una calidad aceptable (clase III, valor 73, aguas medianamente contaminadas). La actividad humana, urbana, agrícola e industrial, afecta grandemente la calidad del agua del río Actopan.

Armas Ortiz (2015) realiza un estudio sobre los efectos de la cobertura vegetal y las variables físico-químicas sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta de la antigua, Veracruz, México. En este estudio se analizaron los patrones de cambio en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos considerando grupos funcionales tróficos y familias sensibles a la contaminación y su relación con las variaciones en la cobertura vegetal a escala local y de paisaje. Se realizaron dos muestreos estacionales durante la época lluviosa seca (abril-mayo) y (junio-octubre). No se encontraron diferencias significativas en la abundancia total de macroinvertebrados acuáticos comparada entre la época seca y lluviosa. las variables más significativas entre la época seca a lluviosa, fueron las condiciones físico-químicas que presentó el agua donde se reportaron concentraciones diferentes de hierro, cloruro, dureza, alcalinidad y la cobertura vegetal. El 41% de los sitios de muestreo son considerados como no contaminados y el 39% son ligeramente contaminadas, demostrando que la mayoría de los ríos evaluados para este estudio poseen aguas bien oxigenadas y con ligeros indicios de contaminación, acordes a los valores del índice BMWP. La realización de este tipo de estudios es fundamental para evaluar el impacto de la cobertura vegetal sobre las cuencas hidrográficas, pues permiten una mejor comprensión de los procesos que ocurren en los ecosistemas acuáticos y la influencia que las actividades humanas ejercen sobre éstos.

Las diatomeas han sido incluidas en los estudios de calidad del agua de los ríos desde las investigaciones de Kolkwitz y Marsson (1908). Son reconocidas como bioindicadores de contaminación orgánica y eutroficación (Descy y Ector 1999). Actualmente el reconocimiento y la utilización de las diatomeas son considerados en algunos casos como elementos definitorios y/o complementarios en la determinación de la calidad biológica de los ambientes dulceacuícolas.

Su uso como indicadores ecológicos, es ampliamente aceptado ya que se trata de uno de los grupos de fotosintetizadores microscópicos determinantes en ambientes dulceacuícolas (fitoplancton), se encuentran en abundancia en la mayoría de los ecosistemas loticos, responden rápidamente a factores tales como la temperatura, luz, velocidad de corriente, nutrientes, conductividad, polución orgánica e inorgánica, acidificación y herbivoría (Turner et al., 1991; Gaglioti, 1992; Niyogi et al., 1999; Oliveira et al., 2001; Licursi et al., 2006; Tall et al., 2006).

Además, su amplia distribución, su fácil recolección y preservación, las hace aptas para cualquier posible revisión taxonómica, por esta razón los especialistas se afanan en diseñar diferentes métodos de trabajo, en elaborar diversos tipos de índices biológicos que usan la diatomoflora o en comprobar la viabilidad de los métodos e índices biológicos o ecológicos propuestos en cada país.

Un ejemplo, es el índice de diatomeas pampeano (IDP), dirigido hacia la evaluación de la calidad del agua en ríos y arroyos más pequeños de la llanura pampeana. Este índice se basa en la sensibilidad de los conjuntos epipélicos de diatomeas que integran el efecto del enriquecimiento orgánico y la eutrofización, dos fenómenos difícilmente separables.

Los ríos pampeanos de La Plata, Argentina fueron evaluados por Graca *et al* (2002) para su uso potencial mediante ensayos in situ con el objetivo de determinar cambios en la calidad del agua. Se realizaron muestreos de macro invertebrados y diatomeas, y utilizaron el Índice Biótico Pampeano y el Índice de Diatomeas Pampeano para determinar el deterioro en la calidad del agua. En los sitios de referencia, el IBAMP (macro invertebrados) presentó un valor de 8 a 9, indicando la posibilidad de una "contaminación ligera". El IDP (diatomeas) tuvo valores de 1.7 a 2, indicando una probable contaminación-eutrofización moderada en los mismos sitios.

OBJETIVOS

General:

Determinar la calidad de agua en la localidad de El Zapotito utilizando macroinvertebrados y diatomeas como indicadores biológicos.

Particulares:

- Determinar los índices BMWP (macroinvertebrados) y el IDP (diatomeas) para evaluar la calidad de agua del río Actopan.
- Comparar mediante el índice de Jaccard la similitud de familias de macroinvertebrados y de género de diatomeas presentes en los muestreos de abril y septiembre en la localidad El Zapotito.
- Determinar la diversidad de especies presentes en la localidad El Zapotito, mediante el índice de Shannon-Weaver.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Esta investigación se realizó en una localidad del municipio Úrsulo Galván en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave: El Zapotito localizado entre las coordenadas 19°26'47" N, 96°26'14" O. (Fig. 1) (INEGI, 2009).

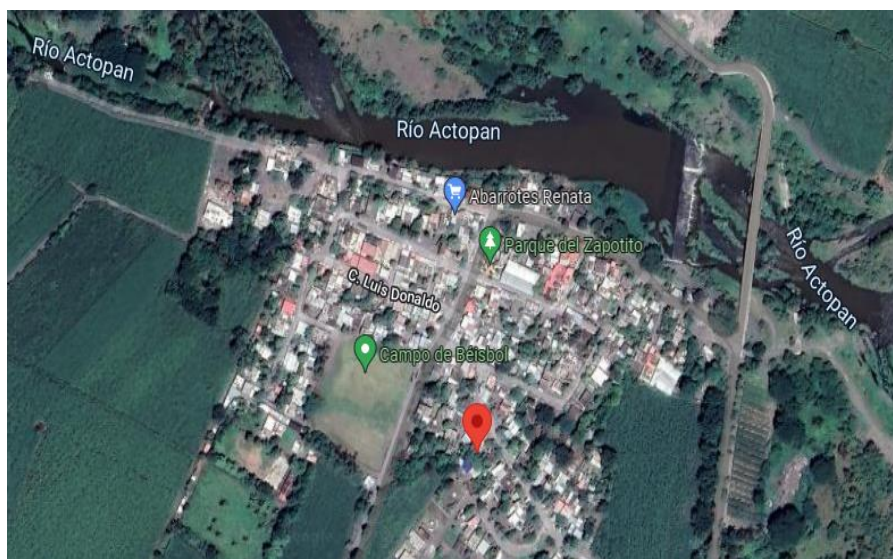


Figura 1. Mapa general de la localidad de El Zapotito, municipio de Úrsulo Galván (INEGI 2005).

Macroinvertebrados

En cada una de las zonas y con ayuda de redes de mano y cernidores con marco de madera se muestrearon sustratos duros, como son piedras; detritos vegetales, hojarasca y troncos de diferente calibre; orillas con vegetación con raíces y plantas emergentes asociadas a ellas; macrófitos sumergidos; y arena y otros sedimentos finos. Una vez que se obtuvo la muestra, se depositaron en una cubeta para su posterior traslado. Los organismos colectados se depositaron en charolas para separar los macroinvertebrados del sustrato; una vez limpias las muestras se separaron por grupos. Se depositaron en vasos de polietileno con tapa, el cual contenía formol al 40%, para su posterior identificación. En el laboratorio con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZ40, se procedió a identificar utilizando la Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces de James, 1982. Ya identificadas las diferentes familias, se aplicó el índice de calidad biótica BMWP (Biological Monitoring Working Party por sus siglas en inglés). A cada familia se le dio un número del 1 al 10, de acuerdo al grado de sensibilidad a los contaminantes. El 1 indica al menos sensible, y así gradualmente hasta el 10 (más sensible), utilizando la clasificación propuesta por Roldán, 1988 y Zamora, 1999. (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios del índice de calidad biótica BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color
I	≥121	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101–120	Buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61–100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36–60	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo
V	16–35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Diatomeas

En la localidad, la colecta de diatomeas se tomó de rocas y plantas que se encontraban situadas a poca profundidad del río. Se rasparon unas 10 veces con un cepillo dental y el contenido se depositó en frascos de polietileno con formol al 4% y se guardaron en un lugar oscuro y fresco para su posterior identificación. La identificación de diatomeas se llevó a cabo en el laboratorio con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZ40 y, se utilizaron los documentos de Blanco *et al*, (2010) y de Barrios y Puig (2012) para su identificación. Para determinar la calidad del agua se aplicó el IDP (Índice de Diatomeas Pampeano) descrito en el trabajo de Gómez y Licursi (2001), el cual fue diseñado para evaluar la eutrofización y polución orgánica de los ríos y arroyos del área pampeana en Argentina. A cada diatomea identificada se le asignó un valor de sensibilidad a la polución y eutrofización y se aplicó la siguiente formula:

$$IDP = \frac{\sum_{j=1}^n I_{idpj} * A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

Los valores del índice (I_{idpj}) fluctúan entre 0 y 4 y A_j es la abundancia relativa de la especie; valores <0.5 calidad del agua muy buena y >3 muy mala. A las distintas calidades del agua se les asigna colores para su identificación gráfica en mapas y se les relaciona con las actividades antrópicas más frecuentes en el área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de Diatomeas Pampeano y su relación con la calidad del agua.

Valor del IDP	Calidad del agua	Código de color	Características del agua	Grado de disturbio.
0-0.5	Muy buena	Azul	Sin polución, estado natural, pocos nutrientes y poco enriquecimiento orgánico.	Mínimo: baja influencia humana.
>0.5-1.5	Buena	Verde	Polución y eutrofización leve, bajos niveles de nutrientes y materia orgánica.	Leve: ganadería extensiva y agricultura.
>1.5-2	Aceptable	Amarillo	Polución y eutrofización moderada: altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica.	Moderado: actividad industrial y / o ganadería intensiva.
>2-3	Mala	Naranja	Polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y aminoácidos.	Fuerte: agricultura intensiva y ganadería, actividad industrial y densidad poblacional.
>3-4	Muy mala	Rojo	Polución y eutrofización muy fuerte, altas concentraciones de materia orgánica, predominio de procesos reductivos y presencia de productos industriales.	Muy fuerte: actividad industrial intensiva y gran densidad poblacional.

Toma de parámetros fisicoquímicos

En la localidad, se tomó la temperatura y salinidad con un multiparamétrico YSI modelo M86; también, se tomó una muestra de agua para obtener los valores de nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), amonio (NH₄), fosfatos (PO₄) pH, dureza y cloro con el equipo multiparamétrico para acuicultura de HANNA®.

Índices de diversidad y de Similitud

Se aplicó el índice de Shannon-Weaver ($H' = -\sum p_i * \ln p_i$) para medir la biodiversidad y el coeficiente de similitud de Jaccard ($IJ = \frac{c}{(a+b+c)}$), el valor de 0 significa que las estaciones no presentan especies en común, y tiende a 1 a medida que aumenta el número de especies compartidas).

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos.

En la Tabla 3 y 4 se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos en la localidad de El Zapotito, muestreados durante en el mes de abril y agosto de 2022 respectivamente, en donde en el muestreo de abril, los valores de fosfatos, nitritos y nitratos fueron los más altos (4.2, 3.33 y 3.13 respectivamente). Mientras que, se obtuvo una cantidad muy inferior de amonio y un pH básico. En cuanto al muestreo realizado en el mes de agosto de 2022 los valores más altos registrados fueron de nitratos, nitritos y fosfatos (3.93, 2.66 y 2.44 respectivamente) de la misma manera que en el muestreo realizado en el mes de abril los valores más bajos fueron los de amonio (0.42) y un pH básico.

Tabla 3. Valores de los parámetros físico químicos tomados en la localidad El Zapotito del río Actopan. Muestreo abril 2022.

Localidad	NH ₃ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Dureza (mg/L)	Cloro (mg/L)
El Zapotito	0.16	3.13	3.33	4.2	8.2	192mg/L	0.6

Tabla 4. Valores de los parámetros físicos y químicos tomados en la localidad El Zapotito del río Actopan. Muestreo agosto 2022.

Localidad	NH ₃ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Salinidad (ppm)	Temperatura (°C)
El Zapotito	0.42	3.93	2.66	2.41	7.6	1.77	29 C

Macroinvertebrados

Muestreo realizado en el mes de abril de 2022.

En la Tabla 5 se observan los datos de macroinvertebrados identificados en la localidad de El Zapotito. En donde, se colectaron siete familias, cinco del phylum Arthropoda y dos del phylum Mollusca. La clase con mayor abundancia fue la

Gastropoda con una familia; la familia con mayor abundancia fue la Viviparidae (gasterópoda) con 119 organismos, seguida de la familia Coenagrionidae (Insecta) con 108 organismos. En total se colectaron 268 organismos y al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 42, que representa a la clase IV que significa una calidad dudosa con aguas contaminadas.

Tabla 5. Familias de macroinvertebrados encontrados en el río Actopan, en la localidad El Zapotito. Muestreo abril 2022.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Valor IBMWP	Abundancia
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae	9	23
	Gastrópoda	Mesogastropoda	Viviparidae	8	119
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	6	108
			Gomphidae	8	9
		Hemiptera	Veliidae	3	2
			Naucoridae	3	5
		Trichoptera	Hydropsychidae	5	2
			Total	42	268

Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022.

En la Tabla 6 se observan los datos de macroinvertebrados identificados en la localidad de El Zapotito. En donde, se colectaron ocho familias, seis del phylum Arthropoda y dos del phylum Mollusca. La clase con mayor abundancia fue la Gastropoda con dos familias; la familia con mayor abundancia fue la Viviparidae (Gastropoda) con 80 organismos, seguida de la familia Veliidae con 29 organismos (Insecta). En total se colectaron 149 organismos y al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 40, que representa a la clase IV que significa una calidad dudosa con aguas contaminadas.

Diversidad

En la Tabla 7 se muestran los valores de diversidad entre el primer muestreo realizado en el mes de abril de 2022 y el muestreo realizado en agosto de 2022 en la localidad del Zapotito. El valor más alto de diversidad lo tiene el muestreo realizado en el mes de agosto en la localidad El Zapotito con 1.4.

Similitud de Jaccard

Del Phylum Arthropoda se encontraron organismos de la familia Veliidae. Mientras que, del Phylum Mollusca se encontraron organismos de la familia Viviparidae. Por lo que, la similitud de familias de macroinvertebrados en los dos muestreos es del 15.385 % al existir dos familias similares en ambos muestreos (Ver tabla 8).

Tabla 6. Familias de macroinvertebrados encontrados en el río Actopan, en la localidad El Zapotito. Muestreo agosto 2022.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Valor IBMWP	Abundancia
Artrópoda	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	6	8
	Insecta	Coleóptera	Psephenidae	3	11
		Hemiptera	Veliidae	3	29
			Gerridae	3	18
		Ephemeroptera	Caenidae	4	1
		Plecoptera	Chloroperlidae	10	1
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	3	1
		Mesogastropoda	Viviparidae	8	80
			Total	40	149

Tabla 7. Valor de diversidad en los muestreos de abril y agosto de 2022 en la localidad El Zapotito.

	El Zapotito (muestreo abril)	El Zapotito (muestreo agosto)
Taxa	7	8
Abundancia	268	149
Diversidad de Shannon	1.2	1.4

Tabla 8. Familias de macroinvertebrados similares en los muestreos realizados en el mes de abril y agosto en la localidad El Zapotito.

Phylum	Familia	Abril 2022	Agosto 2022
Arthropoda	Coenagrionidae	1	
	Palaemonidae		1
	Gomphidae	1	
	Veliidae	1	1
	Gerridae		1
	Caenidae		1
	Naucoridae	1	
	Psephenidae		1
	Chloroperlidae		1
	Hydropsychidae	1	
Mollusca	Corbiculidae	1	
	Viviparidae	1	1
	Planorbidae		1

Nota: Se muestra en color gris las familias de macroinvertebrados que se encontraron en los muestreos realizados en el mes de abril y agosto en la localidad El Zapotito.

Diatomeas

Muestreo realizado en el mes de abril de 2022.

En la tabla 9 se observan los géneros de diatomeas colectadas en la localidad de El Zapotito durante el mes de abril. Se colectaron siete géneros de diatomeas, donde las más abundantes fueron *Fragilaria* con 79 organismos y *Diatoma* con 39. Mientras que, los géneros: *Gomphonema*, *Stenopterobia* y *Amphipleura*, fueron de las de menor abundancia. Al aplicar el índice Pampeano de Diatomeas se determinó un valor de 1.674 lo que indica que la calidad del agua es aceptable, con una polución y eutrofización moderada: altas concentraciones de nutrientes y materia

orgánica, con un grado de disturbio debido una actividad industrial o ganadera intensiva.

Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022.

En la tabla 10 se observan los géneros de diatomeas colectadas en la localidad de El Zapotito durante el mes de agosto. Se colectaron nueve géneros de diatomeas, donde las más abundantes fueron *Diatoma* con 449 organismos y *Pinnularia* con 100 organismos. Mientras que, los géneros: *Cymbella*, *Cocconeis*, *Surirella* y *Nitzschia*, fueron de las de menor abundancia. Al aplicar el índice Pampeano de Diatomeas se determinó un valor de 2.471 lo que indica que la calidad del agua es mala, con una polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y aminoácidos, con un grado de disturbio fuerte debido a agricultura intensiva y ganadería, actividad industrial y densidad poblacional.

Tabla 9. Géneros de diatomeas encontradas en la localidad El Zapotito en el río Actopan. Muestro abril 2022.

Orden	Familia	Género	Abundancia	Sensibilidad	IDP
Surirellales	Surirellaceae	<i>Stenopterobi a</i>	13	I-III	1.5
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	20	II-III	2.5
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	3	0-III	1
Rhabdonematales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i>	39	I-II	3
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	79	0-I	0.5
Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i>	15	II	2
	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>	18	I-III	3
		Total	187		1.67

Tabla 10. Géneros de diatomeas encontradas en la localidad El Zapotito en el río Actopan. Muestra agosto 2022.

Orden	Familia	Género	Abundancia	Sensibilidad	IDP
Rhabdonematales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i>	449	I-II	3
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	24	I-III	1.25
Naviculaes	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i>	91	II	2
		<i>Navicula</i>	42	I-III	2.75
	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	100	I-II	1.25
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	31	0-III	1
	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	4	I-II	1.25
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	27	II-III	2.5
Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	12	I-III	2
Total			780		2.47

Diversidad

En la Tabla 11 se muestran los valores de diversidad entre el primer muestreo realizado en el mes de abril del 2022 y el muestreo realizado en agosto del 2022 en la localidad del Zapotito.

El valor más alto de diversidad lo tiene el muestreo realizado en el mes de abril en la localidad El Zapotito con 1.69 y se registró una equitatividad mayor en el muestreo realizado en el mes de agosto (0.652).

Tabla 11. Valor de diversidad en el muestreo de la localidad El Zapotito en el río Actopan.

	El Zapotito (muestreo abril)	El Zapotito (muestreo agosto)
Taxa	7	9
Abundancia	187	780
Diversidad de Shannon	1.609	1.432
Equitatividad	0.827	0.652

Similitud de Jaccard

En la localidad El Zapotito se encontraron de la orden Bacillariales organismos del género *Nitzschia*, de la orden Cymbellales se registraron organismos del género *Gomphonema*, de la orden Rhabdonematales se registraron organismos del género *Diatoma*; finalmente, de la orden Naviculales, se encontraron organismos del género *Gyrosigma*. Por lo que, la similitud de géneros de diatomeas en los dos muestreos al haber 4 géneros de especies similares es del 33.33% (Ver tabla 12).

Tabla 12. Géneros de diatomeas similares en los muestreos realizados en el mes de abril y agosto en la localidad El Zapotito.

Orden	Género	Abril 2022	Agosto 2022
Surirellales	<i>Stenopterobia</i>	1	
	<i>Surirella</i>		1
Bacillariales	<i>Nitzschia</i>	1	1
Cymbellales	<i>Gomphonema</i>	1	1
	<i>Cymbella</i>		1
Rhabdonematales	<i>Diatoma</i>	1	1
Fragilariales	<i>Fragilaria</i>	1	
Naviculales	<i>Gyrosigma</i>	1	1
	<i>Amphipleura</i>	1	
	<i>Navicula</i>		1
	<i>Pinnularia</i>		1
Acnanthales	<i>Coconneis</i>		1

Nota: Se muestra en color gris las familias de diatomeas que se encontraron en los muestreos realizados en el mes de abril y agosto en la localidad El Zapotito.

DISCUSIÓN

Este tipo de estudios que incluye la abundancia y riqueza de familias en macroinvertebrados y los géneros de diatomeas que se encuentran en los cuerpos de agua. Así también, junto con los parámetros fisicoquímicos nos proporcionan aún más información sobre las condiciones referentes a la calidad del agua del río Actopan de una manera relativamente sencilla y muy económica. Varios autores coinciden con esto y algunos de ellos son Rosenberg y Resh (1993) quienes señalan que los macro invertebrados y diatomeas están presentes en prácticamente

todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

En cuanto a la toma de parámetros físico y químicos en los meses de abril y agosto de 2022 como se puede ver en las tablas 4 y 5 no fueron los mismos, esto se debió a una falla con el multiparamétrico YSI modelo M86.

Con respecto a los valores obtenidos en la muestra de agua de fosfatos, nitritos, amonios, nitratos, se puede observar que durante el mes de abril y agosto se registraron cantidades mayores de fosfatos, nitritos y nitratos; por lo que, de acuerdo con Hurtado *et al.* (2001), menciona que los ríos se han convertido en vertederos de desechos domésticos e industriales, lo que ocasiona una alteración del medio ambiente acuático, contaminación y cambios químicos del sedimento y del agua. Además, aunado a lo anterior es necesario señalar que en las riberas del río Actopan se encuentran dos ingenios azucareros, los cuales, en la temporada de finalización de la zafra de caña de azúcar, lavan sus instalaciones y su maquinaria y todo es vertido en el río; además de contar con varios poblados que sus vertederos salen directamente al río y personas que lavan su ropa con jabón lo hacen en las orillas. Estas alteraciones antrópicas junto con el uso de fertilizantes, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza pueden ser los causantes de los valores altos de fosfatos, nitritos y nitratos. Si el agua de estos ríos es ingerida para consumo en cantidades altas por habitantes de la localidad, al tratarse de sustancias disueltas: fosfatos, nitratos y nitritos, puede incidir en la salud humana. Esto explica porque los valores de nitritos, nitratos y fosfatos se encuentran por arriba del límite permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Ayers y Westcot (1987) indican que el agua de riego con calidad aceptable generalmente debe contener menos de 2 mg L^{-1} de fosfato (0.652 mg L^{-1} de P),

considerando este valor y los valores obtenidos en el muestreo realizado en abril con un resultado de 4.2 mg/ L este se encuentra 2.2 puntos arriba del valor permitido; mientras que, en el muestreo realizado el mes de agosto de 2.41 mg/L, este se encuentra solo .41 arriba de los valores permitidos para que el agua sea aceptable, Hem (1985) indica que la concentración en exceso es una fuente de nutrientes que contribuye con el desarrollo de algas y vegetación acuática, lo que puede ocasionar su acumulación y obstrucción de los sistemas de riego.

En una investigación modular realizada en el trimestre 17P en el módulo de Plagas y enfermedades de un recurso natural utilizaron el IBMWP, para determinar la calidad de agua de la localidad El Zapotito. En dicha investigación modular se determinó que la calidad era crítica lo que significa que su agua se encontraba muy contaminada, ubicándose en una categoría V. Así mismo, un estudio realizado por Estrada *et al.* (2018) en el que utilizaron el IDP para determinar la calidad de agua en tres localidades del Río Actopan, una de esas zonas en las que realizaron el estudio fue la localidad El Zapotito donde concluyeron que la calidad de agua durante ese año fue mala, presentando una polución y eutrofización fuerte.

Con esos estudios previos podemos ir observando que la calidad del agua en la localidad el Zapotito durante años anteriores se ha mantenido de mala a crítica, confirmando esto con este estudio en el que calidad de agua durante el mes de abril es de calidad dudosa y para el mes de agosto se registró un IDP de 2.471 lo que indica que la calidad del agua es mala, con una polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio, con un grado de disturbio fuerte debido a agricultura intensiva y ganadería, actividad industrial y densidad poblacional. Velásquez *et al.* (2006) mencionan que la distribución de algunos géneros de microalgas, están relacionados estrechamente con la variación de factores bióticos y abióticos, según Velázquez (2007) los individuos tolerantes a la contaminación que se presentan incluyen a los géneros *Nitzschia* y *Gomphonema* ambos presentes en los muestreos realizados en abril y agosto en la localidad El Zapotito. Lane y Brown (2007), encontraron en un estudio

realizado en los Everglades de Florida que las diatomeas del género *Anomoeoneis*, *Eunotia*, y *Frustulia* se consideran un taxa muy sensitivo a la perturbación humana, lo que se relaciona con este trabajo, ya que no se encontró en las muestras ninguno de estos géneros; mientras que, los géneros *Gomphonema*, *Navicula*, y *Nitzschia*, son considerados más tolerantes a la perturbación, y componen casi el 78% de los taxa de diatomeas tolerantes (U.S. EPA, 2002). En este estudio, los géneros *Gomphonema* y *Nitzschia* fueron encontrados durante los dos muestreos, el género *Navicula* solo se registró su presencia durante el muestreo del mes de agosto.

CONCLUSIONES

- El estudio con bioindicadores permite determinar que la calidad de agua en la localidad el Zapotito es de mala a crítica.
- La alta concentración de nitrato y fosfato puede atribuirse a la aplicación excesiva de fertilizantes y que éstos son vertidos en el río, lo que permite el mal estado de la calidad de agua en esta localidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir realizando investigaciones con los índices bióticos BMWP y el IDP (macroinvertebrados y de diatomeas respectivamente) en la zona, ya que son estudios económicos y sencillos de realizar y permiten determinar la calidad de agua de un río simplemente con el cambio que pueda existir en las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos y de diatomeas con en diferentes temporadas, con climas diferentes.

REFERENCIAS






- Aguas urbanas. 2018. Monitoreo biológico de calidad de agua. Núcleo interdisciplinario. Citado el 16 de abril de 2022. Disponible en: <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/14/monitoreo-biologico-de-calidad-de-agua/>.
- Armas O VP. 2015. Efectos de la cobertura vegetal y las variables físico-químicas sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta de La Antigua, Veracruz, México. Tesis de maestría. Universidad de Veracruz. p. 77.
- Ayers RS y Westcot DW. 1987. Water quality for agriculture. FAO, irrigation and drainage, paper 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. P. 174.
- Barrios BE y Puig AI. 2012. ID-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos fitobentónicos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio Ambiente. Gobierno de España. p. 440.
- Blanco LS, Álvarez BI, Cejudo FC, LE, García AC, Seisdedos FP, Hernández GN y Rodríguez MI. 2010. Guía de diatomeas de la Cuenca del Duero. Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente. Gobierno de España, p. 206.
- Brown AI. 1987. Ecología de agua dulce. Libros educativos de Heinemann, Londres. p. 163.
- Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Rodríguez TA. 2015. Los macroinvertebrados como indicadores biológicos de la calidad del agua del río Actopan, Veracruz, México. Revista Digital E-Bios. Vol. 2 (9): p. 12-19.
- Descy JP and Ector L. 1999. Use of diatoms for monitoring rivers in Belgium and Luxemburg. Prygiel J, Whitton BA and BukowskaJ (eds.), Use of Algae for Monitoring Rivers III. Proceedings of International Symposium 29 September - 1 October 1997, 1991. Germany, p. 128-137.
- Estrada N, Obregón I, Castillo II, Jardón JP and Castro J. 2018. Calidad de agua a través del índice pampeado de diatomeas. Producción masiva de biomasa de alimento vivo (Fito y Zooplancton) en laboratorio.
- Gaglioti PV. 1992. Variación espacial y estacional en la estructura de las comunidades de diatomeas epilíticas de un arroyo andino. Su relación con factores abióticos. Ecología Austral, 2: p. 77-86.
- Gómez N, Licursi A. 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. Aquatic Ecology. 5: p. 173-181.
- Graça MAS, & Gómez N. 2002. In situ tests for water quality assessment: a case study in Pampean rivers. Water Research, 36: p. 4033-40
- Hem, JD. 1985. Estudio e Interpretación de las Características Químicas del Agua Natural. 3.ª edición, Documento de suministro de agua del Servicio Geológico de EE. UU. 2254, Universidad de Virginia, Charlottesville, 263 p.
- Huerto R, Alonso EP, Brug B y Maya P. 2005. Monitoreo biológico de la calidad del agua en ríos caudalosos: Amacuzac y Balsas. Anuario IMTA, México. IMTA. p. 105-113.


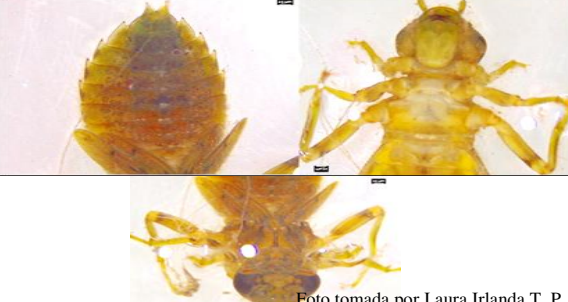


- Hurtado S, M Rico, PJ Gutiérrez-Yurrita. 2001. Efecto del malatión (insecticida organofosforado) sobre los insectos acuáticos de los afluentes de la presa Zimapán, Querétaro-Hidalgo. XXX. Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Monterrey. México.
- James NG, Paul NR. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España. 1982; p. 131.
- Karr JR. 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41: p. 221-234.
- Kolkwitz R & Marson ARM. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ver. Deutsche. BotGes.* 26^a: p. 505-519
- Ladrera FR. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información ambiental* N° 39.
- Lane CR and Brown MT. 2007. Diatoms as indicators of isolated herbaceous wetland condition in Florida USA. *Ecological Indicators* 7: 521–540.
- Licursi M, Sierra MV y Gómez N. 2006. Diatom assemblages from a turbid coastal plain estuary: Rio de la Plata (South America). *Journal of Marine Systems*, 62: p. 35-45.
- Mathuriau C, Israde I, Herrejón S and Mass M. 2010. Evaluación de la calidad del agua: bioindicadores, capítulo 5.7. En: Cram S, I Israde, M Mendoza, I Sommer, L Galicia (eds). *Atlas de la cuenca de lago Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental*, México. Instituto de Geografía/UNAM-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. p. 210-213.
- Niyogi DK., Mc Knight DM y Lewis Jr WM. 1999. Influences of water and substrate quality for periphyton in a montane stream affected by acid mine drainage. *Limnology and oceanography*. 44: p. 804-809.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-publica-nom-001-semarnat-2021-que-establece-limites-de-contaminantes-en-descargas-de-aguas-residuales?idiom=es#:~:text=La%20NOM%2D001%2DSEMARNAT%2D2021%20actualiza%20la%20Norma%20Oficial,esta%20%C3%BAltima%20ya%20no%20cumpl%C3%ADa>.
- Oliveira MA., Torgan LC, Lobo EA y Scharzbold A. 2001. Association of Periphytic Diatom Species of Artificial Substrate in Lotic Environments in the Arroio Sampaio Basin, RS, Brazil: Relationships with Abiotic Variables. *Brazilian Journal of Biology*, 61 (4): p. 523-540.
- Resh VH. 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138: p.131-138.
- Roldán G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá: Universidad de Antioquia. p. 34.
- Roldán PG. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Académica Colombiana de Ciencias*, 28(88): p. 375-387.
- Rosemberg DM & Resh VH. (1993) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp.
- Tall L, Cloutier L y Cattaneo A. 2006. Grazer diatom size relationships in an epiphytic community. *Limnology and Oceanography*, 51 (2): p. 1211-1216.

- Turner MA, Howell M. Summerby RH, Hesslein DL. Findlay y M B. Jackson. 1991. Changes in epilithon and epiphyton associated with experimental acidification of lake to pH 5. *Limnology and Oceanography*, 36 (7): p. 1390-1405.
- Velázquez BM, Israde-Alcántara I, Mendoza-Cantú M. 2006. Uso de diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del Río Turbio afluente del Río Lerma, México. 12
- Velásquez M. 2007. Uso de diatomeas para la evaluación del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México. Tesis de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Zamora H. 1999. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales de Colombia. *Rev. Unicauca-Ciencia*, 4: p. 47-60.

ANEXOS

Anexo 1 Macroinvertebrados

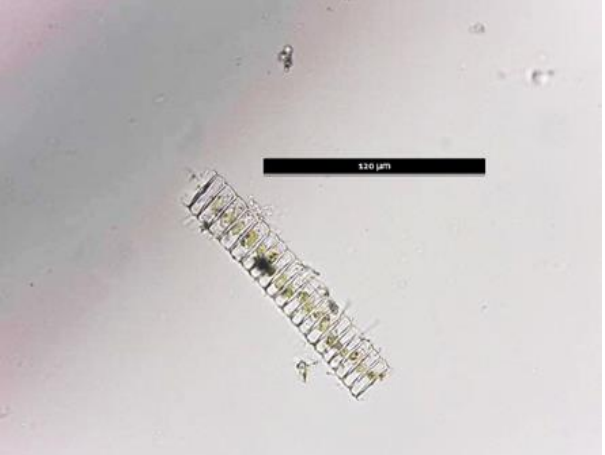



<p>Phylum: Mollusca Clase: Bivalvia Orden: Veneroidea Familia: Corbiculidae</p> <p>Los corbicúlidos (Corbiculidae) son una familia de moluscos bivalvos. Las almejas de esta familia producen mucha descendencia en las aguas de alrededor; son ovovivíparos. La fertilización es interna.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Mollusca Clase: Gastrópoda Orden: Mesogastropoda Familia: Viviparidae</p> <p>Viviparidae, a veces conocidos como los caracoles de río o caracoles misteriosos, son una familia de grandes caracoles operculados de agua dulce, moluscos gasterópodos acuáticos.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Hemiptera Familia: Naucoridae</p> <p>Naucoridae es una pequeña familia de insectos comúnmente conocida como chinches de agua rastreras y chinches de platillo. Son similares en apariencia y comportamiento a Belostomatidae, pero considerablemente más pequeños, de 0.5 a 2 cm de largo.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Artrópoda Clase: Insecta Orden: Hemiptera Familia: Veliidae</p> <p>Son unos de los diversos hemípteros semiacuáticos y su papel como predadores en las cadenas tróficas de los ecosistemas lóticos es importante. Se les conoce comúnmente como bichos rápidos, pequeños zancudos acuáticos de hombros anchos porque el segmento inmediatamente detrás de la cabeza es más ancho que el resto del abdomen.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Artrópoda Clase: Insecta Orden: Efemerópteros Familia: Caenidae</p> <p>Se encuentran en aguas tranquilas e incluso estancadas. Les gusta vivir en fondos liosos y sus branquias están especialmente adaptadas para tales ambientes.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>

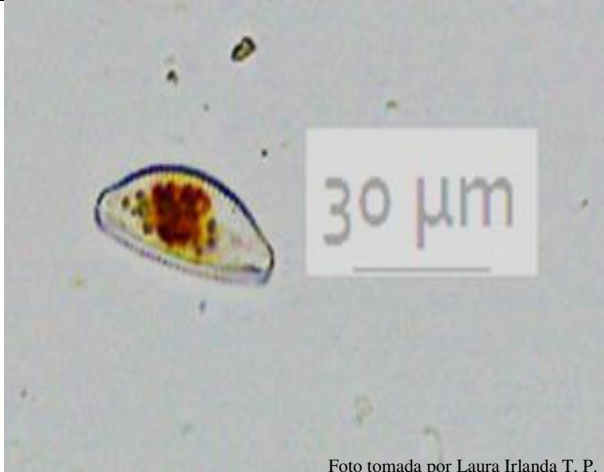

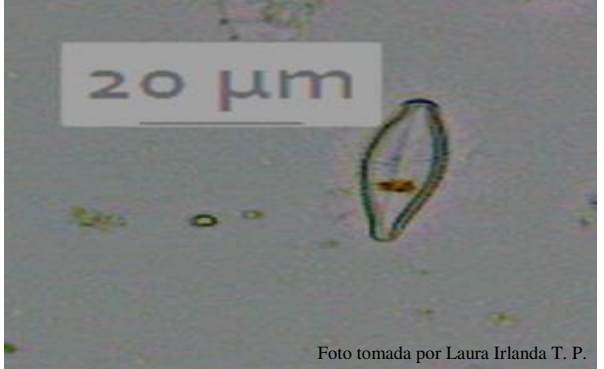

<p>Phylum: Palaemonidae Clase: Malacostraca Orden: Decapoda Familia: Palaemonidae</p> <p>Los palemónidos son una familia de camarones; forman una de las 8 familias en que se subdivide la superfamilia de los palemonoideidos. Son unos camarones que tienen el primer par de pereiópodos acabados en pinza y el carpo del segundo par de pereiópodos no está subdividido.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Odonata Familia: Gomphidae</p> <p>Son libélulas de larga cola; en las hembras es más corta, e incluso falta en algunas especies. Tienen los ojos muy separados, carácter que comparten con los Petaluridae y con los zigópteros. Los adultos miden usualmente de 4 a 7 cm de longitud. Muchos viven en arroyos o ríos.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Hemiptera Familia: Gerridae</p> <p>Conocidos popularmente como Zapateros, Chinchas patinadoras, Zancudos de agua, Patinadores de agua o simplemente Patinadores. Sus piezas bucales son de tipo perforador-succionador, y es característica su habilidad para deslizarse sobre el agua, distribuyendo su peso para aprovechar la tensión superficial de la superficie del agua, por lo que son fácilmente observables en ríos y lagos.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Odonata Familia: Coenagrionidae</p> <p>Son una familia de odonatos del suborden Zygoptera (caballitos del diablo) de tamaño pequeño a mediano (20 a 45 mm). Son bastante comunes y se encuentran distribuidos en todo el mundo, con el cuerpo más esbelto, abdomen alargado y vuelo más débil. Tienen la cabeza alargada transversalmente y los ojos separados. Los adultos inmaduros por lo general son más pálidos, de color castaño claro con líneas o manchas blancuzcas. Las alas son agostas, ambos pares con forma y venación similares. La coloración de machos y hembras es muy diferente; los machos son generalmente de colores vistosos celeste, rojo, verde y las hembras de color castaño. Las hembras tienen ovipositor y el abdomen más corto y grueso que el de los machos.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>

<p>Phylum: Artrópodos Clase: Insecta Orden: Trichoptera Familia: Hydropsychidae</p> <p>Los hidropsíquidos son comunes en gran parte de los arroyos del mundo y algunas especies ocupan las costas de los lagos de agua dulce. Las larvas de los hidropsíquidos construyen redes en los extremos abiertos de sus viviendas que son responsables de su nombre común de "tricópteros que gira redes". La etapa larval hidropsíquida, como la mayoría de las larvas de Trichoptera, se pasa completamente en agua dulce. Construyen viviendas conocidas como "retiros", que se fijan a los lados de las rocas. Estos retiros se componen típicamente de fragmentos de plantas y minerales recolectados. En el gran extremo abierto de sus retiros, los hidropsíquidos hilan una red o tamiz hecho de seda fina, similar a la seda producida por la forma larvaria de los lepidópteros (orugas), uno de sus parientes cercanos.</p>	<p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p> 
<p>Phylum: Artrópoda Clase: Insecta Orden: Coleóptera Familia: Psephenidae</p> <p>Estos escarabajos acuáticos se encuentran distribuidos en todos los continentes tanto en zonas templadas como tropicales. Las larvas que habitan en el agua se asemejan a una pequeña moneda de cobre. Las larvas por lo general se alimentan por las noches de algas en las superficies rocosas miden de 6 a 10 de largo. La cubierta de una larva posee forma oval o irregular y por lo general es de color cobrizo.</p>	<p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p> 
<p>Phylum: Molusco Clase: Gasterópodos Orden: Basommatophora Familia: Planorbidae</p> <p>Los planorbidos no tienen branquias, sino un pulmón. El pie y la cabeza de los planorbidos son bastante pequeños, mientras que sus tentáculos filiformes son relativamente largos. Muchas de las especies de esta familia tienen caparazones enrollados que son planispirales, en otras palabras, los caparazones están más o menos enrollados, en lugar de tener una aguja elevada como es el caso en la mayoría de los caparazones de gasterópodos. Aunque llevan su caparazón de una manera que lo hace parecer dextral, el caparazón de los planorbidos enrollados es de hecho sinistral al enrollarse, pero se lleva boca abajo, lo que hace que parezca dextral.</p>	<p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p> 

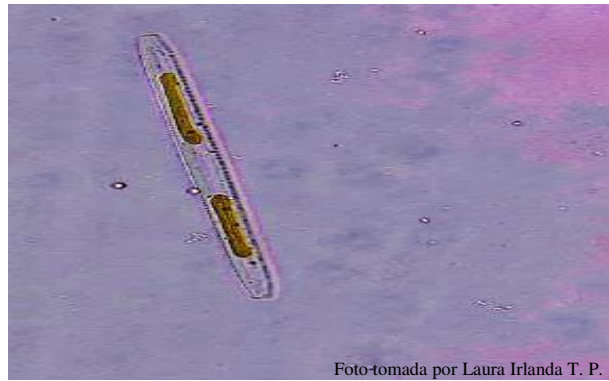
Anexo 2 Diatomeas

<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: Bacillariophyceae Orden: Surirellales Familia: Surirellales Género: <i>Stenopterobia</i></p> <p>Es una diatomea que vive en aguas dulces sobre fondos poco profundos y parece bastante sensible a la contaminación.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: Bacillariophyceae Orden: Bacillariales Familia: Bacillariaceae Género: <i>Nitzschia</i></p> <p>Es una diatomea marina pinnada común. En la literatura científica, este género, que lleva el nombre de Christian Ludwig Nitzsch, a veces se denomina <i>Nitzschia</i>, y tiene muchas especies descritas, todas con una morfología similar.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: Bacillariophyceae Orden: Cymbeleles Familia: Gomphonemataceae Género: <i>Gomphonema</i></p> <p>Alga unicelular o colonial. Células generalmente epífitas sobre pedúnculos gelatinosos. Células con cara valvar cuneiforme, con estrías perpendiculares o inclinadas respecto al rafe. Células con cara pleura rectangular.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Fragilariales</u> Familia: <u>Fragilariaceae</u> Género: <i>Diatoma</i></p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>

<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Fragilariophyceae</u> Orden: <u>Fragilariales</u> Familia: <u>Fragilariaceae</u> Género: <i>Fragilaria</i></p> <p>Es un género de diatomeas de agua dulce y salada. Suele ser una diatomea colonial, formando filamentos de células unidas mecánicamente por protuberancias en la cara y en el centro de sus valvas. Las diatomeas individuales aparecen hinchadas en sus centros donde se unen a la cinta colonial. El género crece tanto como especie planctónica como bentónica, de vida libre en colonias o epífitas. Algunas especies florecen formando diatomeas en lagos eutróficos.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Naviculales</u> Familia: <u>Pleurosigmataceae</u> Género: <i>Gyrosigma</i></p> <p>Presenta forma alargada y sus dos extremos curvados en sentidos opuestos. Vive en muchos cursos de agua dulce, aunque alguna de sus especies es de agua salada. Tolera bien la contaminación orgánica y se encuentra libre en el agua por la que se desplaza lentamente igual que muchas diatomeas. La superficie de sus frústulos (las dos piezas que conforman su caparazón de sílice) presentan una finísima estriación tanto longitudinal como transversal.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Naviculales</u> Familia: <u>Amphipleuraceae</u> Género: <i>Amphipleura</i></p> <p>Habitat: Torrente de montaña a 650 msm. con abundante vegetación y un pH de 7.7.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Naviculales</u> Familia: <u>Amphipleuraceae</u> Género: <i>Frustulia</i></p> <p>Se caracteriza por sus valvas romboidales. Se trata de una especie solitaria, extraordinariamente sensible a la polución del agua, por lo constituye una buena indicadora de su calidad. Generalmente habita en aguas ligeramente ácidas con un pH algo inferior a 7.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>

<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Cymbellales</u> Familia: <u>Cymbellaceae</u> Género: <u>Cymbella</u></p> <p>Su forma, más o menos ancha o alargada, su tamaño, su ornamentación y su modo de vida, son caracteres que se utilizan en la determinación de las numerosas especies que comprende este género, más de doscientas que viven en casi cualquier tipo de agua dulce. Con frecuencia la diatomea <i>Cymbella</i> vive sobre otras algas o sobre cualquier soporte flotante, también sobre las piedras del fondo o sobre el lecho de los cursos de agua o de lagunas y lagos y en ocasiones se fija sobre la superficie de las rocas en fuentes y manantiales.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: Ochrophyta Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: Naviculales Familia: Naviculaceae Género: <i>Navícula</i></p> <p>Alga microscópica, del grupo de las diatomeas, cuya frústula tiene forma de navicilla. Son muy abundantes, tanto en aguas dulces como saladas.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: Surirellales Familia: Surirellaceae Género: <i>Surirella</i></p> <p>El género <i>Navicula</i> es uno de los más extensos dentro de las algas diatomeas, vive tanto en aguas dulces como saladas y son características de él los cloroplastos cilíndricos situados en los costados de la nave, a babor y a estribor. Pueden vivir en aguas limpias, pero también en las medianamente contaminadas.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>
<p>Phylum: <u>Ochrophyta</u> Clase: <u>Bacillariophyceae</u> Orden: <u>Achnanthes</u> Familia: <u>Cocconeidaceae</u> Género: <i>Cocconeis</i></p> <p><i>Cocconeis</i> vive en aguas con un pH ligeramente básico y no soporta las aguas completamente limpias, habita mejor en las zonas en las que existe una pequeña cantidad de materia orgánica. Vive generalmente sobre plantas acuáticas, algas o rocas sumergidas y suele ser más frecuente hallarla en verano.</p>	 <p>Foto tomada por Laura Irlanda T. P.</p>

Phylum: Ochrophyta
Clase: Bacillariophyceae
Orden: Naviculales
Familia: Pinnulariaceae
Género: *Pinnularia*



Phylum: Ochrophyta
Clase: Bacillariophyceae
Orden: Cymbellales
Familia: Gomphonemataceae
Género: *Gomphonema*

Valvas claviformes, rómbicas, a veces casi lineales, a veces con centro giboso, frústulas en vista circular rectangulares o cuneiformes. Polo del cabeza más ancho que el polo del pie, redondeado, (sub)rostrado o capitado. Valvas asimétricas al eje transapical (heteropolar) y simétricas al eje apical. Estrías paralelas a radiales, a menudo gruesas. Las estrías en el centro de la válvula se pueden acortar y/o espaciar más. Un solo estigma (ocasionalmente más) puede estar presente en un lado del área central.

