



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

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

**REPORTE FINAL DE SERVICIO SOCIAL 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 de La Gloria, en el municipio de Úrsulo Galván,
Veracruz.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

KENIA ALEJANDRA SALVAT NAVARRETE

**MATRÍCULA:
2162035156**

ASESORES INTERNOS

M. en C. Germán Castro Mejía 23759

Dr. Jorge Castro Mejía 13817

CDMX Mayo, 2024

RESUMEN

El estudio realizado en los meses de abril y agosto de 2022 en el Río Actopan en la localidad de la Gloria, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, revela que la calidad del agua del Río se encuentra en un grado de aguas contaminadas, con presencia de polución y eutrofización fuerte, según los resultados obtenidos a través del índice BMWP para macroinvertebrados se obtuvo un valor de 48 para el mes de abril y un valor de 41 para el mes de agosto en cuanto a el Índice Pampeano de Diatomeas (IDP) para diatomeas, en el mes de abril se determinó un valor de 2.46 y en cuanto al mes de agosto se determinó un valor de 1.68. Los valores altos en parámetros fisicoquímicos, como los nitritos y fosfatos, sugieren la presencia de actividades humanas contaminantes, especialmente asociadas a la agroindustria, que vierten desechos directamente al río. Los resultados obtenidos son consistentes con otros estudios que han identificado la presencia de especies tolerantes a la perturbación, indicando un grado de contaminación en el río. Es de suma importancia seguir realizando investigaciones utilizando macroinvertebrados y diatomeas como bioindicadores para evaluar la calidad del agua en el Río Actopan y otras localidades. Se recomienda continuar con estos esfuerzos para obtener información oportuna y de calidad que permita tomar medidas necesarias para el manejo y restauración de los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: Macroinvertebrados, Diatomeas, Calidad del agua, Veracruz, La Gloria.

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>	10
<i>Índices de diversidad y similitud</i>	10
RESULTADOS.....	10
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>	10
<i>Macroinvertebrados</i>	11
<i>Muestreo realizado en el mes de abril de 2022</i>	11
<i>Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022</i>	12
<i>Diversidad</i>	14
<i>Similitud de Jaccard</i>	14
<i>Diatomeas</i>	15
<i>Muestreo realizado en el mes de abril de 2022</i>	15
<i>Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022</i>	16
<i>Diversidad</i>	17
<i>Similitud de Jaccard</i>	18
DISCUSIÓN.....	19
CONCLUSIONES.....	22
RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS.....	23

INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento más abundante del planeta, y es vital para todos los seres vivos que habitan en él. Los océanos, mares, lagos, ríos y demás lugares que contienen agua, cubren las dos terceras partes de la Tierra, lo que significa alrededor del 70%. Sin embargo, de toda el agua existente en la naturaleza, la mayor parte es salada y tan sólo un pequeño porcentaje (1%) es de agua dulce (Carrera y Fierro, 2001). En las últimas décadas los sistemas fluviales han estado sometidos a una fuerte presión de explotación, y cambio en el uso de la tierra, afectándose la calidad del agua por las principales actividades que se desarrollan asociadas a las cuencas hidrográficas (Branco, 1984 citado en Gamboa *et al.*, 2008). Debido a esto se agrava la situación de los organismos acuáticos que se enfrentan al hombre y a la amenaza de un recurso cada vez más escaso (Moreno y Gutierrez, 2019). Por tal motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad (Laws, 1981 citado en Vázquez *et al.*, 2006)

Georgia Adopt-A-Stream (2004 citado en Gamboa *et al.*, 2008) definen a la contaminación ambiental como la alteración causada por la energía o los materiales de desecho descargados al medio, donde pueden dañar la salud humana y los ecosistemas además establecen ciertos indicadores ambientales que permiten predecir el deterioro ambiental; uno de estos indicadores son los ensambles de animales que integran las comunidades acuáticas. Jara (2002 citado en Gamboa *et al.*, 2008) señaló que las poblaciones de peces, así como macroinvertebrados y otros organismos encontrados en las aguas de un ecosistema fluvial, desarrollan gran parte de su vida allí, asociándose a características típicas del agua, por lo que se constituyen en potenciales indicadores de la calidad (Gamboa *et al.*, 2008).

Por lo anterior, podemos determinar que ciertos organismos acuáticos son bioindicadores de la calidad del agua, es decir, que un bioindicador es aquel cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación ecológica y están referidos como organismos o sistemas biológicos que sirven para evaluar variaciones en la calidad ambiental (Gamboa *et al.*, 2008).

En México existen escasos estudios sobre estos organismos bioindicadores los cuales poseen diversas ventajas, para determinar las condiciones de un ecosistema acuático, por lo que, el objetivo de esta investigación será determinar la calidad del agua del río Actopan, en la localidad La Gloria, ubicado en el estado de Veracruz, con el uso de dos indicadores ambientales: macroinvertebrados y diatomeas.

REVISIÓN DE LITERATURA, O ANTECEDENTES, O MARCO TEÓRICO

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua. En Japón, por ejemplo, las dependencias encargadas del monitoreo del agua ya cuentan con guías ilustradas de los organismos que se pueden encontrar en algunos ríos, incluyendo información sobre la tolerancia o susceptibilidad que presentan a cierto tipo de contaminante, de tal manera que cada una de ellas proyecta información sobre el estado del medio acuático. Un organismo se considera bioindicador siempre y cuando se conozca el grado de tolerancia del mismo, no todos pueden darnos información debido a sus hábitos alimentarios o a su ciclo de vida (Vásquez *et al.*, 2006)

Algunos de los bioindicadores como los macroinvertebrados y el fitoplancton, son componentes importantes tanto en la biodiversidad como en el funcionamiento de los ecosistemas dulceacuícolas, mediante las cuales se estudiaron las respuestas de los organismos que habitan el medio acuático para evaluar la calidad de agua, estableciendo el concepto de indicador biológico. A diferencia de los análisis fisicoquímicos que determina condiciones actuales del agua, con el uso de bioindicadores brindan las condiciones pasadas y actuales con mayor precisión. Debido a que en los ecosistemas acuáticos, en condiciones normales, se presentan muchas especies y no solo una, es necesario analizar la estructura de la comunidad para caracterizar al ambiente que lo rodea, en tal sentido las especies individuales llegan a tener importancia en casos de contaminación (Santillán y Guerrero, 2018)

Santillán y Guerrero (2018) mencionan que se ha desarrollado métodos rápidos de evaluación de agua usando macroinvertebrados como bioindicadores en España y que se adoptó el uso de estos en los programas de evaluación de calidad de agua, la perturbación en las corrientes de agua se califican en relación con las características de las especies de macroinvertebrados y riqueza de dichas especies. Este tipo de estudios se ha realizado en Norteamérica, en Inglaterra y en Europa especialmente el uso de macroinvertebrados en sus diversos métodos, permiten evaluar e identificar de manera rápida y precisa, la relación causal entre los cambios específicos de la calidad de agua y su relación con especies tolerantes, esto debido a sus ventajas como organismos bioindicadores de contaminación, sus ciclos de vida relativamente cortos comparados con los peces, lo que refleja con mayor rapidez las alteraciones del río mediante cambios en la estructura de sus poblaciones y comunidades; el lugar donde habitan y se alimentan, el cual se encuentra en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas; su sensibilidad a los factores de perturbación y su respuesta a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en sedimentos; así como su amplia distribución, abundancia y fácil recolección debido

a su tamaño, el que los hace visibles a simple vista. Por otro lado, el fitoplancton comprende organismos muy antiguos que prácticamente habitan en todos los ecosistemas del planeta, presentando amplia gama de tamaños, formas y estrategias ecológicas y fisiológicas. Dado sus cortos ciclos vitales, que le permiten responder rápidamente a los cambios ambientales, la dependencia sobre las condiciones físicas e hidrológicas del agua, la composición química del agua, y los factores biológicos, hacen del fitoplancton, organismos adecuados para la detección y seguimiento de las presiones fisicoquímicas relacionadas con: contaminación térmica, cambios en la mineralización del agua, eutrofización, contaminación orgánica. En tal sentido, desde hace algunas décadas es reconocida la importancia del uso de estas algas como indicadores biológicos, a través de métodos ecológicos (riqueza específica, diversidad, índice saprobio y análisis multivariados), instalándose de esta manera un importante número de programas de monitoreo biológico establecidos a nivel mundial para valorar las condiciones ambientales de ríos, lagos, estuarios y humedales.

Pérez *et al.* (2020) realizaron un estudio en Colombia, en dos ecosistemas acuáticos para evaluar la calidad de las aguas de una playa y una represa, realizaron una comparativa, evaluando el agua de estos lugares con parámetros físicoquímicos y con el uso de un bioindicador, los macroinvertebrados. Dentro de su colecta obtuvieron 979 organismos, los cuales pertenecían a 4 ordenes los de mayor abundancia fueron Diptera (57,30 %), seguido por Hemiptera (25,02 %), Coleoptera (13,38 %) y Odonata (4,29 %), por lo que el resultado de su investigación fue que en esos ecosistemas acuáticos la calidad del agua, según los índices biológicos, indica aguas ligeramente contaminadas o de baja calidad. Mencionan también que investigaciones de esta índole, ofrecen un análisis completo sobre el estado de un cuerpo de agua, permitiendo a entidades gubernamentales y ambientales tomar acciones necesarias para su manejo y restauración.

Estrada *et al.* (2018) realizaron una investigación en tres localidades de Veracruz, La Gloria, Zapotito y Jareros, para evaluar la calidad del agua en esos tres sitios, haciendo uso de diatomeas como bioindicador, se realizó una colecta de estos organismos. La diatomea con mayor abundancia en las tres localidades fue *Cocconeis* sp con 118 organismos, seguida de *Nitzschia* sp con 77 organismos en Jareros y 12 en El Zapotito. También se utilizó el IDP (Índice de Diatomeas Pampeano), el cual fue diseñado para evaluar la eutrofización y polución orgánica de los ríos y arroyos. Los resultados obtenidos fueron: en la localidad de La Gloria presento un IDP de 1.6160 que indica que la calidad de agua es Aceptable, con polución y eutrofización moderada con altas concentraciones de nutrientes y materia orgánica. En la localidad de Jareros y El Zapotito el IDP fue de 2.2201 y 2.0882 respectivamente, que nos indica que la calidad de agua de estos tres sitios es Mala y que presenta una polución y eutrofización fuerte, con presencia de materia orgánica degradada y valores altos de nitritos y amonio, se recomienda también en esta investigación seguir realizando estudios a futuro.

Álvarez *et al.* (2013) realizaron un estudio en Oaxaca, en tres ríos el Copalita, Zimatán y Coyula, en su investigación ellos hicieron uso de los macroinvertebrados como indicador biológico con la ayuda del índice biótico de Hilsenhoff (IBH, 1988 citado en Álvarez *et al.*, 2013) en la cuencas de Copalita, Zimatán, Coyula tomaron muestras en las partes alta, media y baja de cada río, utilizando a los insectos acuáticos con el apoyo de observaciones realizadas in situ. El IBH empleado, se basa en el valor asignado a la tolerancia a la contaminación orgánica que muestra cada una de las especies que conforman la comunidad de macroinvertebrados bentónicos; fue diseñado como una herramienta para detectar contaminación en ríos con buena velocidad de corriente y sustrato constituido principalmente por rocas y grava (Plafkin *et al.*, 1989 citado en Álvarez *et al.*, 2013). Se recolectaron 4, 828 ejemplares y se identificaron 9 órdenes, 54 familias y 111 géneros. Se observó la presencia permanente de algunos grupos de insectos, entre los cuales sobresalieron *Camelobaetidius* sp., *Leptohyphes* sp., *Thraulodes* sp. (Ephemeroptera); *Anacroneuria* sp. (Plecoptera);

Ambrysus sp., *Cryphocricos* sp. (Hemiptera); *Corydalis* sp. (Megaloptera); *Helicopsyche* sp., *Smicridea* sp., *Chimarra* sp. (Trichoptera); *Petrophila* sp. (Lepidoptera); *Macrelmis* sp., *Microcyloopus* sp., *Psephenus* sp. (Coleoptera), y la familia Chironomidae (Diptera). La presencia de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera indicaron un nivel aceptable a bueno en la calidad del agua de los tres sitios.

OBJETIVOS

General:

Determinar la calidad de agua en la localidad de La Gloria 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 de La Gloria.
- Determinar la diversidad de especies presentes en la localidad de La Gloria mediante el índice de Shannon-Weaver.

METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en la localidad La Gloria del municipio Úrsulo Galván en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, localizada entre las coordenadas Longitud -96.399444 y Latitud 19.426667 (Tomado de: Nuestro México)



Figura 1. Mapa de la localidad de la Gloria, municipio de Úrsulo Galván.

Macroinvertebrados

En la zona de estudio con ayuda de redes de mano y cernidores con marco de madera se muestrearon sustratos duros, como piedras, detritos vegetales, hojarasca y troncos de diferente calibre, en las orillas con vegetación con raíces y plantas emergentes asociadas a ellas, así como en la arena y otros sedimentos finos se realizó el muestreo.

Una vez obtenida la muestra, se depositaron en una cubeta. Los organismos colectados se colocaron en charolas para separar a los macroinvertebrados del sustrato; una vez limpias las muestras se separaron por grupos y se colocaron 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 identificarlos 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 asignó 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.

Diatomeas

En la localidad de La Gloria se colectó diatomeas que se tomaron de rocas y plantas, que se encontraban situadas a poca profundidad del río. Se raspó las rocas varias veces con un cepillo dental posteriormente 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

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

laboratorio con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZ40, se utilizaron los documentos de Blanco et al, (2010) y de Barrios & 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 & 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 cada diatomea identificada se le asignó un valor de sensibilidad a la polución y eutrofización y se aplicó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

I idp: valor del IDP para la especie (fluctúa entre 0 y 4)

A_j: abundancia relativa de la especie

Los valores del índice fluctúan entre 0 y 4, <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. 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	Muy fuerte: actividad industrial intensiva y gran densidad poblacional.

			industriales.	
--	--	--	---------------	--

Toma de parámetros fisicoquímicos

En la zona de estudio se tomó la concentración de oxígeno disuelto con la ayuda de un multiparámetro YSI modelo M86; en el laboratorio se midieron amonio (NH₄), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄), pH y dureza, lo anterior utilizando 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 Jacard ($IJ = c/(a+b+c)$) (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 La Gloria, de dos muestreos de abril y agosto de 2022, respectivamente, podemos encontrar que en el mes de abril los valores de fosfatos(6.46), nitritos (6.33) y nitratos (4.4) fueron los más altos, en cuanto al amonio presento un valor bajo. Para el segundo muestreo en el mes de agosto los valores que se registraron altos fueron los nitritos (10), fosfatos (3.06) y amonio (2.84), el pH en el muestreo de abril fue más alto (8.16) con respecto al de agosto (7.1).

Tabla 3. Valores de los parámetros físico químicos tomados en las localidad La Gloria del rio Actopan, muestreo de abril 2022.

Localidad	NH ₃ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	P0 ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Dureza (mg/L)
La Gloria	0.11	4.4	6.33	6.46	8.16	175.66

Tabla 4. Valores de los parámetros físico químicos tomados en la localidad La Gloria del rio Actopan, muestreo agosto 2022.

Localidad	NH ₃ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	P0 ₄ ⁻ (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
La Gloria	2.84	2.43	10	3.06	7.1	30.7

Macroinvertebrados

Muestreo realizado en el mes de abril de 2022.

La tabla 5 muestra los datos de los macroinvertebrados identificados en la localidad de La Gloria, en donde se colectaron 9 familias, 7 pertenecientes al phylum Arthropoda y 2 al Mollusca. Del phylum Mollusca, la familia Viviparidae fue la que presento mayor abundancia con 263 organismos, en cuanto al phylum Arthropoda las familias con mayor abundancia fueron Iestidae con 54 organismos y Veliidae con 26 organismos. En total se colectaron 399 organismos y al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 48, que representa a la clase IV, lo cual significa calidad dudosa con aguas contaminadas (tabla1).

Tabla 5. Familias de macroinvertebrados encontrados en el río Actopan, en la localidad La Gloria, muestreo abril 2022.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Valor IBMWP	Abundancia
Mollusca	Bivalvia	Verenoidea	Corbiculidae	9	33
	Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	6	263
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Noteridae	3	6
			Psephenidae	3	6
		Odonata	Gomphidae	8	3
			Lestidae	8	54
		Trichoptera	Hydropsychidae	5	5
		Hemiptera	Veliidae	3	26
			Naucoridae	3	3
		Total			48

Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022.

La tabla 6 muestra los datos de los macroinvertebrados identificados en la localidad de La Gloria en el mes de agosto en donde se colectaron 8 familias, 6 pertenecientes al phylum Arthropoda y 2 al Mollusca, las familias que presentaron mayor abundancia fueron Atyidae con 31 organismos y Psephenidae con 14 organismos. En total se colectaron 71 organismos y al aplicar el índice BMWP se obtuvo un valor de 41, que representa a la clase IV, lo cual significa calidad dudosa con aguas contaminadas, un resultado similar al muestreo de abril del mismo año.

Tabla 6. Familias de macroinvertebrados encontrados en el río Actopan, en la localidad La Gloria, muestreo agosto 2022.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Valor IBMWP	Abundancia
Mollusca	Bivalvia	Verenoidea	Corbiculidae	9	1
	Gastropoda	Mesogastropoda	Viviparidae	6	7
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	3	14
			Hemiptera	Naucoridae	3
		Veliidae		3	9
		Gerridae		3	4
	Odonata	Lestidae	8	2	
	Malacostraca	Decapoda	Atyidae	6	31
				Total	41

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 del mes de agosto del mismo año, en la localidad de La Gloria. El valor más alto de diversidad pertenece al segundo muestreo (mes de agosto) en la localidad de La Gloria.

Tabla 7. Valores de diversidad en los muestreos de abril y agosto de 2022 en la localidad de La Gloria.

	La Gloria (muestreo abril)	La Gloria (muestreo agosto)
Taxa	9	8
Abundancia	399	71
Diversidad de Shannon	1.1	1.54

Similitud de Jaccard

En la tabla 8 se muestran las familias de macroinvertebrados encontrados en los muestreos de abril y agosto del 2022, en los recuadros marcados con color azul se muestran las familias encontradas en ambos muestreos como: Psephenidae, Lestidae y Veliidae, pertenecientes al Phylum Arthropoda. En cuanto al Phylum Mollusca se encontraron en ambos muestreos las familias Corbiculidae y Viviparidae. Por lo que, la similitud de familias de macroinvertebrados en los dos muestreos es del 45.45%.

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

Phylum	Familia	Abril 2022	Agosto 2022
Arthropoda	Noteridae	1	
	Psephenidae	1	1
	Gomphidae	1	
	Lestidae	1	1
	Hydropsychidae	1	
	Veliidae	1	1
	Naucoridae	1	1
	Gerridae		1
	Atyidae		1
Mollusca	Corbiculidae	1	1
	Viviparidae	1	1

Diatomeas

Muestreo realizado en el mes de abril de 2022.

En la siguiente tabla se pueden observar los géneros de diatomeas identificados en el mes de abril de 2022 en la Localidad de la Gloria, se encontraron cinco familias diferentes y seis géneros. Entre las más abundantes fueron *Navicula* con 90 organismos y *Cocconeis* con 26 organismos. Por el contrario, los géneros de menor abundancia fueron *Diatoma* con cinco organismos y *Fragilaria* con solo 1. Al aplicar el índice Pampeano de Diatomea se determinó un valor de 2.46 lo que indica que la calidad del agua es mala presenta polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y

aminoácidos causada por la agricultura intensiva, ganadería industrial y la densidad poblacional.

Tabla 9. Géneros de diatomeas encontradas en la localidad de La Gloria, en el río Actopan. Muestro abril 2022.

Orden	Familia	Genero	Abundancia	Sensibilidad	IDP
Naviculares	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	90	I-III	2.75
	Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	13	II	2
Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	26	I-III	2
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	6	0-III	1
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Diatoma</i>	5	I-II	3
		<i>Fragilaria</i>	1	I-III	1.5
		Total	141		2.46

Muestreo realizado en el mes de agosto de 2022.

La tabla 10 muestra los géneros de diatomeas colectadas en La Gloria, durante el mes de agosto. En este muestreo se colectaron ocho géneros de diatomeas, las más abundantes fueron *Navicula* con 159 organismos, *Nitzschia* con 158 organismos y *Diatoma* con 103 ejemplares. Los generos que presentaron menor abundancia fueron *Gyrosigma*, *Cocconeis* y *Epithemia*. Al aplicar el índice Pampeano de Diatomeas se determinó un valor de 1.68 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 causado por una actividad industrial o ganadera intensiva.

Tabla 10. Géneros de diatomeas encontradas en la localidad de La Gloria, en el río Actopan. Muestro agosto 2022.

Orden	Familia	Genero	Abundancia	Sensibilidad	IDP
Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	159	I-III	2.75
	Pleurosigmales	<i>Gyrisigma</i>	34	II	2
Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	33	I-III	2
Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	84	0-III	1
Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Diatoma</i>	103	I-II	3
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	101	I-III	1.25
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Epithemia</i>	26	I-II	1.75
Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	158	II-III	2.5
		Total	698		1.68

Diversidad

La tabla 11 muestra los valores de diversidad del muestreo del mes de abril del 2022 y el segundo muestreo del mes de agosto del mismo año, ambos realizados en la localidad de La Gloria.

En cuanto al índice de Shannon y equitatividad los valores más altos se presentaron en el mes de agosto en la localidad de La Gloria, en cuando al índice de Shannon su valor fue de 1.904 y con respecto a la equitatividad su valor fue de 0.915.

Tabla 11. Valores de diversidad en los muestreos de abril y agosto de 2022 en la localidad de La Gloria.

	La Gloria (muestreo abril)	La Gloria (muestreo agosto)
Taxa	6	8
Abundancia	141	698
Diversidad de Shannon	1.106	1.904
Equitatividad	0.617	0.915

Similitud de Jaccard.

Se puede observar en la tabla 12, los generos de diatomeas encontradas en los muestreos de los meses de abril y agosto del 2022, en la localidad La Gloria, los generos similares de diatomeas fueron: *Navicula*, *Gyrosigma*, *Cocconeis*, *Gomphonema* y *Diatoma*. De acuerdo a los géneros encontrados podemos determinar que la similitud de diatomeas en ambos muestreos es del 55.55%.

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

Orden	Genero	Abril 2022	Agosto 2022
Naviculares	<i>Navicula</i>	1	1
	<i>Gyrosigma</i>	1	1
Achnanthales	<i>Cocconeis</i>	1	1
Cymbellales	<i>Gomphonema</i>	1	1
Fragilariales	<i>Diatoma</i>	1	1
	<i>Fragilaria</i>	1	
Surirellales	<i>Surirella</i>		1
Rhopalodiales	<i>Epithemia</i>		1
Bacillariales	<i>Nitzchia</i>		1

DISCUSIÓN

En este estudio se utilizaron bioindicadores como los macroinvertebrados y las diatomeas para evaluar la calidad del agua del Rio Actopan, en la localidad de La Gloria, Veracruz. Es importante mencionar que se pretende incrementar la información asociada a este tema, ya que hacen falta más estudios relacionados a los bioindicadores, estos son muy importantes y junto con el uso de parámetros fisicoquímicos se puede realizar un estudio más completo de la calidad del agua de los ríos de manera económica y más sencilla, de esta forma brindar información oportuna y de calidad.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos los valores que se mantuvieron altos en este estudio y en ambos muestreos de abril y agosto, fueron los nitritos y los fosfatos, en cuanto al pH en el mes de abril fue más alto a comparación del mes de agosto, que de acuerdo a López *et al.* (2019) mencionan que el pH es uno de los parámetros que tiene relación con el aumento en la cantidad de familias de algunos organismos, por lo que su hábitat tiende a ser mejor en niveles neutros de pH, por lo que el comportamiento del pH fue relativamente bueno en nuestro estudio.

Por otro lado Estrada *et al.* (2018) En su estudio realizado en el río Actopan, en diferentes localidades encontraron que en la zona existen dos ingenios azucareros uno en La Gloria y otro ingenio río arriba que se encuentra en el poblado de Santa Rosa, lo que provoca que el río se vea afectado por los desechos vertidos; además, al margen del río Actopan se encuentran zonas de cultivo y principalmente de caña de azúcar. Esto explica porque los valores de nitritos, nitratos y fosfatos se encuentran por arriba del límite según la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En relación a los macroinvertebrados y el índice BMWP, en ambos muestreos se puede observar que en la localidad de La Gloria se presentó calidad dudosa con aguas contaminadas, información que arrojó el uso de estos bioindicadores

Carrera y Fierro (2001 citado en Herrera *et al.*, 2018) manifiestan que los análisis de calidad del agua mediante macroinvertebrados pueden dar buenas señales del grado de contaminación o pureza de un ecosistema. Algunos de ellos crecen en abundancia cuando existe un grado de contaminación alto, mientras que otros no soportan dichos niveles de polución.

Con base a el índice BMWP Medina-Tafur *et al.* (2010 citado en Bueñaño *et al.*, 2018) realizo un estudio en unas microcuencas ubicadas en Ecuador, estas mostraron calidad diferencial dependiendo de la ubicación, la cual varió desde aguas con calidad biológica regular, aguas con calidad biológica aceptable en áreas sin mucha influencia del hombre hasta aguas de mala calidad en las zonas más bajas de la cuenca. Estos autores concluyen que las condiciones físico-químicas están siendo alteradas en estos ríos debido a las actividades de minería, ganadería y agricultura, así como a la mala disposición de las aguas residuales de los centros poblados, condiciones de contaminación similares en las que se encuentra el río Actopan y lo cual está afectando a varias localidades incluida La Gloria, debido a los ingenios azucareros, a la intervención humana y como lo mencionan Castro *et al.* (2015) en su estudio realizado en el río Actopan, los dos ingenios azucareros en la temporada de finalización de la zafra de caña de azúcar, lavan sus instalaciones, 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, por otro lado Gutiérrez (1999 citado en Castro *et al.*, 2015) 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. Estas alteraciones del medio acuático traen como resultado cambios significativos en la dinámica de las poblaciones de plantas y animales, así como de la estructura de las comunidades a lo largo del tiempo.

Castro *et al.* (2015) encontraron la presencia de especies sensibles a la contaminación de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera estos

fueron minoría con respecto a las familias correspondientes a los órdenes: Diptera, Mollusca y Crustacea que poseen una mayor resistencia a la contaminación y bajo oxígeno, proporcionándoles mayor tasa de reproducción y aumento poblacional, con respecto a esta información en nuestro estudio se encontraron organismos del orden Trichoptera de igual forma siendo su abundancia menor, en cuanto a las familias Mollusca fue una que predominó en cuanto a la abundancia de los organismos, por lo que se puede concluir que es una familia resistente a la contaminación y por lo tanto tendrá una mayor tasa de reproducción.

Por otro lado Mendes *et al.* (2014 citado en Roldan-Pérez., 2016) proponen combinar el uso de las diatomeas con los macroinvertebrados en la evaluación de la calidad del agua, algo que se realizó en este estudio y en gran medida ayudara a enriquecer estudios posteriores. Con respecto al uso de diatomeas en el primer muestreo del mes de abril se presentó un valor del IDP de 2.46 lo que indica que la calidad del agua es mala, presenta polución y eutrofización fuerte, presencia de materia orgánica parcialmente degradada, nitritos, amonio y aminoácidos causada por la agricultura intensiva, ganadería industrial y la densidad poblacional, para el segundo muestreo en agosto se presentó un cambio en cuanto al valor del IDP y fue de 1.68 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 causado por una actividad industrial o ganadera intensiva, este último dato y de acuerdo a Estrada *et al.* (2018) presentaron valores similares al de nuestro estudio en La localidad de La Gloria, se presentó un IDP de 1.6160, lo cual de igual forma las aguas se encontraban con calidad aceptable y una eutrofización moderada, esto nos indica que la calidad del agua si se encuentra en un grado de contaminación, en este mismo estudio se encontraron algunas especies de diatomeas consideradas más tolerantes a la perturbación como; Gomphonema, Navicula, y Nitzschia que componen casi el 78% de los taxa de diatomeas tolerantes (U.S. EPA, 2002 citado en Estrada et al., 2018), estos tres géneros también estuvieron presentes en nuestro estudio y son indicadoras de eutrofización del medio acuático.

Estrada *et al.* (2018) Mencionan que los resultados de IDP en las tres zonas que obtuvieron fueron valores entre 1.6 y 2.2 indicando aguas con valor aceptable a mala, similitudes que tuvimos en ambos estudios, Mirande y Tracana (2005 citado en Estrada *et al.*, 2018) mencionan que la presencia de fluctuaciones de amonio y fosfato se relacionan positivamente a los altos niveles de IDP, esto trayendo como consecuencia una mala calidad del agua.

CONCLUSIONES

- Se pudo determinar que la calidad del agua en el río Actopan, localidad de La Gloria se encuentra en un grado de aguas contaminadas, presentan polución y eutrofización fuerte.
- Los valores altos en cuanto a los parámetros fisicoquímicos indican la presencia de actividades humanas contaminantes asociadas en especial a la agroindustria la cual vierte sus desechos directamente al río y esto se ve reflejado en la presencia de organismos tolerantes a la perturbación tanto de macroinvertebrados como de diatomeas.

RECOMENDACIONES

Es conveniente seguir realizando estudios en cuanto a los bioindicadores, macroinvertebrados y diatomeas en el río Actopan, ya que estos seguirán permitiendo ver los cambios en la calidad del agua de diversas localidades incluida La Gloria, estos estudios se han utilizado durante varias décadas pero es importante seguir realizando diversos esfuerzos para la evaluación de las aguas y los cambios que van teniendo los organismos, estos indican el grado de salud en el que se encuentra el río de una manera económica y sencilla.

REFERENCIAS

- Barba-Álvarez, R., De la Lanza-Espino, G., Contreras-Ramos, A., & González-Mora, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(1), 381-383.
- Barrios BE & 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.
- Buenaño, M., Vásquez, C., Zurita-Vásquez, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 41-49.
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia.
- 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.
- Estrada-Hidalgo N, Obregón-Jiménez I, Castillo-Adame IL, Jardón-Romero JP, Castro-Mejía G, Castro-Mejía J. (2018). Evaluación de la calidad de agua a través del índice pampeano de diatomeas (IDP) en tres diferentes localidades del río Actopan, Veracruz. *Revista E-BIOS*, 29-35.
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de malariología y salud ambiental*, 48(2), 109-120.
- Gómez N, Licursi A. 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology*. 5: p. 173-181.

- Herrera PI, Rico BAA, Hernández MJJ, Aguayo SD y González DRP. 2018. Uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Totoapan y Paso Real, Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. 9(21), 860-871.
- López Mendoza, S., Huertas Pineda, D., Jaramillo Londoño, Á. M., Calderón Rivera, D. S., & Díaz Arévalo, J. L. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 269-288.
- Moreno, Y. M., & Gutiérrez, A. F. E. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Revista Politécnica*, 15(29), 65-81.
- Nuestro- México. 2005. La Gloria- Veracruz de Ignacio de la Llave. Citado el 25 de mayo de 2022. Disponible en: <http://www.nuestromexico.com/Veracruz-de-Ignacio-de-la-Llave/Ursulo-Galvan/La-Gloria/>
- Pérez, J. H., Martínez-Romero, L. C., Castellanos-Guerrero, L. T., Mora-Parada, A. R., & Rocha-Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Producción+ Limpia*, 15(1), 35-48.
- Roldán G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá: Universidad de Antioquia. p. 34.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- Santillán-Aredo, S. R., & Guerrero-Padilla, A. M. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(4), 97-110.
- 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.