

Utilización de un índice de diversidad para determinar la calidad del agua en sistemas lóticos

Pilar Saldaña Fabela

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Juan Carlos Sandoval Manrique

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Rogelio López López
Edith Salcedo Sánchez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

En este estudio se presentan los resultados del índice de comparación secuencial (ICS) aplicado a una comunidad de macroinvertebrados bentónicos en dos afluentes del río La Antigua, Veracruz. Los macroinvertebrados bentónicos son organismos que viven enterrados o sobre el lecho de los cuerpos de agua y se han utilizado para evaluar la calidad de la misma. Los resultados pertenecen a dos estaciones: una en el río Sordo y la otra en el río Hueyapan, ambos afluentes del río La Antigua. Los muestreos biológicos y fisicoquímicos se efectuaron en la época de avenidas. De acuerdo con los resultados del ICS y por la presencia de los organismos dominantes, tolerantes a la contaminación orgánica (Chironomidae, Annelidae), el río Sordo se considera contaminado. Por el contrario, el río Hueyapan se clasificó como de buena calidad debido a que los organismos más abundantes son sensibles a la contaminación (Ephemeroptera, Coleoptera, entre otros). Los resultados de algunos parámetros fisicoquímicos comparados con los criterios ecológicos de calidad del agua clasifican ambos sitios como adecuados para el desarrollo y la protección de la vida acuática, limitando su uso únicamente por la presencia de nitrógeno amoniacal que rebasa el criterio ecológico de 0.06 mg/L. Con la aplicación de este índice de diversidad, así como por la identificación de los organismos indicadores de calidad del agua, se determinó que existen diferencias en la calidad del agua de ambos ríos, mientras que con los análisis fisicoquímicos estas diferencias no se detectan.

Palabras claves: indicador biológico, macroinvertebrados bentónicos, índice de comparación secuencial, *Chironomidae*, *Ephemeroptera*, diversidad, dominancia, abundancia.

Introducción

Muchas actividades tanto naturales como antropogénicas afectan los recursos acuáticos. Los ríos son impactados por descargas directas en el agua, así como por la contaminación generada por las actividades agrícolas y forestales.

Para evaluar los impactos producidos por la contaminación, los indicadores de calidad del agua pueden ser aquellos que proporcionen información a través de salud pública, salud del ecosistema, usos designados,

condiciones ambientales y carga de contaminantes. Por ejemplo, el consumo de peces contaminados puede representar un riesgo para la salud de los consumidores. La cantidad de población servida a través de sistemas de agua potable es otro indicador, al igual que el cuerpo de agua, la salud y la sobrevivencia de especies de plantas y animales puede ser usada como un indicador de los efectos acumulados de todos los componentes físicos y químicos que dañan la salud del ecosistema denominada "integridad biológica" (Saldaña *et al.*, 1998).

La integridad biológica se determina por la comparación de los sitios de monitoreo contra un sitio de referencia que exhibe las características ideales.

El monitoreo biológico promueve una evaluación integrada comparando hábitats (como estructura física, régimen de flujo), calidad del agua y mediciones biológicas con referencias a condiciones empíricamente definidas.

Objetivo

Caracterizar la calidad del agua utilizando el índice de comparación secuencial (ICS) como una herramienta de evaluación y contrastarlo con lo obtenido en la evaluación fisicoquímica.

Antecedentes

El uso de organismos como indicadores de la calidad del agua dulce se ha venido desarrollando desde principios de siglo de una manera muy lenta. Estos estudios tienen sus inicios en Europa con los trabajos de Kolwitz y Marsson (en Rosenberg, 1993), quienes desarrollaron la clasificación de saprobiedad en ríos como una medida del grado de contaminación por materia orgánica y como resultado de la disminución de oxígeno disuelto. Los estudios utilizando a los organismos tomaron dos caminos: uno para identificar los cambios por fuentes antropogénicas y otro para clasificar biológicamente los cuerpos de agua.

En Estados Unidos, los trabajos sobre biomonitoreo fueron desarrollados por Forbes en 1807; dichos estudios daban el mismo peso a las variables abióticas y bióticas, y las condiciones ambientales estudiadas propiciaron que se iniciaran listados de organismos indicadores de calidad del agua (Díaz, 1995).

Las ventajas de usar los indicadores biológicos como una herramienta en la identificación de impactos y en las acciones de recuperación de los programas de saneamiento son las siguientes:

- Las comunidades biológicas reflejan la integridad del sistema (por ejemplo química, física y biológica). La bioevaluación resulta de evaluar directamente el estatus de un cuerpo de agua relativo a la primera meta de aprovechamiento, que es la de contar con diferentes usos, principalmente suministro de agua potable.
- La comunidad biológica integra los efectos de diferentes factores de estrés y proporciona una medición de los impactos agregados.
- El monitoreo rutinario de las comunidades puede ser relativamente barato, particularmente cuando

se comparan los costos de evaluación de contaminantes tóxicos, como químicos específicos o mezclas complejas.

- Cuando no existen los criterios para impactos ambientales específicos (como impactos de fuentes no puntuales que degradan el hábitat), las comunidades biológicas pueden ser utilizadas como una herramienta, al identificar especies indicadoras del grado de deterioro del hábitat.

El concepto de especie indicadora es de fundamental importancia en el monitoreo biológico al definirse como aquel organismo que tiene requerimientos particulares de variables físicas o químicas tales, que cambios en su presencia o ausencia, número, morfología, fisiología o conducta, indican que las condiciones físicas y químicas del agua, así como biológicas, están fuera de sus límites aceptables (Rosenberg, 1993; Díaz, 1995; EPA, 1996).

Los organismos indicadores ideales son aquellas especies que tienen tolerancias ambientales estrechas específicas y que con su presencia reflejan la calidad de su ambiente. Por el contrario, los organismos que tienen una amplia tolerancia a diferentes condiciones ambientales no son buenos indicadores (Rosenberg, *op. cit.*).

Por ejemplo, en sistemas tropicales semiáridos de la India, en áreas de contaminación con descargas domésticas, la comunidad de macroinvertebrados presentes consistió de organismos dominados por los gusanos oligoquetos y las larvas de mosquitos *Chironomidae*. En cuerpos de agua fuertemente contaminados por la industria textil se colectaron organismos de la familia *Syrphidae*, perteneciente al orden *Diptera* (Vikram y Malla, 1991).

En el Reino Unido se desarrolló un programa de vigilancia biológica con especial énfasis en la riqueza biológica en cuanto a su estructura y composición, la cual se ha utilizado como una herramienta sensible, accesible, rápida y segura para detectar alteraciones en los ecosistemas acuáticos (Wright, 1995).

En otro estudio se ubicaron estaciones río arriba y río abajo de la descarga de una tenería, además, se ubicó una estación aguas abajo de la última estación. Los resultados mostraron un valor del índice de comparación secuencial de 0.1, con una diversidad baja aguas abajo de la tenería con respecto a un valor de 17 determinado aguas arriba de la descarga, mientras que en la última estación se incrementó la variabilidad biológica con un valor del ICS de 5.8, denotando una recuperación de la fauna del fondo (Cairns y Dickson, 1971).

Aunque la bioevaluación puede ser usada para ayudar a localizar los impactos originales y la extensión,

son necesarios análisis químicos o pruebas de toxicidad para confirmar las fuentes puntuales y desarrollar apropiados límites de descarga, lo cual es mejor, debido a que es una evaluación integral del cuerpo de agua.

Se considera que un ecosistema es saludable cuando es capaz de mantener una biota con propiedades tales que sean autoorganizables, resilientes y productivas (Karr, 1999).

Método

Para la recolecta de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se seleccionaron dos estaciones de monitoreo ubicadas en la cuenca del río La Antigua. Una de las estaciones recibe descargas de aguas residuales municipales e industriales de la ciudad de Jalapa y Coatepec, lo que altera la calidad del agua del río Sordo ($19^{\circ}27'10.1''$ norte, $96^{\circ}55'18.7''$ oeste). La otra estación se ubica en el río Hueyapan ($19^{\circ}22'32.7''$ norte, $96^{\circ}54'13.2''$ oeste), perteneciente a la misma cuenca, y que recibe únicamente las descargas municipales de los poblados de Isleta Chica e Isleta Grande (ilustración 1).

Se realizaron muestreos mensuales, cubriendo los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre, para conocer las características de calidad del agua y los cambios en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

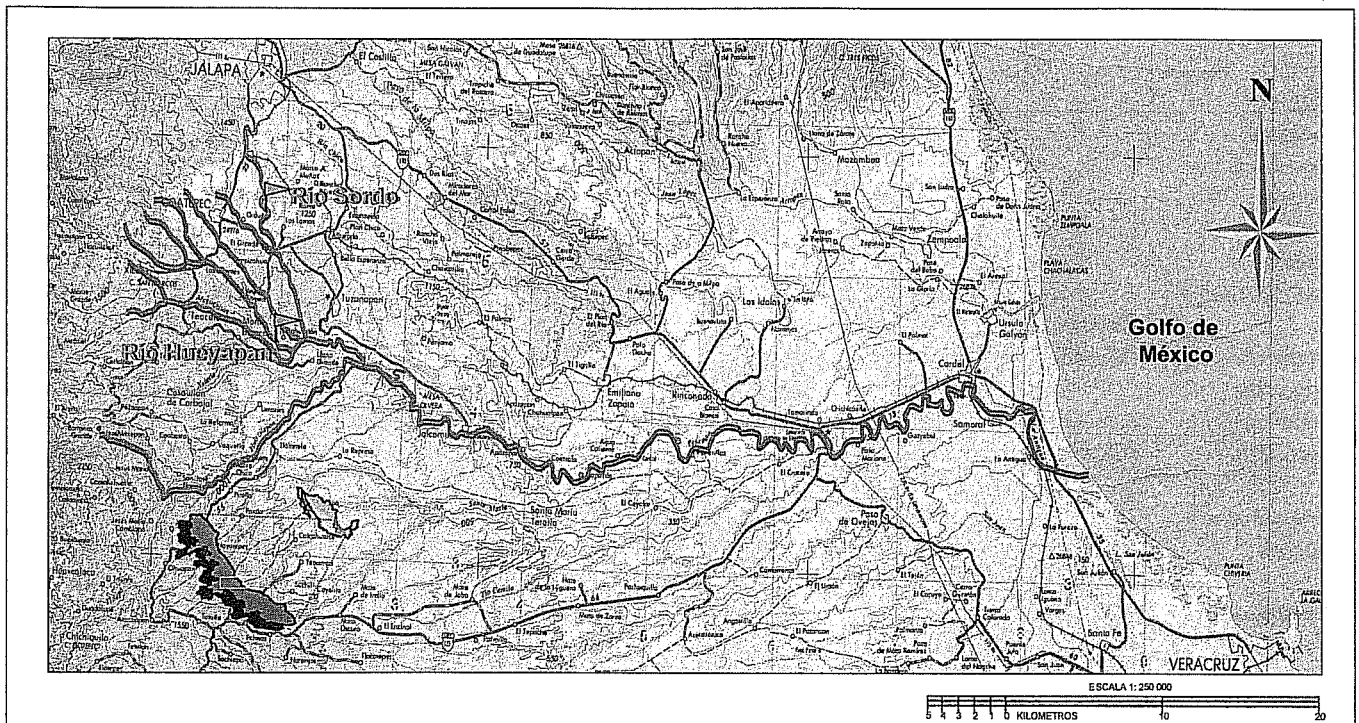
En dichas estaciones se midieron parámetros de campo como: oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua. Asimismo, se tomaron muestras de agua para el análisis de los siguientes parámetros en el laboratorio: DBO₅, N-total, N-orgánico, N-NO₃, N-NO₂.

Para el muestreo y análisis de los macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red Surber y los organismos capturados se preservaron con formol para su posterior identificación y conteo en el laboratorio (ASTM, 1993).

Los géneros se identificaron con claves taxonómicas especializadas, además se buscó su relación con la calidad del agua. El análisis se realizó utilizando el enfoque de la estructura de la comunidad.

El procedimiento para aplicar el ICS consiste en mezclar homogéneamente los organismos separados de la muestra en una caja de Petri, con una cuadrícula de aproximadamente 1 x 1 centímetro. Los especí-

Ilustración 1. Cuenca del río La Antigua, Veracruz.



Estaciones de muestreo

Cuadro 1. Clasificación de contaminación de acuerdo con el valor del índice de comparación secuencial (ICS).

Valor del ICS	Clasificación
Menor de 8	Contaminado
Mayor de 8 y menor de 12	Semicontaminado
Mayor de 12	Buena calidad

menes de cada cuadro se observan al microscopio estereoscópico y se comparan uno por uno con respecto al anterior. Si es similar al anterior, es una parte de la misma "corrida". Si no es similar, es parte de una nueva "corrida". Si el espécimen es igual al anterior, se registra un "A"; si es diferente, "B", y así sucesivamente.

El índice de diversidad se determina dividiendo el número de comparaciones iguales entre el número total de organismos. Las diferencias relativas en la estructura de las comunidades se detectan con el valor de este índice. Los ríos sanos con alta diversidad y una densidad balanceada (buena calidad) generalmente tienen valores de 12 o más. Los cuerpos de agua contaminados con estructuras de la comunidad pobres presentan valores de ocho o menos. Los valores inter-

medios se dan para ríos medianamente contaminados (Cairns y Dickson, 1971) (cuadro 1).

Resultados

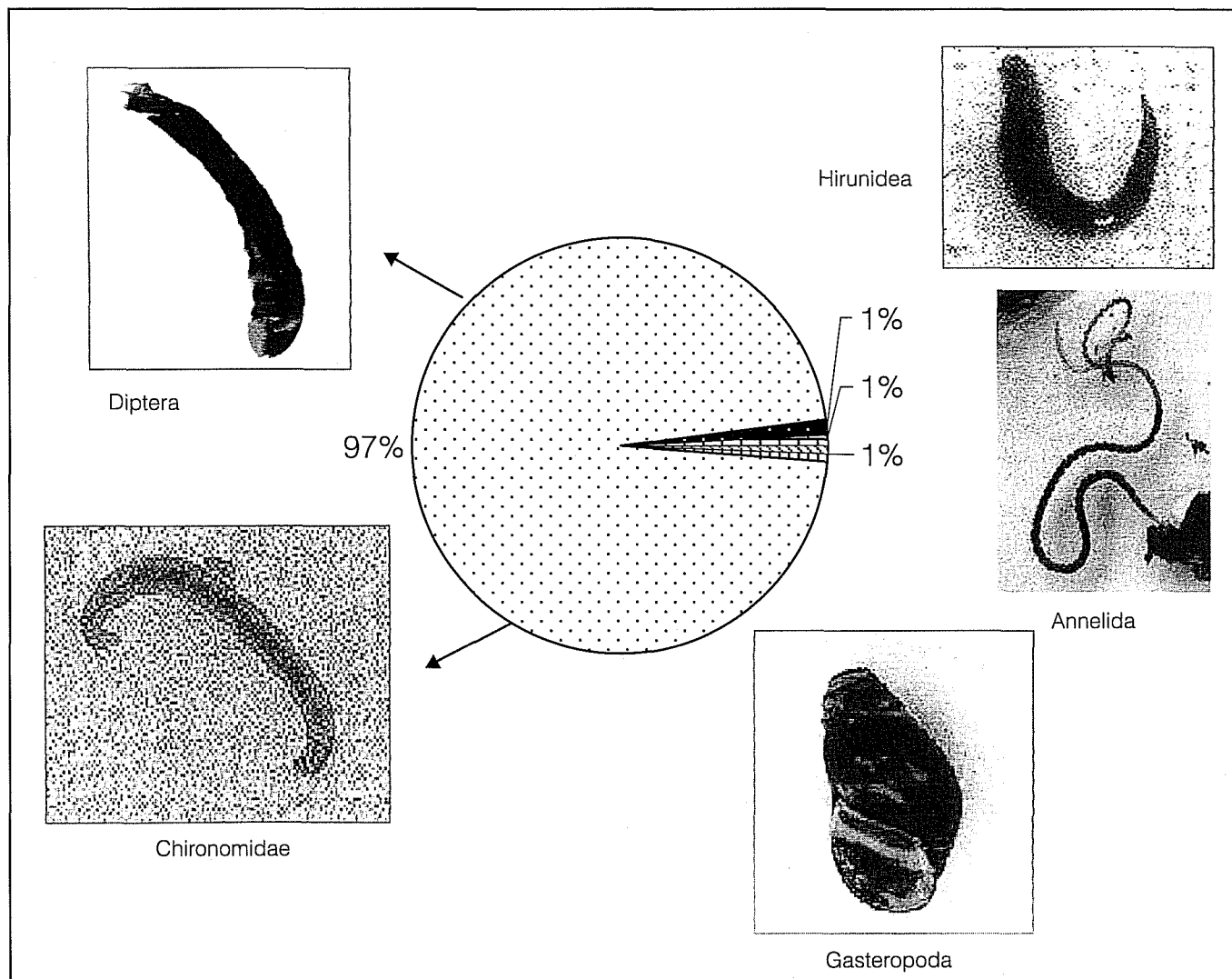
En la estación río Sordo se capturaron un total de 7,483 organismos en los cuatro muestreos representados por cinco órdenes, 10 familias y 10 géneros, siendo la más abundante el orden *Diptera* y en particular la familia *Chironomidae* con 97%, mientras que los restantes órdenes sólo contribuyeron con 3% de la captura total (*Ephemeroptera*, *Gasteropoda* e *Isopoda*) (ilustración 2, cuadro 2).

El índice de comparación secuencial determinado fue de 1.7 en julio; 0.7 en agosto; 3.4 en septiembre, y 3.2 en noviembre, por lo que la calidad del agua se clasifica de acuerdo con el cuadro 1 como contaminada por la dominancia de especies tolerantes a la contaminación, como los organismos que pertenecen a la familia *Chironomidae*. El ICS global en esta época (avenuidas) fue de 2.2, por lo que se considera que, en general, la calidad del agua se clasifica como contaminada, limitándose su uso para el desarrollo y la protección de la vida acuática (ilustración 3).

Cuadro 2. Organismos identificados y su abundancia en el río Sordo, Veracruz.

		Núm. de orgs. 15-jul-98	Núm. de orgs. 20-ago-98	Núm. de orgs. 30-sep-98	Núm. de orgs. 5-nov-98	Total	Abundancia relativa
Annelida							
Oligochaeta		3		15	31	49	0.655
Hirudinea		11	3		47	61	0.815
							1.470
Diptera							
Chironomidae		646	2,915	19	2,106	5,686	75.986
	<i>Chironomus</i> sp.	10	38	15	1,118	1,181	15.782
Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	1				1	0.013
Empididae			1			1	0.013
Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	4	77		318	399	5.332
Psychodidae	<i>Psychoda</i> sp.			1		1	0.013
							97.140
Ephemeroptera							
Baetidae	<i>Baetis</i> sp.			1		1	0.013
							0.013
Gasteropoda							
Physidae	<i>Physa</i> sp.	14			26	40	0.535
							0.535
Isopoda							
Asellidae	<i>Asellus</i> sp.	59	4			63	0.842
							0.842
Número total de organismos		748	3,038	51	3,646	7,483	

Ilustración 2. Abundancia de grupos taxonómicos identificados en el río Sordo, Veracruz. Baja diversidad (contaminada).



Los órdenes que se capturaron se consideran como tolerantes a la contaminación y pertenecen a los grupos *Annelida*, *Oligochaeta*, *Hirudinea*, *Diptera*, *Gastropoda* e *Isopoda*, los cuales tienen un ciclo de vida denominado multivoltino, esto es, que presentan varias generaciones al año, lo cual facilita el seguimiento en un periodo de estudio.

Los hábitos alimenticios de los primeros cuatro grupos se consideran detritívoros, el quinto es filtrador y el último tiene preferencias herbívoras.

Los *Chironomidae* (que fueron los más abundantes en el río y como se mencionó son tolerantes a la contaminación) presentan respiración por hemolinfa, lo que les confiere mayor poder de adaptación a las condiciones anóxicas de los lugares contaminados.

La abundancia de estos organismos está claramente relacionada con la entrada de aguas residuales municipales de las ciudades de Jalapa, Coatepec y poblados aledaños, así como de algunas industrias ubicadas en el área que afectan al río Sordo.

La contaminación, como lo anota Margalef (1980), determina una disminución de la diversidad de organismos dentro de la comunidad por dos causas que operan con distinta efectividad según sea el caso: por una parte, se determina la muerte de una gran parte de las especies, excepto de las más resistentes o tolerantes, que son unas pocas y, por otro lado, los efectos fertilizantes simultáneos o subsiguientes favorecen a las especies que son capaces de una rápida multiplicación, como es el caso de los quironómidos.

Los cuerpos de agua que reciben fuertes cargas orgánicas de los drenajes municipales albergan una gran cantidad de organismos tolerantes a la contaminación orgánica. Como en el caso del río Sordo, estas zonas generalmente se encuentran inmediatamente aguas abajo de las descargas de los sistemas urbanos y sus comunidades están dominadas principalmente por oligoquetos (*Limnodrilus sp.*) y larvas de quironómidos, así como por algunas especies de moluscos.

En cuanto a los resultados fisicoquímicos, las concentraciones de oxígeno disuelto (desde 6.39 hasta 7.31 mg/L) y pH (desde 6.5 hasta 6.76) en el río fueron adecuadas al determinarse valores mayores a los límites establecidos en los criterios ecológicos de calidad del agua para protección de vida acuática (O.D. 5 mg/L, pH 5-9, DOF, 1989).

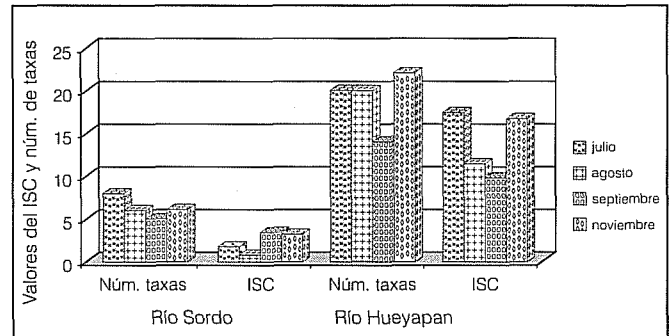
Las concentraciones detectadas de los compuestos del nitrógeno en el río Sordo fueron altas: nitrógeno total (11.4 mg/L); nitrógeno orgánico (7.2 mg/L), y nitrógeno amoniacal (4.5 mg/L), por lo que esta corriente recibe el mayor impacto por las descargas de aguas residuales municipales. El nitrógeno amoniacal, según los criterios ecológicos para protección de la vida acuática (CECA; 1989), indican que este parámetro no debe sobrepasar el valor de 0.06 mg/L, y se encontró rebasando dicho criterio, lo que indica la entrada de descargas originadas por actividades humanas, así como material alóctono que se transforma hacia los diferentes estados de oxidación dentro del ciclo del nitrógeno, afectando la calidad del agua.

Las concentraciones de DBO a lo largo de los muestreos oscilaron de cuatro a 10 mg/L, por lo que de acuerdo con Chapman (1992) es un río que está dentro de los límites de aguas naturales, ya que valores por arriba de 10 mg/L son indicativos de entradas de aguas residuales (ilustración 4).

En el río Hueyapan se capturaron en los cuatro muestreos un total de 1,135 organismos, que se distribuyeron en 12 órdenes, 24 familias y 36 géneros; de éstos los *Ephemeroptera* fueron los más abundantes con 50%; los *Diptera* con 24%; *Coleoptera* con 10%, y los restantes órdenes representaron 16% de la captura total (ilustración 5 y cuadro 3).

Al aplicar el índice de comparación secuencial, los resultados obtenidos en julio, agosto y noviembre presentaron valores mayores de 12, por lo que de acuerdo con el cuadro 1, se considera que el río es de buena calidad. En septiembre, el valor del ICS disminuyó a 9.8 y la calidad del agua se consideró como semi-contaminada. El valor del ICS de septiembre se debe a que fue en este mes en donde se capturaron menos taxas y menos organismos debido principalmente a la velocidad de la corriente. Sin embargo, el ICS global

Ilustración 3. Resultados biológicos de número de taxas identificadas y el índice de comparación secuencial (ICS) en ambos ríos.

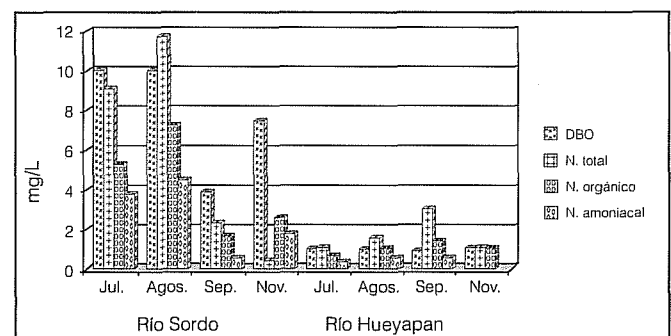


en esta época fue de 13.8, por lo que se clasifica al río como de buena calidad y se considera adecuado para el desarrollo de organismos acuáticos (ilustración 3).

Los organismos capturados en esta estación en su mayoría pertenecen a los grupos sensibles a la contaminación, como los *Coleoptera*, *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, los cuales tienen ciclos de vida tanto univoltinos como multivoltinos; en cuanto a sus hábitos alimenticios, preferentemente son desmenuzadores, raspadores, carnívoros y detritívoros; el tipo de respiración es por traqueobranquias, lo cual les permite sobrevivir únicamente en sitios con buena oxigenación y bajo contenido de sólidos disueltos, ya que si no se presentan estas condiciones, el alto contenido de sólidos disueltos en el agua provoca que las traqueobranquias se obstruyan y no permitan el intercambio de oxígeno, lo cual, por otro lado, les impide atrapar sus presas al limitar su visión.

Los parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto y pH se presentaron en concentraciones adecuadas de acuerdo con los criterios ecológicos de calidad del agua (DOF, 1989).

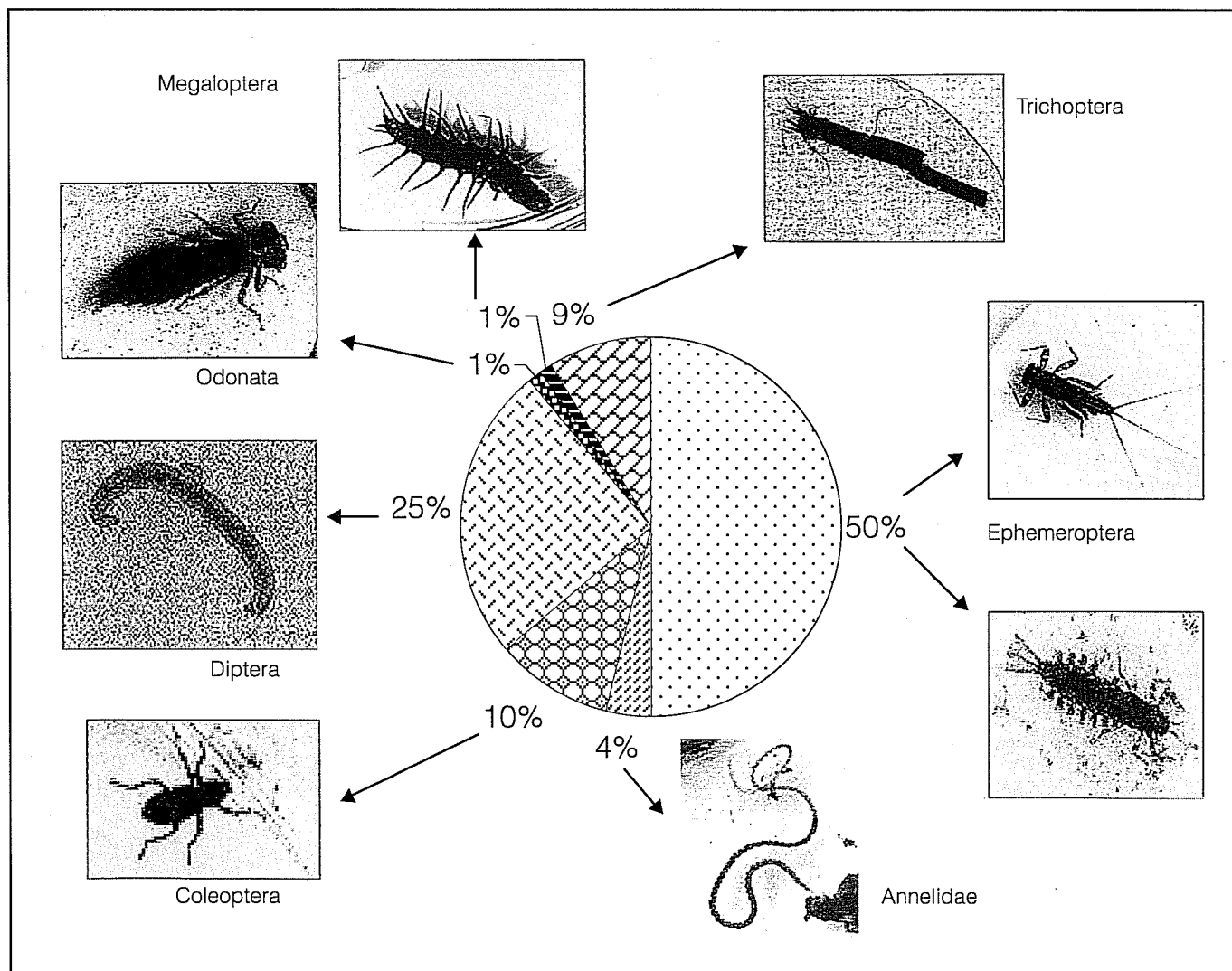
Ilustración 4. Comportamiento mensual de parámetros fisicoquímicos en ambos ríos.



Cuadro 3. Organismos identificados y su abundancia en el río Hueyapan, Veracruz.

	Núm. de orgs. 17-jul-98	Núm. de orgs. 21-ago-98	Núm. de orgs. 30-sep-98	Núm. de orgs. 5-nov-98	Total	Abundancia relativa
Acarida		1		6	7	0.617
						0.617
Annelida						0.000
Oligochaeta	20	6		10	36	3.172
Hirudinea A	1			7	8	0.705
Hirudinea B	1				1	0.088
						3.965
Coleoptera						0.000
Elmidae	17	23	1		41	3.612
		2	2		4	0.352
<i>Cylloepus</i> sp.		6			6	0.529
<i>Lara</i> sp.		6				
<i>Neaelmis</i> sp.				21	27	2.379
<i>Optioservus</i> sp.				14	14	1.233
<i>Phanocerus</i> sp.			2	14	16	1.410
<i>Stenelmis</i> sp.				3	3	0.264
						9.780
Diptera						0.000
Chironomidae	33	110	6	37	186	16.388
<i>Chironomus</i> sp.	24				24	2.115
Ceratopogonidae	6				6	0.529
<i>Bezzia</i> sp.					6	0.529
Empididae		1		4	5	0.441
<i>Chelifera</i> sp.					4	0.441
Simuliidae	13	1	8	28	50	4.405
<i>Simulium</i> sp.					28	4.405
Stratiomyidae	2		1		2	0.176
<i>Stratiomys</i> sp.					2	0.176
						24.053
Ephemeroptera						0.352
Baetidae	4				4	0.352
<i>Baetis</i> sp.	23	6	1	49	79	6.960
<i>Baetodes</i> sp.		194	31	36	261	22.996
<i>Callibaetis</i> sp.	4		4	10	18	1.586
Leptophlebiidae						
<i>Leptophlebia</i> sp.		2	4		6	0.529
<i>Thraulodes</i> sp.				14	14	1.233
Leptohyphidae	13	81		74	168	14.802
<i>Leptohyphes</i> sp.				8	12	1.057
			1			
<i>Tricorythodes</i> sp.	3					1.057
						49.515
Isopoda						0.000
Asellidae						
<i>Asellus</i> sp.	1				1	0.088
						0.088
Hemiptera						0.000
Naucoridae						
<i>Ambrysus</i> sp.				12	12	1.057
						1.057
Lepidoptera						0.000
Pyrilidae						
<i>Petrophila</i> sp.	1	1			2	0.176
						0.176
Megaloptera						0.000
Corydalidae						
<i>Corydalus</i> sp.		1	1	11	13	1.145
						1.145
Odonata						0.000
Gomphidae						
<i>Gomphus</i> sp.	1				1	0.088
Aeshnidae						
<i>Anax</i> sp.				4	4	0.352
Agrionidae						
<i>Hetaerina</i> sp.	1				1	0.088
Coenagrionidae						
<i>Argia</i> sp.		2	1		3	0.264
						0.793
Platelmintes		1			1	0.088
						0.088
Trichoptera		5			5	0.441
Helicopsychidae						
<i>Helicopsyche</i> sp.				8	8	0.705
Hydropsychidae						
<i>Hydropsyche</i> sp.	2	6	1	65	74	6.520
Hydroptilidae	1	1		9	11	0.969
<i>Limnephilidae</i>			1		1	0.088
						8.722
Número total de organismos	171	456	64	444	1,135	

Ilustración 5. Abundancia de grupos taxonómicos identificados en el río Hueyapan, Veracruz. Alta diversidad (buena calidad).



Las concentraciones detectadas de los compuestos del nitrógeno en el río Hueyapan fueron bajas con respecto a lo determinado en el río Sordo; los valores más altos fueron los siguientes: nitrógeno total (3.0 mg/L); nitrógeno orgánico (1.4 mg/L), y nitrógeno amoniacal (0.56 mg/L). El nitrógeno amoniacal, según los criterios ecológicos para protección de la vida acuática (CECA, 1989), indican que este parámetro no debe sobrepasar el valor de 0.06 mg/L, y se encontró rebasado dicho criterio, lo que indica la entrada de descargas originadas por actividades humanas, así como material alóctono que es transformado a los diferentes estados de oxidación dentro del ciclo del nitrógeno. La concentración de DBO fue baja, determinándose valores que oscilaron de 0.6 a 1 mg/L a lo largo de los muestreos, por lo que se considera que la calidad del

agua presenta condiciones naturales con poca aportación de materia orgánica (ilustración 4).

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de los resultados biológicos en los sistemas lóticos evaluados, río Sordo y río Hueyapan, el índice de comparación secuencial aplicado identifica al primero como un cuerpo de agua contaminado, al presentarse valores menores de ocho. Los organismos que se capturaron pertenecen a especies tolerantes a la contaminación orgánica, dominando principalmente los quironómidos (*Chironomidae*), sanguijuelas (*Hirudinea*) y moluscos (*Gasteropoda*) en un 80% de la captura total. Los dos primeros son organismos comunes en aguas contaminadas, ya que gracias

a su tipo de respiración (cutánea) pueden sobrevivir aun en lugares con bajo o nulo contenido de oxígeno disuelto.

Mientras tanto, en el río Hueyapan se presentaron valores del índice de comparación secuencial mayores de 12, clasificándolo como de buena calidad. Ahí se encontraron organismos sensibles a la contaminación como los pertenecientes a los órdenes *Coleoptera*, *Ephemeroptera* y *Trichoptera*, los cuales se presentan en lugares con buena oxigenación, bajo contenido de sólidos disueltos y poca carga de materia orgánica.

Los resultados fisicoquímicos analizados en ambos ríos indican que la calidad del agua es adecuada de acuerdo con lo obtenido con los parámetros como oxígeno disuelto, pH y demanda bioquímica de oxígeno. El parámetro que limita su uso para protección de vida acuática es el nitrógeno amoniacal, que se presentó en ambos ríos por arriba del límite permisible establecido en los criterios ecológicos de calidad del agua (LMP 0.06 mg/L).

Con la aplicación del índice de diversidad biológico se logró identificar que uno de los sistemas presentó organismos tolerantes a la contaminación, lo cual indica que es un cuerpo de agua que recibe aportes de materia orgánica y que está contaminado; mientras que el otro —al encontrarse organismos sensibles a la contaminación, así como una mayor diversidad— se considera como de buena calidad. Esto aporta diferencias en relación con lo obtenido por los resultados fisicoquímicos, los cuales no detectan estas disparidades y los catalogan como sistemas con aportes mínimos de materia orgánica.

Por tal motivo, los indicadores biológicos son una herramienta útil, de bajo costo y rápida, que puede ser utilizada en los programas de monitoreo rutinario, ya que a través de ellos se obtiene información que integra los efectos a corto plazo y responden rápidamente a las variaciones en su ambiente, mientras que los análisis químicos rutinarios brindan información instantánea de las concentraciones de contaminantes presentes en el cuerpo de agua.

Por lo anterior, tanto los análisis biológicos como fisicoquímicos deben ser complementarios, para poder tener una visión integral de las variaciones temporales y espaciales que se presentan en los sistemas, ya que los organismos son los primeros en detectar las modificaciones que se generan en su entorno por la contaminación y los análisis de compuestos específicos brindan la información de la concentración de los contaminantes que son aportados al ecosistema.

Agradecimientos

Se agradece a la doctora Silvia Santiago, del Instituto de Biología, por la asesoría en la identificación de los organismos bentónicos, así como a la maestra en ciencias Lydia G. Márquez Bravo por la revisión y la traducción del resumen al inglés.

Recibido: 30/07/1999

Aprobado: 06/03/2000

Referencias

- Standards on Aquatic toxicology and hazard evaluation*, ASTM, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, Estados Unidos, 1993, pp. 538.
- Cairns, J. y K. Dickson K., "A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms", *Journal Water Pollution Control Federation (WPCF)*, vol. 43, núm. 5, 1971, pp. 755-772.
- Chapman, D., *Water quality assessments. Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, UNESCO, WHO, UNEP, Nueva York, 1992, 585 pp.
- "Criterios ecológicos de calidad del agua", *Diario Oficial de la Federación*, 13 de diciembre de 1989.
- Díaz Agüero, M.M., "Biomonitoreo en sistemas lóticos: el uso de especies indicadoras", *Zoología Informa*, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, vol. 31, 1995, pp. 17-35.
- Environmental indicators of water quality in the United States*, Environmental Protection Agency, EPA 841-R-96-002, 1996.
- Karr, J.R. y E.W. Chu, *Restoring life in running waters. Better biological monitoring*, Island Press, Washington, D.C., 1999, pág. 206.
- Margalef, R., *Ecología*, De. Omega, Barcelona, 1980, 951 pp.
- Rosenberg, D.M. y V.H. Resh, *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman & Hall, Nueva York, 1993, 488 pp.
- Saldaña, F.P., L.R. López, M.J.C. Sandoval y S.E. Salcedo, informe final *Estudio de indicadores biológicos en el río Pescados, Veracruz*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Convenio CNA-SGT-IMTA, 1998, 78 pp.
- Vikram, M.R. y B.R. Malla, "Benthic macroinvertebrates as indicators of organic pollution of aquatic ecosystems in a Semi-Arid Tropical urban system", *Bioindicators and Environmental Management*, 1991, pp. 65-75.
- Wright, J.F., "Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters", *Australian Journal of Ecology*, vol. 20, 1995, pp. 181-197.

Abstract

Saldaña Fabela, P., J.C. Sandoval Manrique, R. López López & E. Salcedo Sánchez, "Using a diversity index to establish water quality in lotic systems", *Hydraulic Engineering in Mexico (in Spanish)*, vol. XVI, num. 2, pages 57-66, April-June, 2001.

The results of the sequential comparison index (ICS) applied to a benthic macroinvertebrate community in La Antigua River Basin are presented. Benthic macroinvertebrates are organisms living embedded or on the bed surface of the water bodies and have been used to assess water quality. The results belong to two sampling sites, one in the Sordo river and the other one in the Hueyapan river, both affluents of La Antigua river. Biological and chemical samples were taken during the rainy season. According to ISC results and due to the presence of dominant organisms, mainly tolerant to organic pollution (Chironomidae, Annelidae), Sordo river is considered as polluted. On the contrary, Hueyapan river was classified as unpolluted since sensible organisms were found (Ephemeroptera, Coleoptera, etc.). Chemical analysis results, compared with the ecological criteria for water quality, lead to consider both rivers as adequate for development and protection of aquatic life, and their use is only restricted by the presence of ammonia, which exceeds the limit of 0.06 mg/L. By the application of this biotic index, as well as by the identification of water quality bioindicators, it was determined that there are water quality differences in both rivers that can not be detected by the sole chemical analysis.

Key words: biological indicators, benthic macroinvertebrates, sequential comparison index, Chironomidae, Ephemeroptera, diversity, dominance, abundance.

Dirección institucional de los autores:

Pilar Saldaña Fabela

Correo electrónico: psaldana@tlaloc.imta.mx

Rogelio López López

Correo electrónico: rolopez@tlaloc.imta.mx

Edith Salcedo Sánchez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental
Paseo Cuauhnáhuac 8532
Teléfono y fax: (017) 320 8638

Juan Carlos Sandoval Manrique

Correo electrónico: jucasama@hotmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Centro de Investigaciones Biológicas
Laboratorio de Parasitología Vegetal
Avenida Universidad 1001, colonia Chamilpa
62210 Cuernavaca, Morelos
Teléfono: (017) 329 7029, extensión 3243
Fax: (017) 329 7056