

# Monitoreo ambiental del río “Cupatitzio”, en la cabecera de la microcuenca y dentro del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”, en la Ciudad de Uruapan, Michoacán.

Ricardo Miguel Pérez Munguía<sup>1</sup>, María Silvia Aguilera Ríos<sup>2</sup> y José Luis Mora Guerrero.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Entomología “Sócrates Cisneros Paz” Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B4 primer piso. Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán. [pmunguia@zeus.umich.mx](mailto:pmunguia@zeus.umich.mx).

<sup>2</sup> Laboratorio de Análisis Químico “Q. Rosa María Torres Ponce de León”. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B4 segundo piso. Ciudad Universitaria. Morelia, Michoacán. [arios@zeus.umich.mx](mailto:arios@zeus.umich.mx).

<sup>3</sup> Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”.

---

## RESUMEN

En este estudio se muestran los resultados del monitoreo ambiental en la cabecera de la microcuenca del río Cupatitzio. Se usaron cuatro sitios de referencia seleccionados por diferencias en el nivel y tipo de impactos ambientales. Se presentan los resultados de calidad del sistema acuático integrados en un modelo que incluye las características geomorfológicas del río Cupatitzio, la valoración visual del hábitat y el índice de integridad biótica, con base en los macroinvertebrados acuáticos. En el cauce tributario “El Capulín”, las afectaciones resultantes de las descargas urbanas, han modificado de tal forma al sistema que el agua disponible no es apta para ningún uso y no es posible determinar la integridad biótica por ausencia de biota, estas alteraciones no han afectado al cauce del río Cupatitzio. El tramo de estudio solo muestra impactos asociados a la construcción de puentes y senderos que han invadido sus riberas, así como de modificaciones hechas para la extracción de agua potable. Éstos han afectado la tasa de confinamiento, la tasa de ancho/profundidad y la sinuosidad del cauce. El sistema acuático conserva sus mecanismos resilientes, lo que se refleja en una excelente calidad del agua, que se incrementa hacia la salida del Parque Nacional, además de tener valores de integridad biótica y de calidad ambiental, que los ubican en las más altas categorías de los índices empelados.

**Palabras Clave:** Morfología de ríos, Calidad Ambiental e Integridad Biótica.

## ABSTRACT

In this study the results of the environmental monitoring in the headwaters of the microbasin of the Cupatitzio river are showed. We used four sites of reference which were selected by differences in the level and type of environmental impacts. The aquatic system quality are presented in the integrated model that includes the geomorphologic characteristics of the Cupatitzio river, the visual-based habitat assessment and the biotic index of integrity based on the aquatic macroinvertebrates. In the tributary channel "Capulín", the results of the urban sewages, have modified of such form to the system that the water available is not apt for any use and is not possible to determine biotic integrity by absence of biota, these alterations not have affected to channel of river Cupatitzio. The study reach only shows the associated impacts to the construction of bridges and footpaths that have invaded their floodplain area, as well the modifications done for potable water extraction. These impacts have affected entrenchment ratio, the width/depth ratio and the sinuosity of the channel. The aquatic system conserves its resilient mechanisms, which is reflected on an excellent quality of the water, which is increased towards the exit of the National Park, furthermore of excellent biotic integrity values and the habitat assessment.

**Key Words:** Rivers Morphology, Environmental Quality and Biotic Integrity.

---

## INTRODUCCIÓN

El impacto sobre los ríos y arroyos, que han derivado de las actividades humanas dentro de los sistemas acuáticos o en las áreas de influencia de estos cuerpos de agua, son generalmente multidimensionales y aunque frecuentemente están ligados con actividades productivas y de transporte de desechos, pueden tener un origen muy variado. El desarrollo de vialidades, de actividades turísticas y de recreación, así como prácticas de conservación mal planeadas, son también fuentes de impacto. Con

respecto a las vialidades, es común que la construcción de puentes y de senderos ocurra dentro de las zonas de máxima ribera y del área de inundación, lo que provoca canalización del sistema aguas arriba y abajo, la dimensión de estos impactos están relacionados con la magnitud de la descarga, debido a que afecta a los procesos de disipación de la energía del agua que se mueve dentro del cauce y con ello modifica los procesos geomorfológicos longitudinales del cauce, alterando el transporte y la depositación de sedimentos. Al mismo

tiempo que posibilitan el ingreso de partículas finas al cauce, que frecuentemente favorecen el embebimiento de los substratos disponibles para la epifauna.

Los impactos de origen físico, han sido medidos con diversos modelos entre los que destacan por su fiabilidad y accesibilidad los desarrollados por Barbour *et al.* (1999), en su conjunto este protocolo es una forma de evaluar las posibilidades de asentamiento de la biota, calificando en forma individual a cada variable, permite estimar aquellas en que se encuentre algún punto de degradación y el presentado por Rosgen (1996), para determinar el tipo de cauce. Este método se basa en las relaciones del confinamiento (proporción de la ribera máxima con la llanura de inundación), con la tasa de ancho profundidad y la sinuosidad.

Estos protocolos, han demostrado que las variables que afectan la estabilidad de las corrientes son: ancho del canal, profundidad del canal, velocidad del flujo, descarga, pendiente, materiales del fondo del canal, entrada de sedimentos y la distribución del tamaño de las partículas del sedimento.

Desde el punto de vista hidrológico, si una corriente no ha sufrido alteraciones provocadas por el hombre, suficientes para modificar su estado más probable, los procesos de disipación de la energía, siguen siendo ordenados por las fuerzas geomórficas y en consecuencia el río conserva sus mecanismos resilientes.

Debido a que los efectos de los impactos son multidimensionales, se espera que la biota acuática tenga

múltiples formas de respuesta que refleje los cambios ambientales que ocurren en los sistemas impactados, que modifican la composición y estructura de las asociaciones que en forma natural se han desarrollado en los ecosistemas acuáticos. Sobre este principio se fundamentan los índices de integridad biótica, pues se construyen a partir de la selección de aquellas variables que permitan discernir entre los cambios que ocurren por la variación natural de las asociaciones de la biota acuática, de aquellas que son respuesta a los impactos. Conforme a Karr (1981 y 1987), las características de los ecosistemas acuáticos son el resultado de fuerzas evolutivas que interactúan en la configuración de los ecosistemas. Por lo que la Integridad Biótica está definida con principios ecológicos, evolutivos y biogeográficos, determinando la condición de la biota de un ecosistema en forma comparativa con la composición, diversidad y organización funcional similar con el hábitat natural de la región.

Evidentemente que tales alteraciones no son iguales para los diferentes sistemas acuáticos, por lo que deben desarrollarse en forma regional, estrategias metodológicas que posibiliten el conocimiento de las alteraciones presentes o por lo menos que permitan distinguir las afectaciones provocadas por la acción del hombre de aquellas propias de la naturaleza de los sistemas acuáticos. Para los arroyos y ríos del centro del país Pérez-Munguía y Pineda-López (2005), propusieron un modelo de

monitoreo, que reúne los criterios para determinar el estado más probable conforme a Rosgen (1996), la valoración de la calidad ambiental visual de acuerdo a Barbour et al. (1999) y el Índice de Integridad Biótica basado en la asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA) de acuerdo con Pérez-Munguía y Pineda-López (2004).

Con el uso de este modelo de monitoreo, así como la determinación de la calidad del agua, empleando los criterios de APHA-AWWA-WPCF (1995), se propuso determinar la condición ambiental de la cabecera del Río “Cupatitzio”, en el tramo del parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”, además de incluir como referente de degradación ambiental, el arroyo “El Capulín”, el cual es un tributario intermitente del Río Cupatitzio, que recoge las descargas de aguas residuales de un amplia área urbana, perteneciente a la Ciudad de Uruapan, localizada en la parte alta de este río.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro sitios de referencia (tabla1), con base en las diferencias del grado y tipo de impacto.

Se recogieron datos para reconocer el estado más probable en cuanto a la morfología del sistemas, utilizando los criterios de Rosgen (1996); con el método de Bunte y Abt (2001), se determinaron los materiales del sustrato usando el criterio del diámetro más probable ( $D_{50}$ ); la calidad ambiental visual, se determinó con el protocolo propuesto por Barbour et al

(1999); el cual es la valoración visual del estado de conservación de las riberas, con base en los componentes de la estructura que disipan energía: sinuosidad, materiales del sustrato y de las riberas, presencia de puntos de retención, condiciones de la vegetación de las riberas y zona riparia y la condición del área de inundación. La evaluación visual de la calidad ambiental, emplea variables en microescala, como la estimación del embebimiento de los sustratos y otras en macroescala como es el tipo de corriente. Los datos de la calidad fisicoquímica se hicieron conforme a las técnicas propuestas por APHA-AWWA-WPCF (1995) y con el uso de un analizador multiparamétrico Hydrolab 4; los análisis de agrupamiento de los sitios en cuanto a las características fisicoquímicas de los sitios, se hicieron con el método UPGMA, empleando el paquete estadístico MVSP 3.01 (Kovach 1998) además de obtener muestras de macroinvertebrados acuáticos con una red de tipo “D”, para determinar la integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados, utilizando el protocolo de Pérez-Munguía y Pineda-López (2005). Como estrategia de comparación, también se determinó la integridad biótica empleando el protocolo francés del Índice Biológico Global Normalizado (AFNOR 2003), para ello se obtuvieron muestras biológicas con una red de tipo surber, en áreas de 900 cm<sup>2</sup>, aplicándose únicamente en áreas de rabión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción del estado más probable y calidad ambiental

La determinación del tipo de cauce, se hizo a nivel del manantial “El Pescadito” (tabla 2), debido a que en este sitio se esperan los mayores disturbios morfológicos en el Río Cupatitzio, dentro de lo que en la zonificación de la propuesta de plan de manejo del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”, se considera como área de río. En este sitio se encuentran las obras de aprovechamiento del Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Uruapan (CAPASU).

Los cauces de tipo B4, son moderadamente confinados con tasas que oscilan entre 2 y 4 %, en los cuales el drenaje se mueve en forma controlada sobre cauces bien estructurados. El substrato se encuentra morfológicamente dominado por gravas y está caracterizado por series de rápidos con estanques irregularmente espaciados. Los cauces de tipo B4, se consideran como sistemas relativamente estables y no tienen altas tasas de sedimentación. En el caso particular del Manantial “El Pescadito” se encuentran elementos para establecer condiciones de perturbación morfológica, pues la tasa de ancho/profundidad es de 8.94 y para el tipo de cauce esperado, el valor mínimo es de 12; también está alterado el valor de la tasa de confinamiento, que se ubica por debajo del límite, para ríos de tipo B4. Así mismo, el sistema está perdiendo sinuosidad, de un valor mínimo de 1.2, se encontró de 1.16.

La descripción gráfica de la aplicación de la guía de campo propuesta por Rosgen (1996) para la clasificación del cauce se presenta en la figura 1. Se aprecia que la ribera izquierda del sistema está fuertemente perturbada, pues debería conservar la morfología de la ribera derecha. La apreciación gráfica de la morfología en sentido transversal permite reconocer que el sistema está cambiando de un tipo “B” (el esperado por la posición topográfica del río) a uno de tipo “C”. Estas alteraciones parecen ser el resultado de la invasión del área de inundación con las siguientes obras: Introducción de vegetación no nativa en la zona de vegetación riparia; construcción de caminos y puentes dentro de esta zona y de manera relevante, la construcción de obras de derivación. Lo que en su conjunto ha provocado que el sistema pierda sinuosidad, con la consecuente tendencia a la canalización, lo que altera la fuerzas de disipación de la energía de la corriente y con ello, las respuestas de disminución del confinamiento y de la tasa ancho/profundidad

El substrato del río “Cupatitzio” está constituido por materiales de origen clástico, en los cuales la categoría más abundante es la correspondiente a guijarros grandes (128 – 256 mm); sin embargo el diámetro promedio ( $D_{50}$ ), se encuentra acumulado en la categoría de grava muy gruesa (32 – 64 mm), lo que significa que este es el tamaño dominante en las partículas del fondo del arroyo (Fig. 2). Estos resultados corresponden con los materiales del

substrato esperado, pues en los ríos de tipo “B4” el material dominante son las arenas, debido a que derivan de rocas resistentes o de depósitos aluviales, como consecuencia de la dinámica que provoca el poder de la corriente en la parte media de las montañas. Estos son materiales relativamente estables con poca sedimentación de partículas finas.

Con respecto a la descripción visual de la calidad del ambiente, se emplearon los criterios para gradiente alto, debido a que el sistema se encuentra localizado en una zona de pendiente moderada a alta, los valores la calificación se muestran en la tabla 3.

La aplicación del índice de calidad ambiental visual, dio como resultado una calificación de 166 puntos, lo cual ubica al sistema dentro de la categoría óptima en su calidad visual. Los resultados del índice usado muestran el efecto de las modificaciones morfológicas descritas, pues la variable que mide las alteraciones del canal, únicamente tiene 4 puntos de 20 esperados, que se halla en la categoría más baja de valoración. Así mismo, aunque en la calificación del embibimiento se obtuvieron valores óptimos, se empieza a manifestar la acumulación de sedimentos finos, como resultado de las alteraciones en el cauce, particularmente por las obras de derivación construidas dentro del canal.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos (tabla 4), muestran que en el sitio “El Capulín” se tiene evidencia de alteraciones fisicoquímicas que pueden ser tipificadas como de sitios fuertemente

degradados, particularmente con las concentraciones de nutrimentos que se registran. Este punto de muestreo pertenece a la parte alta del sistema del río “Cupatitzio” y su cauce puede conducir aguas hasta el área de río del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”; Sin embargo, estos efectos no se aprecian en nacimiento del río en el manantial de “La Rodilla del Diablo”.

Este manantial es de tipo recreo, es decir que de manera inmediata la emergencia forma un río. Se encuentra alimentado por freáticos con origen volcánico, constituidos de materiales clásticos, que hacen posible que el intercambio catiónico del subsuelo esté amortiguando los efectos de la contaminación orgánica detectada en la cabecera del sistema, lo que provoca que el recreo no se encuentre todavía afectado.

El análisis de agrupamiento basado en la calidad del agua (figura 3), muestra la formación de dos grupos claramente separados, uno constituido por el sitio de mayor degradación, mientras que los sitios seleccionados dentro del área de río del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”, constituyen un sólido grupo, en el que aumenta la similaridad de los sitios en el sentido del nacimiento del río, en el manantial “La Rodilla del Diablo”, hacia la salida del Parque. Es notable que aguas abajo, el río aumente la calidad de sus aguas, lo que es consecuencia del alto poder de depuración que le confiere la estructura del substrato e intercambio de oxígeno con la atmósfera por el efecto de la

consistencia y estabilidad de los rabiones dentro del canal.

El análisis de ordenación por componentes principales, empleando el paquete JMP 3.2.2 (SAS 1989-1997), permite reconocer que el agrupamiento de los sitios, se explica en un 96.56 % de la varianza por un eje, en el que los valores del pH, el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno, son los que definen el gradiente observado en el análisis de agrupamiento. De acuerdo a los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se puede reconocer que por su calidad, el agua del río Cupatitzio, dentro del área del Parque Nacional, cumple con los criterios ecológicos de CA-CAA-001/89 (SEDUE 1989) y de la NOM-127-SSA1-1994, para ser considerada como fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano (Diario Oficial de la Federación 2000). No así, las aguas de la parte alta de los tributarios del río dentro de la zona urbana.

### **Diversidad biológica e integridad biótica**

Debido a que en el sitio “El Capulín”, no se encontraron macroinvertebrados acuáticos, los análisis biológicos se centran en los sitios, “La Rodilla del Diablo” y “El Pescadito”, dentro del área de río del Parque Nacional. De la revisión de las muestras se obtuvieron un total de 2575 individuos que pertenecen a 47 familias, distribuidas en nueve órdenes, cuatro clases y tres phylla. Los análisis de la estructura de las asociaciones permiten reconocer que los insectos aportan el 88 % de la riqueza, concentrándose el 58 % en los órdenes

Trichoptera y Diptera. Con respecto a la abundancia, se encontró que las familias Chironomidae (47.06 %), Leptophlebiae (9.94 %) y Calopterygidae (9.55 %), son las que aportan los valores más altos; en conjunto reúnen el 66.55 % de la abundancia total.

Los análisis de diversidad permitieron reconocer a los sitios como diversos con valores en el Índice de Shannon y Weiner de 3.40 el manantial de la Rodilla del Diablo y de 2.72 para el manantial el Pescadito, con una riqueza de 37 y 40 familias respectivamente. Conforme a la calificación de Wilhm y Dorris (1966 en Dall 1995), la Rodilla del Diablo es un sitio de aguas limpias, mientras que el manantial el Pescadito, corresponde a un sitio de aguas ligeramente contaminadas. Estos valores de diversidad resultan por el efecto de la familia Chironomidae, que domina las relaciones sinérgicas debido a que tiene el 40.96 % de la abundancia en la Rodilla del Diablo, lo que hace que la equitatividad disminuya a 0.65; mientras que en El Pescadito, esta misma familia reúne el 52.98 % de la abundancia, provocando que la equitatividad sea de 0.51. Sin embargo estos resultados y la correspondencia del índice de diversidad con la calidad del agua, no muestran relación con los análisis de la calidad ambiental del río Cupatitzio, ni con el comportamiento de la calidad del agua, por lo que se calcularon los índices de integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos y el biológico global normalizado, obteniendo los resultados que se

muestran en la tabla 5. Los valores y categorías de los índices bióticos, expresan de manera congruente, las condiciones excelentes de la calidad del agua y óptimas de la calidad ambiental.

De estos análisis se concluye que el río Cupatitzio, es un ecosistema acuático con excelente integridad biótica, lo que significa que a pesar de las alteraciones que se han detectado en los análisis del ambiente, todavía no se ha impactado a la biota. Estos valores están reforzados por el análisis de estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados, en los cuales se puede apreciar que los organismos de hábitos colectores-filtradores, sólo representan el 10 % en el manantial El Pescadito y el 11 % el la Rodilla del Diablo. En tanto que la mayor riqueza y abundancia se agrupan en los organismos de hábitos depredadores, cortadores y raspadores. La estructura trófica encontrada corresponde con el modelo teórico del Continuum de los ríos, propuesto por Vannote et al. (1980), a la distribución de los gremios en las zonas de cabecera de los ríos.

## CONCLUSIÓN

En el área de río, el sistema mantiene su morfología natural, además conserva condiciones ambientales óptimas. Es un cuerpo de agua que cumple con los criterios ecológicos de CNA como fuente de abastecimiento para agua potable y con la NOM-127-SSA1-1994, para salud ambiental, agua para uso y consumo humano. En la cuenca alta las condiciones anteriores no se cumplen.

El río “Cupatitzio” es un sistema resiliente en el que la calidad del agua y la calidad ambiental, sostienen íntegra a la comunidad de macroinvertebrados.

Con base en estos resultados de la morfología y calidad ambiental visual del sistema, se puede sugerir que para su conservación, no se continúe con obras dentro del canal activo, ni en el área de inundación. Así mismo se implementen estrategias de rehabilitación de las riberas con la siembra de tapetes de herbáceas acuáticas, tales como *Carex* y *Juncus*, para disminuir los efectos que la sedimentación está provocando por el ingreso de partículas finas, que se manifiestan en las alteraciones de embebimiento, con tendencia a la pérdida de calidad.

## REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF. 1995. **Methods for the Examination of Water.** 19<sup>TH</sup> edition. American Public Health Association (APHA), American Methods Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). USA.
- Association Francaise de Normalisation (AFNOR) T 95 F. 2003. **NORME INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISE (I.B.G.N.).** Projet de Norme IBGN. Mars 2003.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Zinder y J. B. Stribling. 1999. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton,**

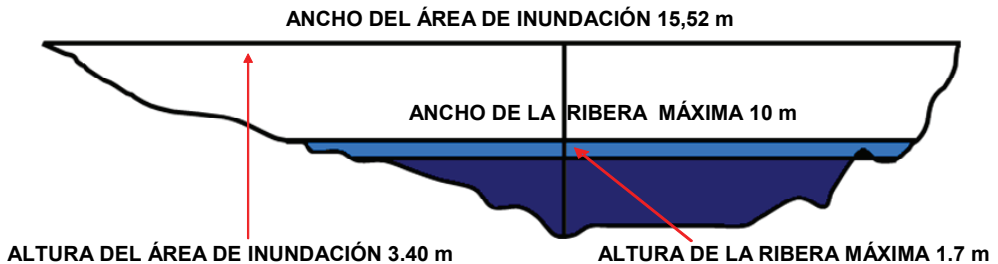


- Benthic Macroinvertebrates and Fish.** Second Edition. EPA 841 –B41-99-002. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C.
- Bunte, K y S. R. Abt. 2001. **Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring.** General Technical Report RMRS-GTR-74. Forest Service. Rocky Mountain Research Station. United States Department of Agriculture.
- Dall, P.C. 1995. **Commonly used methods for assessment of water quality.** En **Biological Assessment of stream water quality.** Toman, M.J. y F. Steinman (eds.) Special Issue TEMPUSS\_JEP4724. University of Ljubljana: 49-70.
- Diario Oficial de la Federación (2000). **Modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.**
- Karr, J. R. 1981. **Assessment of Biotic Integrity using Fish Communities.** *Fisheries.* 6 (6): 21-27.
- Karr, J. R. 1987. **Biological Monitoring and Environmental Assessment: a Conceptual Framework.** *Environmental Management* 11(2): 249-256.
- Kovach Computing Services. 1998. **Multivariate Statistical Package (MVSP) v. 3.01.**
- Pérez-Munguía, R.M. y R. Pineda-López. 2005. **Diseño de un Índice de Integridad Biótica, para ríos y arroyos del Centro de México, usando las asociaciones de Macroinvertebrados.** *Entomología Mexicana* 2005. 4: 241-245
- Rosgen, D. 1985. **A Stream Classification System.** En *Riparian Ecosystems and their Management.* First North American Conference. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, RM-120:91-95.
- Rosgen, D. 1996. **Applied River Morphology.** Wildland Hydrology. USA.
- SAS Institute 1989-1997. **JMP v. 3.2.2.**
- SEDUE. 1989. **Acuerdo en el que se establecen los criterios ecológicos de la calidad del agua, CE-CCA-001/89.**
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell y C. E. Cushing. 1980. **The River Continuum Concept.** *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137

## Monitoreo ambiental del río “Cupatitzio”...

**Tabla 1. Sitios de referencia para el muestreo.**

SITIO	COORDENADAS	OBSERVACIONES
El capulín	19°26'08.43" N y 102° 04' 45.44" O	Es un cauce tributario del río Cupatitzio, localizado en la parte alta de la microcuenca. Recibe las descargas de aguas residuales del Noroeste de la Ciudad de Uruapan.
La Rodilla del Diablo	19° 25' 48.3" N y 102° 04' 30" O	Nacimiento del río Cupatitzio. Se encuentra dentro del Parque Nacional “Barranca del Cupatitzio”.
El Pescadito	19° 26' 46.2" N y 102° 04' 28.6"	Es un manantial dentro del cauce del río Cupatitzio, donde se encuentran las instalaciones de CAPASU.
La Camelina	19° 24' 30.7" N y 102° 04' 11.30"	Es el punto del cauce del río Cupatitzio, localizado en la salida del Parque Nacional.



**TASA DE CONFINAMIENTO 1.54**

**TASA ANCHO/PROFUNDIDAD 8.94**

**PENDIENTE 0.01**

**SINUOSIDAD 1.16**

**SUBSTRATO MÁS FRECUENTE (D50) GRAVA MUY GRUESA 32–64 mm**

**Figura 1. Corte transversal de la sección de rabión en el manantial “El Pescadito” dentro del cauce del Río “Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán (en rojo se denotan los valores morfológicos afectados)**

Tabla 2. Ficha de Diagnóstico del manantial “El Pescadito”

<b>Nombre del Arroyo:</b> Manantial “El Pescadito”	
<b>Cuenca :</b> Balsas-Tepalcatepec	<b>Microcuenca:</b> Cupatitzio
<b>Localidad:</b> Uruapan Mpio. Uruapan, Michoacán	
<b>Latitud:</b> 19° 26' 46.2” N. <b>Longitud:</b> 102° 04' 28.6” O. <b>Altitud:</b> 1610 msnm	
<b>Orden:</b> 1° <b>Sección:</b> Rabión-estanque	
<b>Ancho de la Máxima Ribera (AMR)</b>	10.02 m.
<b>Profundidad Media</b>	1.12 m
<b>Tasa ancho/profundidad</b>	8.94**
<b>Profundidad máxima</b>	1.40 m
<b>Ancho del área de inundación (AAI)</b>	15.52 m
<b>Tasa de confinamiento</b>	1.54**
<b>Diámetro promedio de las partículas del sedimento (D<sub>50</sub>)</b>	Grava muy gruesa (32 a 64 mm)
<b>Pendiente</b>	0.01
<b>Sinuosidad</b>	1.16**
<b>Tipo de corriente:</b> <u>B4c</u>	

\*\* Valores morfológicos afectados

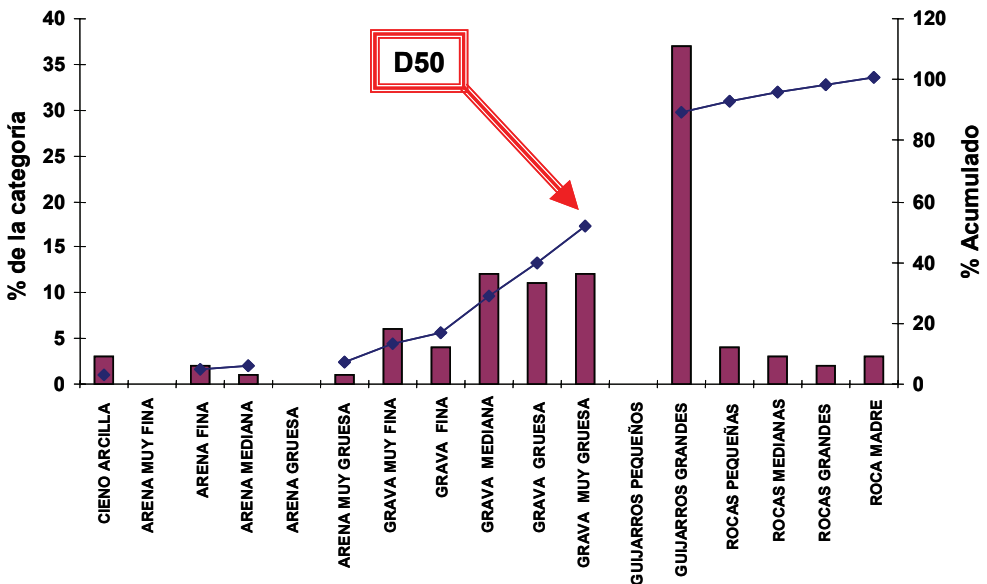


Figura 2. Substratos de la sección de rabión en en el manantial “El Pescadito” dentro del cauce del río “Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán, se indica a las gravas muy gruesas como el valor D<sub>50</sub> .

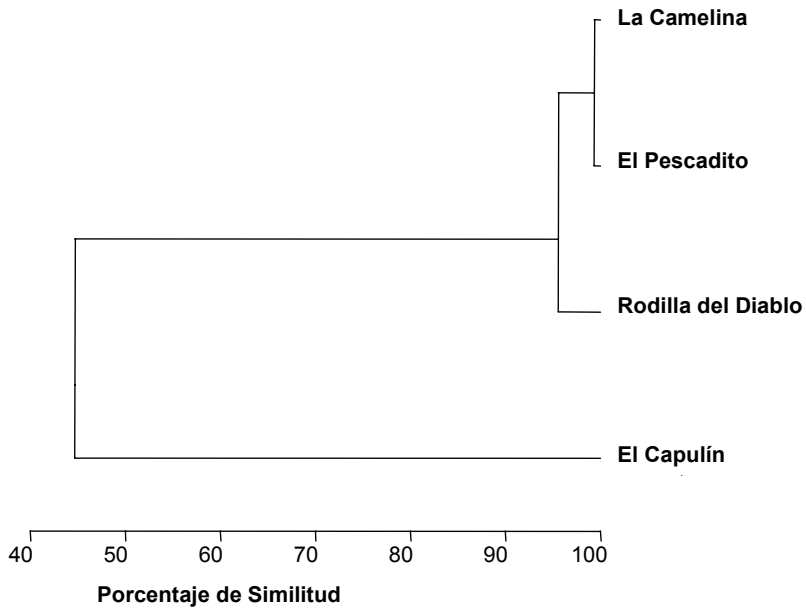
## Monitoreo ambiental del río “Cupatitzio”...

**Tabla 3. Calificaciones de la calidad visual del manantial “El Pescadito” dentro del cauce del río “Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán.**

Criterio	Calificación
Substrato disponible para la epifauna	20
Embebimiento	17
Patrones de velocidad/profundidad	20
Gradiente de sedimentación	17
Status del flujo	20
Alteraciones del canal	4*
Frecuencia de rabiones	20
Estabilidad de las riberas	9 + 9
Protección Vegetal de las Riberas	9 + 9
Ancho de la zona de vegetación riparia	9 + 3*
Calificación	<b>166</b>
<b>Categoría de la calidad visual del ambiente</b>	<b>ÓPTIMA</b>

**Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del sistema lótico dentro de la microcuenca del Río “Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán.**

SITIO	El Capulín	Rodilla del Diabolo	El Pescadito	La Camelina
Color del Agua	Blanco	Incolora	Incolora	Incolora
Temperatura (C°)	17.3	15.93	15.93	15.93
Conductividad eléctrica (µS/cm)	854.9	122.9	123.5	123.5
pH	5.63	6.54	7.08	7.08
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2.37	6.3	6.58	7.02
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	210	1.2	2	1.2
Saturación de Oxígeno (%)	33.4	88.1	92	94
Salinidad (mg/L)	0.44	0.05	0.05	0.05
Turbidez (UTN)	0	0	0	0
Clorofila (µg/L)	0	0	0	0
Potencial REDOX (mV)	199	167	123	123
Amonio (NH <sub>3</sub> -N)(mg/l-N)	53.65	0.71	0.7	0.7
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) (mg/L)	98.9	3.33	2.78	2.78
Nitritos (NO <sub>2</sub> - N)(mg/L)	0.24	0.0048	0.08	0.056
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	0.5472	0.0786	0.0789	0.0789
Cloruros (mg/L)	24.81	17.725	17.725	17.725
Fósforo Reactivo (como Fósforo elemental) (mg/L)	5.34	0.072	0.082	0.069
Fósforo Total (como PO <sub>4</sub> -P) (mg/L)	65.555	2.061	2.0833	1.9663
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> ) (mg/L)	220	190	188	192



**Figura 3.** Agrupamiento de los sitios de muestreo basado en los parámetros fisicoquímicos. Se emplea el método UPGMA para el agrupamiento.

**Tabla 5.** Resumen de los valores en los Índices de Integridad Biótica y Biológico Global Normalizado

ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA CON BASE EN LAS ASOCIACIONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (IIBAMA)				
VARIABLE DE RESPUESTA AL AMBIENTE	EL PESCADITO		RODILLA DEL DIABLO	
	PUNTOS	CALIFICACIÓN	PUNTOS	CALIFICACIÓN
RIQUEZA DE TAXA	28	3	35	4
RIQUEZA DE EPHEMEROPTERA PLECOPTERA TRICOPTERA	12	4	13	4
RIQUEZA DE INSECTOS INTOLERANTES	21	4	24	4
NÚMERO DE TAXA INTOLERANTES	22	4	25	4
VALOR DE TOLERANCIA MEDIA	4.41	4	4.2	4
NÚMERO DE TAXA FIJOS	20	4	22	4
<b>ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA</b>	<b>23</b>	<b>EXCELENTE</b>	<b>24</b>	<b>EXCELENTE</b>
ÍNDICE BIOLÓGICO GLOBAL NORMALIZADO (IBGN)				
VARIABLES IBGN	EL PESCADITO		RODILLA DEL DIABLO	
NÚMERO DE TAXA	$\Sigma t = 23$		$\Sigma t = 22$	
CATEGORÍA DE VARIEDAD	7		7	
GRUPO FAUNÍSTICO INDICADOR	GI = 7		GI = 7	
<b>IBGN</b>	<b>13</b>		<b>13</b>	
<b>CATEGORÍA IBGN</b>	<b>BUENO</b>		<b>BUENO</b>	