



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE BIOLOGÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Evaluación del potencial de contaminantes en el agua de la
presa Cointzio por efecto de nutrientes de fuentes de
contaminación puntuales y difusas”**

TESIS

para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

presenta:
Juan Salvador Alatorre Cázares
Ingeniero Civil

Director de Tesis:
Dr. Jesús Alberto Rodríguez Castro

Co-Director de Tesis
Dr. Roberto García Acevedo

Morelia, Michoacán a enero del 2020

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por hacer posible mi formación como profesional, así como al Dr. Jesús Alberto Rodríguez Castro por su asesoría y apoyo en este trabajo que hoy culmina. A su vez también al Dr. Roberto García Acevedo, al M. en C. Ricardo Ruiz Chávez y al Dr. Ezequiel García Rodríguez quienes en todo momento me apoyaron y orientaron.

Este trabajo lo dedico a mis padres, que sin ellos no estuviese aquí, les agradezco por darme la vida, su apoyo incondicional y amor. Al igual a mis hermanas Silvia Cristina (Q.E.P.D) y Julieta Aidee por acompañarme en este camino maravilloso que se llama vida.

Y un agradecimiento especial a mi esposa Nadia y mi hijo Cristian Salvador, por su paciencia, comprensión y amor.

A todos gracias por su apoyo y que Dios los bendiga.

Índice

Agradecimientos	ii
Índice	iii
Índice de Ilustraciones	v
Índice de Figuras	v
Índice de Tablas.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
1. Introducción	1
2. Marco Teórico.	3
2.1. Contaminación del Agua.	3
2.1.1. Contaminación del Agua Superficial.	3
2.2. Causas de contaminación de embalses.....	5
2.2.1. Erosión.....	5
2.2.2. Sedimentación.....	5
2.3. Consecuencias de contaminación de embalses.	6
2.3.1. Eutrofización.	6
2.4. Las Mejores Prácticas de Manejo.....	7
2.5. Lirio Acuático: <i>Crassipes Eichhornia</i>	8
2.5.1. Datos Generales	8
2.5.2. Caracterización.....	8
2.5.3. Nutrientes que hacen proliferar el lirio acuático	9
2.5.4. Causas de origen de la proliferación del lirio.	11
2.5.5. Consecuencias de la proliferación del lirio en presas.	11
2.5.6. Propuestas para la disminución del Lirio Acuático.	13
2.6. Modelación de Contaminantes por medio de GWLF-E.....	14
2.6.1. Formulación General del Modelo.	14
2.6.2. Funcionamiento del Modelo.....	15
2.6.3. Información Requerida.....	16
3. Antecedentes.	19
4. Justificación	23
5. Objetivo.....	25

6.	Hipótesis.....	26
7.	Metodología de la Investigación	27
7.1.	Preliminares	27
7.1.1.	Localización y clima	27
7.2.	Recopilación de datos de estudios anteriores	29
7.3.	Generación de datos.	29
7.4.	Reconocimiento del área de estudio en campo.....	30
7.5.	Identificación y Selección de fuentes puntuales y difusas.....	31
7.6.	Caracterización de fuentes de contaminación puntuales y difusas seleccionadas.....	32
7.6.1.	Muestreo.....	32
7.6.2.	Parámetros de campo.....	33
7.6.3.	Análisis de la calidad del agua.....	34
7.7.	Aplicación del modelo de simulación.....	39
7.7.1.	Sistema de Información Geográfica (SIG).	39
7.7.2.	Modelación con GWLF-E.....	43
8.	Análisis de los Resultados.	48
8.1.	Análisis de los resultados de los muestreos.....	48
8.1.1.	Comparativa de resultados del muestreo con la NOM-001-SEMARNANAT-1996.....	48
8.1.2.	Nitrógeno y Fósforo.	52
8.1.3.	Sólidos Orgánicos.....	54
8.2.	Análisis de los resultados de la modelación en GWLF-E.....	58
8.2.1.	Precipitación.....	59
8.2.2.	Sedimentos.....	60
8.2.3.	Erosión.....	61
8.2.4.	Nutrientes.....	62
8.2.4.2.	Fósforo.....	63
9.	Conclusiones.....	64
9.1.	Conclusiones de los muestreos.....	64
9.2.	Conclusiones de la modelación.....	64
9.3.	Sugerencias para el problema.....	65
9.4.	Recomendaciones para trabajos posteriores.....	65
10.	Referencias.....	67
11.	Anexo 1. Resultados del primer muestreo para periodo de estiaje.....	69

12. Anexo 2. Resultados del segundo muestreo para periodo de lluvias.....	84
---	----

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Limpieza mecánica de lirio en la presa de Cointzio. (Bocanegra, 2018)	2
Ilustración 2. Identificación de una fuente de contaminación de agua puntual.	4
Ilustración 3. Saturación de lirio acuático en la obra de toma de la presa de Cointzio.....	12
Ilustración 4. Fotografía de la presa de Cointzio.....	27
Ilustración 5. Vista de la presa de Cointzio desde la comunidad de Uruapilla.	30
Ilustración 6. Obtención de muestra en el sitio 5.	33
Ilustración 7. Obtención de los parámetros de campo.....	34
Ilustración 8. Primer muestreo, correspondiente a la temporada de estiaje.....	35
Ilustración 9. Segundo muestro, correspondiente a la temporada de lluvias.	35
Ilustración 11. Modelo Digital de Elevaciones.	39
Ilustración 12. Carta de Uso de suelo.	40
Ilustración 13. Carta Edafológica.....	40
Ilustración 14. Carta Topográfica 1:50,000	41
Ilustración 15. Red de drenajes de la cuenca de Cointzio.....	41
Ilustración 16. División municipal dentro de la cuenca de Cointzio.	42
Ilustración 17. Ventana de ingreso de capas en GWLF-E.....	43
Ilustración 18. Parámetros de entrada para correr el modelo den GWLF-E.....	45
Ilustración 19. Ventana del modelo de simulación GWLF-E.	46
Ilustración 20. Ventana para la visualización de archivos de salida.....	47
Ilustración 21. Acercamiento al vaso de la presa de Cointzio y comunidades aledañas.	54
Ilustración 22. Resumen de los resultados de erosión, sedimentos y nutrientes en GWLF-E.....	58
Ilustración 23. Resumen de los resultados de precipitación y evapotranspiración en GWLF-E.	59

Índice de Figuras

Figura 1. Macrolocalización de la presa Cointzio en el Franja Volcánica Transmexicana.....	28
Figura 2. División municipal dentro de la cuenca de la presa de Cointzio.....	28
Figura 3. Delimitación de la cuenca de la presa de Cointzio y ubicación de zonas de muestreos.....	32
Figura 4. Nutrientes en las dos épocas de muestreo.....	52
Figura 5. Solidos Totales Volátiles.....	55
Figura 6. Solidos Sedimentables.....	56
Figura 7. Demanda Bioquímica de Oxígeno.	57
Figura 8. Gráfica de los resultados de precipitación y evapotranspiración del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.	60
Figura 9. Gráfica de los resultados de sedimentación del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio. .	61
Figura 10. Gráfica de los resultados de erosión del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.	61
Figura 11. Gráfica de los resultados de nitrógeno del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.	62
Figura 12. Gráfica de los resultados de fósforo del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.....	63

Tabla 2. Resultados del primer muestreo correspondiente al periodo de estiaje.

Tabla 1. Descripción general de las capas de datos GIS utilizadas en MapShed.	16
Tabla 2. Resultados del primer muestreo correspondiente al periodo de estiaje.....	37
Tabla 3. Resultados del segundo muestreo.	38
Tabla 4. Comparativo de resultados de época de estiaje con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos y uso en riego agrícola.	48
Tabla 5. Comparativo de resultados de época de lluvias con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos y uso en riego agrícola.	49
Tabla 6. Comparativo de resultados de época de estiaje con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática.	50
Tabla 7. Comparativo de resultados de época de lluvias con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática.	51

Resumen

La presa Cointzio localizada al sur de la Ciudad de Morelia, constituye una fuente de abastecimiento de agua potable muy importante para 47 colonias de la ciudad. Asimismo, es la fuente principal de agua para el distrito de riego número 20 ubicado en el Valle Morelia-Queréndaro, el cual genera productos agrícolas que son consumidos, principalmente en la Ciudad.

Debido al crecimiento demográfico y a las actividades agrícolas y pecuarias en la cuenca de aportación de la presa, la generación y arrastre de sedimentos y materia contaminante por fuentes puntuales y difusas se ha incrementado notablemente.

Aunque se han llevado a cabo varias investigaciones enfocadas a caracterizar el entorno físico y biológico de la cuenca y cuantificar el deterioro de la cobertura vegetal y del suelo, a la fecha no se han hecho intentos por investigar el potencial de generación de contaminación, causada por los diferentes usos del suelo y los asentamientos urbanos y rurales en los ocho municipios que abarca la cuenca.

La presente propuesta está encaminada a cuantificar a través de información existente, observaciones de campo, muestras, análisis de calidad del agua y de simulaciones numéricas, con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica, el potencial de contaminación de la presa Cointzio por fuentes de origen puntual y dispersas.

Palabras Clave:

/ Eutrofización / Nutrientes / Contaminación Difusa / Eichhornia Crassipes / Presa de Cointzio /

Abstract

The Cointzio Reservoir, located in the southern part of the City of Morelia is a very important source of drinking water for the 47 neighborhoods of the city. It is also the main source of water for the of irrigation district number 20 located in the Morelia-Queréndaro Valley, which generates agricultural products consumed mainly in the City.

Due to the demographic growth and agricultural and livestock activities in the reservoir basin, the generation and transport of sediments as well as polluting matter discharges by point and diffuse sources have increased remarkably.

Although several investigations have been carried out, most of them focus on characterizing the physical and biological environment of the basin and on quantifying the deterioration of vegetation and soil cover, to date no attempts have been made to investigate the potential for pollution generation caused by the different land uses and the urban and rural settlements in the eight municipalities that the basin covers, totally or partially.

The present work is aimed at quantifying through existing information, field observations and numerical simulations, with the support of a Geographical Information System, the contamination potential of the Cointzio reservoir by sources of punctual origin and scattered.

Keywords:

/ Eutrophication / Nutrients / Diffuse Pollution / Eichhornia Crassipes / Cointzio Dam /

1. Introducción

En los últimos 100 años la presión sobre los recursos hídricos ha aumentado considerablemente, la mayoría de los lagos, ríos y embalses sufren el aporte de sedimentos y nutrientes como nitrógeno y fósforo. En nuestro país existe una falta crónica de recursos financieros para el establecimiento de programas de control a largo plazo.

La disponibilidad inadecuada de desechos domésticos, aguas residuales no tratadas y el aumento de las cargas de nutrientes de origen domestico son problemas típicos de los países en desarrollo y los países recientemente industrializados. (Kim Doan, Némery , Schmid, & Gratiot, 2015)

En general en los países subdesarrollados, los niveles de cobertura del sistema de alcantarillado son bajos por lo que el problema de la contaminación de agua se vuelve no puntual. En las zonas rurales las casas no tienen drenaje y las excretas se depositan en letrinas o sistemas sépticos, por lo que aumenta el riesgo de contaminación del agua del subsuelo y superficial.

A pesar de que existe la tecnología de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional, es preocupante que las contribuciones totales de cargas de nitrógeno y fósforo total de áreas urbanas, suburbanas y rurales, no se han podido reducir.

Los resultados más elevados de cargas de nitrógeno total provienen de zonas agrícolas entre zonas de riego y temporal a nivel de microcuencia. Existen importantes diferencias fisiográficas como pendientes y cultivos que deben ser tomados en cuenta para reducir la contribución de nutrientes. (Mijares Carro, Gonzalez, Bravo Inclan , Alba Uriostegui , & M. Evans, 2015)

Debido a las altas concentraciones de nutrientes el Lirio Acuático (Eichhornia Crassipes) prolifera de manera explosiva en la mayoría de los embalses del país, afectando severamente la calidad del agua y repercutiendo en altos costos para su tratamiento.

En la actualidad a la Comisión Nacional del Agua le cuesta aproximadamente 10 millones de pesos anuales realizar un tratamiento correctivo en la presa de Cointzio, que consiste en la limpieza mecánica por medio de barcazas. Lo cual no da solución a la proliferación del lirio, ya que esta labor se debe de realizar año con año. Se ha sugerido aplicar herbicidas, pero lo cual empeoraría la situación, ya que el agua no se podría utilizar. (Bocanegra, 2018)



Ilustración 1. Limpieza mecánica de lirio en la presa de Cointzio. (Bocanegra, 2018)

En el presente trabajo se muestreo y posteriormente se modeló el comportamiento de los nutrientes a lo largo de las estaciones y en interacción con el lirio acuático, a fin de dar propuestas y soluciones para erradicar el lirio acuático por medio de un tratamiento preventivo.

2. Marco Teórico.

A continuación, se describen los contaminantes en forma de nutrientes que hacen proliferar al lirio acuático en distintos tipos de embalses, lagos y ríos. Además, se definen las fuentes principales de dichos contaminantes. Con esta información fehaciente, que se ha presentado en estudios de otros cuerpos de agua del mundo e incluso en nuestro país, podemos suponer que el lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) en combinación con el producto de las fuentes puntuales y difusas, prolifera debido al aporte de los nutrientes: fósforo y nitrógeno.

2.1. Contaminación del Agua.

La contaminación del agua se puede clasificar por las fuentes principales que la producen que son la puntual y la difusa. Además de lo anterior también tiene otra clasificación importante, la cual es cuando se trata de agua superficial o subterránea.

2.1.1. Contaminación del Agua Superficial.

La contaminación del agua superficial se debe principalmente al vertido de sustancias en cualquier lugar de la cuenca. Principalmente por el agua de lluvias son arrastrados a través de los drenajes naturales y artificiales de la cuenca (ríos y arroyos) van a dar a distintos tipos de cuerpos de agua receptores, como presas, lagos y lagunas.

2.1.1.1. Contaminación por Fuentes Puntuales

La contaminación puntual se caracteriza por que tiene una fácil identificación, ya que su zona de descarga es permanente. Por lo que es fácil monitorearlas y vigilarlas para que cumplan con la legislación de límites máximos permisibles de descargas.

Principalmente en grandes centros urbanos es donde se ubica este tipo de fuentes, las componen los residuos de aguas municipales e industriales.



Ilustración 2. Identificación de una fuente de contaminación de agua puntual.

2.1.1.2. Contaminación por Fuentes Difusas

En la contaminación difusa la evaluación y el control son difíciles y complejos. De manera práctica no es posible regular las emisiones de fuentes de contaminación difusa, por lo que se hace indirectamente, por medio de la implementación de estrategias preventivas orientadas al saneamiento de la cuenca.

La lluvia es el "vehículo" para el transporte de contaminantes de fuentes no puntuales. Está provoca el escurrimiento y por procesos erosivos arrastra grandes cantidades de sedimentos y contaminantes, que desembocan en cuerpos de agua superficiales. Las fuentes que la producen son: aceite y desechos de vehículos en vialidades urbanas, productos agroquímicos de zonas agrícolas, excremento de actividades pecuarias, lavado de zonas de actividades mineras y materiales tóxicos de áreas urbanas y suburbanas. (Bravo-Inclan, Saldaña-Fabela, Izurieta Dávila, & Mijangos Carro, 2013)

2.2. Causas de contaminación de embalses.

Las principales causas de contaminación en una presa son: eutrofización, erosión y sedimentación. En este subcapítulo se definen cada uno.

2.2.1. Erosión.

La erosión superficial es la separación y transporte de los materiales por el escurrimiento superficial del agua y su posterior sedimentación. Erosión por salpicadura (golpeteo de gotas de lluvia) y por escurrimiento.

Según la distribución espacial del escurrimiento superficial y de su energía, se diferencian distintas formas de erosión:

- Laminar. Capas de separar materiales en forma de capas.
- Digital. El escurrimiento superficial puede aumentar su caudal, su velocidad y su energía, siendo capaz de formar surcos pequeños (menores a 20-30cm de profundidad).
- Cárcavas. Cuando el escurrimiento superficial es grande, la alta energía erosiva se concentra y forma surcos grandes (de 1m de profundo) o cárcavas.

2.2.2. Sedimentación.

El transporte de los metales pesados en sistemas hidrológicos, es principalmente controlado por procesos de transformación física, química y biológica de los compuestos que estos elementos forman. Las reacciones ocurren muchas veces en forma simultánea e incluyen: intercambio iónico, adsorción-desorción, formación de complejos, coagulación, biodegradación, precipitación-disolución, oxidación-reducción y fotólisis e hidrólisis.

Estas reacciones ilustran la complejidad de las transformaciones de los contaminantes en el ambiente natural donde los sedimentos juegan un papel muy importante en el transporte de sustancias tóxicas de naturaleza tanto orgánica como inorgánica. La

mayoría de los contaminantes (metales, pesticidas e hidrocarburos) en sistemas acuáticos naturales, muestran una alta afinidad a la materia particulada y, consecuentemente, se encuentran enriquecidos en los sedimentos (Hansen, Zavala, & Bravo, 1995).

2.3. Consecuencias de contaminación de embalses.

2.3.1. Eutrofización.

En general, la eutrofización es un tipo de deterioro de la calidad del agua causado por concentraciones excesivas de nutrientes (nitrógeno y fósforo) (Kim Doan, Némery , Schmid, & Gratiot, 2015).

Los embalses son altamente dependientes de todo lo que ocurre en su entorno. Todas las actividades que se realicen por la población dentro de la cuenca son consecuencias de las características de la cuenca de drenaje.

Por lo que la eutrofización de los embalses constituye un serio problema ambiental debido al uso múltiple del agua.

El estado trófico de un embalse está en función de la carga de nutrientes que recibe, de su morfometría y del tiempo de residencia del agua en el mismo (Betancourt, Suárez, & Toledo , 2009).

El exceso de eutrofización provoca el agotamiento del oxígeno, afectando así la vida acuática del embalse o cuerpo de agua afectado (De Anda & Maniak, 2007).

Las posibles causas de eutrofización, son: aguas residuales domésticas sin tratamiento previo, aguas provenientes de actividad pecuaria, actividad agrícola, erosión del suelo producto de las lluvias, entre otras. También se puede obtener la relación existente entre la eutrofización, las características morfométricas de la cuenca (área, longitud, ancho, perímetro de la ladera) y la carga de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que recibe el embalse (Bustamante, Lopez, & Bonetto , 2007)

2.4. Las Mejores Prácticas de Manejo.

Las Mejores Prácticas de Manejo (BMP por sus siglas en inglés) son un conjunto de métodos que su objetivo es ayudar al diseño de bienes inmuebles en su diseño, para que funcionen como bosques inalterados o praderas naturales. Por lo que el agua de la cuenca permanece inalterada porque el suelo y sus plantas interactúan como un sistema natural de purificación.

Estos métodos imitan las condiciones naturales, ya que a través de la filtración de agua del escurrimiento de los techos y pavimentos al interior del suelo en vez de dejarlo escapar de la propiedad (Cobourn, 2011).

2.5. Lirio Acuático: *Crassipes Eichhornia*

2.5.1. Datos Generales

Nombre científico o latino: *Eichhornia Crassipes*. Nombre común: lirio acuático o jacinto de agua. Familia: Pontederiaceae (Pontederiáceas). Luz: sol o semisombra. Planta que requiere de iluminación intensa. La temperatura óptima para el desarrollo del lirio acuático se encuentra entre 20 y 30 °C, aunque puede sobrevivir a una temperatura de hasta 10°C. No resiste los inviernos fríos. Puede rebrotar en primavera si se marchita. Necesita agua estancada o con poca corriente e intensa iluminación. El pH óptimo entre 5-7 y el máximo de tolerancia para sanidad es de 800 mg/l (Gopal B., 1981).

2.5.2. Caracterización.

El lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) es una planta perenne, que puede llegar a hasta un metro de altura. Tiene hojas gruesas, céreas, brillantes y redondeadas de hasta 20cm de diámetro, que se elevan arriba de la superficie del agua sobre sus pecíolos. Especie flotante de raíces sumergidas, sin tallo aparente, provisto de un rizoma, particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas de superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la cual puede mantenerse sobre la superficie acuática, hojas sumergidas lineares, y las emergidas, entre convexas y redondeadas, provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación. En verano produce espigas de flores lilas y azuladas que recuerda vagamente a la del jacinto. Las raíces son muy características, negras con extremidades blancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas, multiplicación: mediante división de los rizomas. En verano se produce fácilmente por medio de estolones que produce la planta madre, llegan a formarse verdaderas "islas" de gran porte. Los estolones crecen hasta 30 cm de longitud hasta desarrollar una roseta hija. La intensidad de propagación por este medio puede resultar en la duplicación del área cada 6 a 15 días. Los tallos florecedores, a partir del centro de la roseta, producen una inflorescencia vistosa de flores azul/violeta, las cuales se convierten en cápsulas frutales cada una conteniendo hasta 400 semillas pequeñas,

de larga longevidad. El crecimiento está grandemente influido por los niveles de nutrientes en el agua, especialmente, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. (Nuñez-López R. A., 2004).

2.5.3. Nutrientes que hacen proliferar el lirio acuático

El crecimiento del lirio acuático es favorecido por agua rica en nutrientes, en especial por nitrógeno, fósforo y potasio. Además de estos elementos, toma: calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc.

“Las técnicas primitivas de manejo de granjas, basadas en el desmonte y la combustión de la biomasa restante también causan la entrada de sedimentos y nutrientes en los sistemas tropicales de agua dulce naturales” (Kim Doan, Némery , Schmid, & Gratiot, 2015).

Como regla general, se considera que cuando la relación molar N/P >16, cabe esperarse que el fósforo sea el factor limitante. Cuando N/P=16 ninguno de los nutrientes es limitante; ambos elementos constituyen la proporción atómica en el fitoplancton, y cuando N/P<16, el nutriente limitante debería ser el nitrógeno; es decir, que el nitrógeno es menos abundante que el fósforo con respecto a la demanda metabólica del fitoplancton.

El nutriente que controla la máxima cantidad de biomasa es aquel que se consume primero o que alcanza un mínimo antes que los demás nutrientes en la estequiometría de la reacción.

La perturbación de la vegetación y los suelos por la agricultura lleva a una mayor pérdida de nitrógeno que de fósforo, principalmente debido a que este último es fijado a los suelos por reacciones químicas, siendo los compuestos nitrogenados relativamente solubles y de fácil movilización (Rivas, y otros, 2009)

Para propósitos de balance de nutrientes el nitrógeno, a diferencia del fósforo, adquiere diferentes formas en su ciclo geoquímico, ya que puede haber transferencia de especies de nitrógeno molecular entre los sedimentos y la columna de agua, o bien

entre está y la atmósfera, por lo que su evaluación en términos de balance es compleja (De Anda & Maniak, 2007).

La supervivencia y crecimiento de la planta depende de muchos factores ambientales como el clima y la nutrición, los cuales son limitantes del crecimiento en puntos específicos en el ciclo de vida.

Las formas comunes de fósforo en aguas residuales son ortofosfatos (PO_4), polifosfatos (polímeros de ácido fosfórico) y fosfatos unidos orgánicamente. Los polifosfatos, como el hexa-metafosfato, se hidrolizan gradualmente en agua a la forma orto soluble y la descomposición bacteriana de compuestos orgánicos también libera ortofosfato. Dado que la mayoría de los compuestos presentes en las aguas residuales son solubles, el fósforo se elimina solo de forma moderada mediante sedimentación simple. El tratamiento biológico secundario elimina el fósforo por absorción biológica, sin embargo, en relación con las cantidades de nitrógeno y carbono, la cantidad de fósforo influente es mayor que la necesaria para la síntesis biológica. En consecuencia, el tratamiento convencional elimina solo alrededor del 20 al 40 por ciento del fósforo del influente (Gutiérrez López, Arreguin Cortes, Huerto Delgadillo, & Saldaña Fabela, 1994).

El fósforo biológico es el fósforo incorporado en la biomasa para el crecimiento celular. Los ortofosfatos y polifosfatos son el resultado de la descomposición de la materia orgánica y pueden eliminarse mediante procesos biológicos o químicos. El ortofosfato es la especie de fósforo más abundante y puede eliminarse del agua residual mediante la absorción biológica o la precipitación química. Los polifosfatos son ortofosfatos condensados. Las sales metálicas de aluminio o hierro se usan comúnmente para precipitar fosfatos. La ósmosis inversa y otros procesos de membrana eliminarán físicamente las moléculas orgánicas y las formas químicas del fósforo.

La acción correctiva para la contaminación del fósforo es el tratamiento de las aguas residuales que se descargan directamente en lagos y ríos o arroyos que desembocan en lagos.

2.5.4. Causas de origen de la proliferación del lirio.

El lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) tolera una gran cantidad de intervalos de concentraciones de compuestos orgánicos e inorgánicos. Puede sobrevivir grandes periodos en aguas oligotróficas pero el crecimiento óptimo es en condiciones eutróficas. La calidad del agua es muy importante ya que en concentraciones de sal superiores a 0.06% esta muere después de los 28 días.

Los cambios provocados a las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua debido al aporte incontrolado de las aguas residuales de los núcleos urbanos, agrícolas e industriales y el deterioro de los suelos que componen las cuencas hidrográficas hacen que el lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) tengan un crecimiento excesivo (Gutiérrez López, Arreguin Cortes, Huerto Delgadillo, & Saldaña Fabela, 1994).

Existe una relación directa entre el contenido de nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo, producto de las descargas de agua domésticas, de los ríos y de la lluvia, y la concentración de microalgas (Morillo, Jonte, Ismenia, Angulo, & Lenín, 2010). Lo cual relaciona directamente a la proliferación del lirio.

“Se determinó que el nutriente que más influye en la proliferación de la maleza es el fósforo del que, se estimó, ingresan a los lagos y presas 231,000 ton anualmente originadas por actividades pecuarias, agrícolas, municipales e industriales” (Limon, 1989).

2.5.5. Consecuencias de la proliferación del lirio en presas.

Debido al crecimiento explosivo del lirio dentro de una presa genera problemas como el deterioro de la calidad del agua, dificultad en los medios de transporte de bienes y personal dentro del embalse, deposición de sedimentos en la cortina de la presa, obstrucción y mal funcionamiento de la instalación hidráulica de la presa (Vera, 2012)

En ocasiones esta proliferación llega a formar “islas flotantes” en las que el lirio nace en donde ya hay materia muerta. Causando los siguientes problemas:

- Perdida de agua por la evapotranspiración.
- Deterioro de la calidad del agua.
- Perdida de la biodiversidad de los cuerpos de agua por desplazamiento de especies nativas.
- Riesgo a la salud pública por fauna nociva.
- Obstrucción de canales y drenes en zonas de riego y de tomas en plantas hidroeléctricas.
- Reducción de la vida útil de los cuerpos de agua a causa del aumento de los sedimentos (Gutiérrez López, Arreguin Cortes, Huerto Delgadillo, & Saldaña Fabela, 1994)



Ilustración 3. Saturación de lirio acuático en la obra de toma de la presa de Cointzio.

En la ilustración 3, se puede apreciar como hay una acumulación excesiva de lirio en la obra de toma de la presa, lo cual repercute en altos costos de eliminación correctiva por medio de mecanización.

2.5.6. Propuestas para la disminución del Lirio Acuático.

Para disminuir la proliferación del lirio acuático es importante considerar que se debe de atacar el problema de origen, con la reducción de las aportaciones de nutrientes como fósforo y nitrógeno, estos deben de ser objetivos de mediano plazo, pero de inicio inmediato. Para disminuir este aporte de nutrientes es necesario tomar medidas preventivas del tipo social, para promover la participación de los usuarios en las actividades de control y mantenimiento, políticas para establecer lineamientos generales para estandarizar programas de control y económicas para obtener recursos para concientización de la población.

Existen técnicas típicas utilizadas en el control o manejo de plantas acuáticas: la biológica, el uso de herbicidas, la física o mecánica, la manipulación del hábitat y el control integrado (Gutiérrez López, Arreguin Cortes, Huerto Delgadillo, & Saldaña Fabela, 1994).

2.6. Modelación de Contaminantes por medio de GWLF-E.

Debido a que no fue posible realizar campañas de muestreo adicionales que permitiesen una mayor cobertura en tiempo y espacio en la zona de estudio, se optó por la modelación numérica para simular la de generación de nutrientes en la cuenca. Para esto se consideraron dos opciones: el GWLF.E (Generalized Watershed Loading Function-Enhanced) y el SWAT (Soil and Water Assessment Tools). Debido al tiempo que se tenía para correr cualquier modelo, se optó por el GWLF-E, el cual requiere menor cantidad de información, pero tiene la capacidad de dar datos relevantes para este estudio.

El modelo GWLF-E ofrece la capacidad de simular cargas de escurrimiento, sedimentos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) de una cuenca hidrográfica en áreas de origen de tamaño variable (por ejemplo, tierras agrícolas, forestales y desarrolladas). También cuenta con algoritmos para calcular las cargas del sistema séptico, y permite la inclusión de datos de descarga de fuente puntual. Es un modelo de simulación continua que utiliza pasos de tiempo diarios para datos meteorológicos y cálculos de balance de agua. Se realizan cálculos mensuales para las cargas de sedimentos y nutrientes con base en el balance de agua diario acumulado a valores mensuales.

2.6.1. Formulación General del Modelo.

GWLF-E se considera un modelo combinado de cuencas hidrográficas de parámetros distribuidos / agrupados. Para la carga de superficie, se distribuye en el sentido de que permite múltiples escenarios de uso / cobertura del suelo, pero se asume que cada área es homogénea con respecto a varios atributos de "paisaje" considerados por el modelo. Además, el modelo no distribuye espacialmente las áreas de origen, sino que simplemente agrega las cargas de cada área de origen en un total de cuenca hidrográfica; en otras palabras, no hay enrutamiento espacial. Para la carga debajo de la superficie, el modelo actúa como un modelo de parámetros agrupados utilizando un enfoque de balance de agua. No se consideran áreas claramente separadas para las contribuciones de flujo en la superficie. Los balances diarios de agua se calculan para una zona insaturada, así como para una zona subsuperficial saturada, donde la

infiltración se calcula simplemente como la diferencia entre precipitación y deshielo menos la escorrentía superficial más la evapotranspiración.

2.6.2. Funcionamiento del Modelo.

Con respecto a los procesos principales, GWLF simula el escurrimiento superficial utilizando el enfoque de los números de curva de escurrimiento (SCS-CN) con entradas diarias de clima (temperatura y precipitación). La erosión y el rendimiento de los sedimentos se estiman utilizando cálculos de erosión mensuales basados en el algoritmo de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE (con coeficientes de precipitación / escorrentías mensuales) y valores mensuales de KLSCP para cada área de origen (es decir, combinación de cobertura de suelo / tipo de suelo). Luego, se aplica una relación de distribución de sedimentos basada en el tamaño de la cuenca y una capacidad de transporte basada en la escorrentía diaria promedio a la erosión calculada para determinar el rendimiento de sedimentos para cada área de origen. Las pérdidas de nutrientes superficiales se determinan aplicando los coeficientes de N y P disueltos a la escorrentía superficial y un coeficiente de sedimento a la porción de rendimiento para cada área de fuente agrícola. Las descargas de fuentes puntuales también pueden contribuir a las pérdidas disueltas y se especifican en kilogramos por mes. Las áreas estilizadas, así como los sistemas sépticos, también pueden ser considerados. Se supone que todas las entradas de nutrientes urbanos son de fase sólida, y el modelo utiliza una acumulación exponencial y una función de lavado para estas cargas. Las pérdidas subsuperficiales se calculan utilizando los coeficientes N y P disueltos para aguas poco profundas las contribuciones del agua subterránea a las cargas de nutrientes de la corriente, y el sub-modelo de sub-superficie solo considera un área única de contribución de parámetros agrupados. La evapotranspiración se determina utilizando datos meteorológicos diarios y un factor de cobertura que depende del uso del suelo / tipo de cubierta. Finalmente, se realiza un balance de agua diariamente utilizando los valores de precipitación suministrada o computada, deshielo, almacenamiento inicial de zona insaturada, almacenamiento máximo de zona disponible y valores de evapotranspiración.

2.6.3. Información Requerida.

Se utiliza una interfaz personalizada desarrollada para el software MapWindow GIS para parametrizar los datos de entrada para el modelo de cuenca hidrográfica GWLF-E incluido con MapShed. Al utilizar esta interfaz, se le solicita al usuario que cargue los archivos GIS requeridos y que proporcione otra información relacionada con varios parámetros del modelo "no espacial" (por ejemplo, el inicio y el final de la temporada de crecimiento; el período de datos meteorológicos para usar, etc.). Esta información se usa posteriormente para obtener valores automáticamente para los parámetros de entrada del modelo requeridos que luego se escriben en un archivo de entrada única (*.gms) necesario para ejecutar el modelo GWLF-E. También se accede a través de la interfaz a archivos meteorológicos con formato Excel que contienen información sobre la temperatura y la precipitación diaria. La información extraída de estos archivos se reescribe posteriormente en el archivo de entrada del modelo GWLF-E para su uso en una simulación de cuenca hidrológica determinada.

Con MapShed, se pueden usar hasta 14 archivos de forma y 4 archivos de cuadrícula para obtener datos de entrada para el modelo GWLF-E. A diferencia de las versiones anteriores, muchos de los conjuntos de datos utilizados ahora se consideran "opcionales". Lo que esto significa esencialmente es que, si el usuario no especifica varias capas opcionales, los valores predeterminados se asignan a los parámetros de modelo apropiados que normalmente se hubieran calculado utilizando las capas opcionales faltantes. La Tabla 1 proporciona una lista y una breve descripción de las capas GIS requeridas y opcionales utilizadas (Evans & Corradini, 2012).

Tabla 1. Descripción general de las capas de datos GIS utilizadas en MapShed.

Capa de Datos	Descripción	Capa Requerida
<i>Archivos Tipo Shape</i>		
Estaciones Meteorológicas	Ubicaciones de estaciones meteorológicas (puntos)	Si

Fuentes Puntuales	Ubicación de fuentes puntuales	No
Extracción de Agua	Ubicaciones de extracción de agua (puntos)	No
Cuencas	Límite de cuenca utilizado para el modelado (polígonos)	Si
Corrientes	Mapa red de las corrientes (líneas)	Si
Carreteras sin pavimentar	Mapa de caminos sin pavimentar (líneas)	No
Carreteras	Mapa de red de caminos (líneas)	No
Municipios	Límites municipales (polígonos)	No
Sistemas sépticos	Número y tipos de sistemas sépticos (polígonos)	No
Suelos	Contiene varios datos relacionados con el suelo (polígonos)	Si
Provincias fisiográficas	Contiene datos de parámetros hidrológicos (polígonos).	No
Líneas de flujo	Flujo de las subáreas a la salida de la cuenca.	No
<i>Archivos Tipo Grid</i>		
Uso de la tierra / cubierta	Mapa de uso del suelo / cubierta (16 clases)	Si
Elevación	Rejilla de elevación	Si

Agua subterránea- N	Estimación de N de fondo en mg / l	No
Suelo- P	Estimación de P en el suelo en mg / kg	No
Áreas Urbanas	Mapa de los límites del área urbana.	No

3. Antecedentes.

La contaminación hídrica impone una larga serie de efectos negativos en los cuerpos o cursos receptores de materias residuales de actividades humanas, que redundan en una menor disponibilidad de aguas dulces de calidad adecuada. Entre los impactos más sobresalientes están, el aumento del costo de producción de agua potable, afectaciones a la salud pública y una sensible pérdida de belleza escénica y del potencial económico de uso turístico o recreativo.

La principal fuente de contaminación de cuerpos de agua se origina principalmente por las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y comerciales, así como por el acarreo de sustancias contaminantes depositadas en el suelo de áreas agropecuarias y zonas urbanas. En el primer caso, estas fuentes son fácilmente identificables y localizables, ya que se trata de descargas de los drenajes a través de unas tuberías, por lo que se les conoce como fuentes de contaminación puntuales. En el segundo caso, las descargas no ocurren en un punto específico, sino que se distribuyen espacialmente y son arrastradas a través del escurrimiento sobre el terreno. Estos escurrimientos eventualmente alcanzan los cauces principales o se infiltran a través del suelo, generando lo que se denomina como contaminación no puntual o difusa.

En las naciones desarrolladas y en vías de desarrollo del planeta se ha despertado la inquietud acerca de la contaminación por fuentes difusas que proviene de actividades de zonas agropecuarias, forestales, mineras, rurales, urbanas e industriales. Las sustancias contaminantes incluyen: sedimentos, nutrientes, metales pesados, elementos traza, pesticidas, patógenos, productos farmacéuticos y otros químicos antropogénicos.

En los Estados Unidos de Norteamérica y desde las décadas de los años setenta y ochenta, la contaminación difusa ha sido reconocida como una de las fuentes más importantes de contaminación superficial. En 1977 se instauró la famosa ley federal estadounidense denominada Acta de Agua Limpia (Clean Water Act), que diez años después, en 1987, fue modificada y renombrada como el Acta de Calidad del Agua

(Water Quality Act). En 1992, después de un mejor control de las fuentes puntuales, la oficina ambiental de los Estados Unidos descubrió que aproximadamente el 50% de su problema de contaminación que llegaba a ríos y lagos provenía de la contaminación difusa (IAWQ, 1996).

En diciembre de 2000, la Unión Europea emitió una Directiva Marco de Agua (DMA, conocida en inglés como Water Framework Directive), cuyo objetivo es mejorar el “buen estado” de aguas superficiales y subterráneas en la región, con miras a atender el problema de calidad del agua en un esquema de cuenca y, asimismo, con un enfoque al estudio y la mitigación de fuentes puntuales y fuentes difusas de contaminación.

En América Latina, los retos del agua se han enfocado principalmente a lograr la cobertura de agua potable y, en una menor proporción, en cubrir las necesidades de saneamiento. Por ello, una gran proporción de agua residual no tratada llega a los cuerpos receptores. Sin embargo, en las últimas décadas, el concepto de manejo integrado de cuenca ha tenido una mayor popularidad, y por este motivo se ha reconocido la importancia de incluir, de un mejor modo, las fuentes de contaminación difusa (Arreguin-Cortes, Gomez-Balandra, & Izurrieta-Dávila, 2000). En dicha región, organizaciones tales como la CONAGUA y el IMTA, en México (Izurrieta-Davila, Mijangos-Carro, Rivera, Torres, & Chavarría, 2007), y la Universidad Federal de Minas Gerais, en Brasil, entre otras, realizan ahora estudios en la materia. Internacionalmente, resalta la labor del Grupo Especializado de Contaminación Difusa y Eutrofización, perteneciente a la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés), que ha organizado 15 conferencias internacionales en el tema, y que en la actualidad expande sus actividades hacia América Latina. En los últimos años y por primera vez en América del Sur, la XI Conferencia Internacional en Contaminación Difusa fue celebrada en Brasil, del 26 al 31 de agosto del 2007 y, posteriormente, en América del Norte, se efectuó un evento similar en Canadá, del 12 al 17 de septiembre de 2010. Después en Beijing, China, del 18 al 23 de agosto de 2013. En todo el mundo, el Grupo Especializado de Contaminación Difusa de la IWA promueve investigación,

disemina información y apoya el desarrollo de políticas para entender y resolver la contaminación generada por fuentes difusas o no puntuales.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha señalado en distintos foros que la agricultura, la deforestación y un mal manejo de la basura, esto es, las fuentes no puntuales de contaminación (contaminación difusa), responden por más del 70% del deterioro del recurso hídrico, por lo que de acuerdo a los lineamientos de las propuestas incluidas en la Agenda del Agua 2030 (CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2011) en el tema “Ríos Limpios”, se busca garantizar que todos los arroyos, ríos y cuerpos de agua del país recuperen la salud de los ecosistemas y biodiversidad naturales, aporten sus caudales para satisfacer las necesidades de la población y el crecimiento económico y sigan embelleciendo el paisaje y contribuyendo a la calidad de vida de la población, requiere que se mantengan limpios de basuras, sin descargas de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas que los contaminen y afecten más allá de su capacidad natural de asimilación y dilución, y que sus cauces y zonas federales estén libres de asentamientos humanos y de construcciones que alteran los flujos de agua y aumentan los riesgos para las personas y sus bienes cuando ocurren lluvias torrenciales

A pesar de que existen serios problemas de contaminación de cuerpos de agua, en el Estado de Michoacán casi no se ha abordado el tema de la contaminación por fuentes puntuales y difusas (Ruiz-Chávez, 2011). La presa de Cointzio que constituye una importante fuente de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Morelia y de la cual, una gran parte de las aguas embalsadas son utilizadas en el Distrito de Riego del Valle Morelia-Queréndaro para producir productos agrícolas que surten a la ciudad, se encuentra bajo severo estrés de contaminación debido a las actividades agrícolas y pecuarias que se desarrollan en el área de su cuenca de aportación, así como por el constante incremento de la población de los 155 asentamientos urbanos y rurales en los ocho municipios que abarca la Cuenca. Esto quedó demostrado por el brote de lirio acuático que ocurrió a principios de 2014, invadiendo una cuarta parte del espejo de agua de la presa. Fenómeno causado por la entrada de agua rica en nutrientes

provenientes de las zonas de cultivo ubicadas en la cuenca de aportación y descargada hacia la presa por los diferentes afluentes.

Por lo expuesto anteriormente, es evidente la importancia que representa para la Ciudad de Morelia y en general para el estado de Michoacán, el evaluar el potencial de contaminación de la presa de Cointzio, con el objeto de desarrollar un plan integral de Saneamiento y preservación que permita el uso sostenible de este valioso recurso a generaciones venideras.

4. Justificación.

Los cuerpos de agua dulce superficiales naturales y artificiales, entre los que se encuentran los lagos y los embalses, constituyen un recurso natural renovable pero limitado. Están sujetos a un conflicto permanente de intereses debido a su condición de recurso esencial, no sólo para el sustento de los procesos naturales, sino también para las diferentes actividades humanas.

El ciclo hidrológico (cerrado y repetido) genera la falsa impresión de que es posible utilizar este recurso cada vez que sea necesario sin límites. Sin embargo, el fuerte crecimiento poblacional y el acelerado desarrollo económico, han desencadenado un proceso de inutilización de una gran cantidad de cuerpos de agua dulce. Ello redundaría en una pérdida adicional de sus opciones de uso, proceso conocido como contaminación hídrica, que corresponde a la pérdida parcial o total de sus capacidades, como consecuencia de una incorporación directa o indirecta, voluntaria o accidental de materias (sólidas, líquidas, gaseosas) o energía (calor, radiaciones) o combinaciones de ambas, en cantidad y duración tales que sobrepasan sus posibilidades naturales de absorción y autodepuración.

La presa de Cointzio, localizada al sur de la ciudad de Morelia, fue terminada de construir 1939 con el propósito de abastecer de agua potable a dicha ciudad, capital del Estado, y para regadío de áreas agrícolas. El embalse cubre un área aproximada de 500 ha y tiene una capacidad de almacenamiento de 84.80 Mm³, con una capacidad útil de 74.8 Mm³. La cuenca de aportación cubre un área de alrededor de 657 km², siendo el Río Grande de Morelia el cauce principal y sobre el cual se localiza el embalse de la presa. El área de la cuenca cubre parcial o totalmente ocho municipios del Estado de Michoacán, en los que habitan alrededor de 43 506 personas, en 155 localidades, de las cuales tres corresponden a asentamientos urbanos.

Debido al alto nivel de marginación que prevalece en la zona, en los últimos 30 años extensas áreas de suelo, que anteriormente constituían zonas naturales de bosques y praderas, han sido modificadas para ser utilizadas con fines de subsistencia. Lo que ha generado un incremento en la generación y arrastre de sedimentos y materia

contaminante proveniente de actividades agrícolas y pecuarias, que eventualmente alcanzan los cauces de agua que alimentan la presa de Cointzio, a manera de fuentes dispersas de contaminación. Asimismo, el incremento poblacional ha generado un aumento en los volúmenes de aguas residuales, de los cuales una gran cantidad son vertidos directamente en los cauces de la cuenca, como fuentes puntuales, sin un tratamiento adecuado. Todo esto ha contribuido al deterioro que se ha observado en la calidad del agua de la presa de Cointzio y al riesgo en la salud de los habitantes de la ciudad de Morelia que son abastecidos de las aguas de esta presa. Por lo tanto, es de vital importancia evaluar el potencial de contaminación de este importante cuerpo de agua.

5. Objetivo.

Evaluar el potencial de contaminación del agua del embalse de la presa Cointzio por efecto de nutrientes provenientes de fuentes difusas y puntuales que ocasionan la proliferación de la maleza acuática y deterioro de la calidad del agua, fuente de abastecimiento muy importante para la Ciudad de Morelia.

6. Hipótesis

Por medio de la caracterización de las descargas puntuales y difusas, así como de la modelación hidrológica y de calidad del agua es posible determinar el potencial de afloramiento de la maleza acuática y deterioro de las condiciones de calidad del agua en la presa Cointzio. A partir de esto, se estará en condiciones de formular propuestas para la prevención de la contaminación del agua del embalse.

7. Metodología de la Investigación

Para hacer la evaluación de la contaminación por fuentes puntuales y difusas es necesario realizar la caracterización del agua provenientes de dichas fuentes. Por lo que para el presente trabajo se realizaron 12 muestreos en cada estación del año, una en estiaje y otra en época de lluvias.

7.1. Preliminares

Comprenden localización de la presa de Cointzio, así como algunos datos de la cuenca, y los usos que se le dan a la presa de Cointzio.



Ilustración 4. Fotografía de la presa de Cointzio

7.1.1. Localización y clima

La presa de Cointzio (19.622° N - 101.256° O) está ubicado en la Franja Volcánica Transmexicana, a una altura de 1920m sobre el nivel del mar. El embalse drena una cuenca volcánica de 657 km², donde las aguas domésticas son rechazadas sin ningún

tratamiento, es una fuente esencial para el suministro de agua doméstica (20%) de la ciudad de Morelia y para riego (Kim Doan, Némery , Schmid, & Gratiot, 2015).



Figura 1. Macrolocalización de la presa Cointzio en el Franja Volcánica Transmexicana.



Figura 2. División municipal dentro de la cuenca de la presa de Cointzio.

El clima de la región es subhúmedo, se caracteriza por una estación lluviosa que se extiende desde junio hasta octubre y una estación seca por el resto del año. La precipitación media anual es de 810 mm en Morelia, que varía de 400 a 1.100 mm / año.

7.2. Recopilación de datos de estudios anteriores

La información recopilada se encontró en varios artículos científicos, libros y tesis de la facultad de Biología, Química e Ingeniería Civil. Se encontraron varios estudios similares, pero ninguno que identifique y caracteriza fuentes puntuales y difusas, aunque en la mayoría de los casos similares a la presa de Cointzio se han hecho caracterizaciones del agua evaluando los mismos parámetros.

7.3. Generación de datos.

Para el presente trabajo se generarán datos de muestreos de la calidad del agua en los siguientes puntos:

- Aguas abajo Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.
- Agua arriba Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.
- Puente Noriega, Tiripetío, Michoacán.
- San Antonio Coapa, Morelia, Michoacán.
- Aguas abajo Acuitzio, Michoacán.
- Aguas Arriba Acuitzio, Michoacán.
- Tiripetío, Michoacán.
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Lagunillas, Michoacán.
- Presa Umecuaró, Morelia, Michoacán.
- Nieves, Morelia, Michoacán.
- Aguas abajo Atécuaro, Morelia, Michoacán.
- Aguas arriba Atécuaro, Morelia, Michoacán.

Para elegir estos sitios de muestreo, se realizó un análisis en gabinete de la ubicación de los puntos de muestreo; en donde se consideró el tamaño de las poblaciones y que estuvieran distribuidos geoméricamente de acuerdo a la morfología de la cuenca.

7.4. Reconocimiento del área de estudio en campo.

Se realizó una visita técnica al sitio de estudio con la finalidad de determinar los lugares más adecuados para distribuir los puntos de muestreo. La población con mayor número de habitantes dentro de la cuenca de Cointzio es Acuitzio. Por información del personal del ayuntamiento en materia de agua municipal se sabe que existen colectores que descargan sin ningún tratamiento a los cuerpos de agua. Además, se visitaron varias comunidades y se encontró que la mayoría de las comunidades no cuentan con sistema de alcantarillado por lo que la mayoría descargan las aguas negras en fosas sépticas y las aguas grises a cielo abierto.

Dentro de la cuenca se encuentra una planta de tratamiento que da servicio a la población de Lagunillas, aunque no se encuentra en operación.



Ilustración 5. Vista de la presa de Cointzio desde la comunidad de Uruapilla.

El uso del agua de la presa Cointzio se dividen en dos: para el riego agrícola del valle de Queréndaro y para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Morelia, Michoacán. Al obtener los datos de los muestreos que se realizan, se podrá hacer una comparativa con la NOM-001-SEMARNAT-1996 (se refiere a los límites máximos permisibles de descargas en cuerpos de agua) y la NOM-127-SSA1-1994 (se refiere a los límites permisibles de calidad para uso y consumo humano).

7.5. Identificación y Selección de fuentes puntuales y difusas.

Para la identificación de las fuentes puntuales y difusas se realizó un análisis teniendo en consideración la visita técnica a varios poblados dentro de la cuenca, así como el tamaño de las poblaciones que conforman la cuenca y su distribución geométrica.

Los muestreos se clasificarán de la siguiente manera:

1. Aguas abajo Santiago Undameo, Morelia, Michoacán (Puntual)
2. Agua arriba Santiago Undameo, Morelia, Michoacán (Difusa).
3. Puente Noriega, Tiripetío, Michoacán (Difusa).
4. San Antonio Coapa, Morelia, Michoacán (Difusa).
5. Aguas abajo Acuitzio, Michoacán (Puntual).
6. Aguas Arriba Acuitzio, Michoacán (Difusa).
7. Tiripetío, Michoacán (Difusa).
8. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Lagunillas, Michoacán (Puntual).
9. Presa Umecuaró, Morelia, Michoacán (Difusa).
10. Nieves, Morelia, Michoacán (Difusa).
11. Aguas abajo Atécuaro, Morelia, Michoacán (Puntual).

12. Aguas arriba Atécuaro, Morelia, Michoacán (Difusa).

En la Figura 3 se aprecian las ubicaciones de los muestreos dentro de la cuenca.

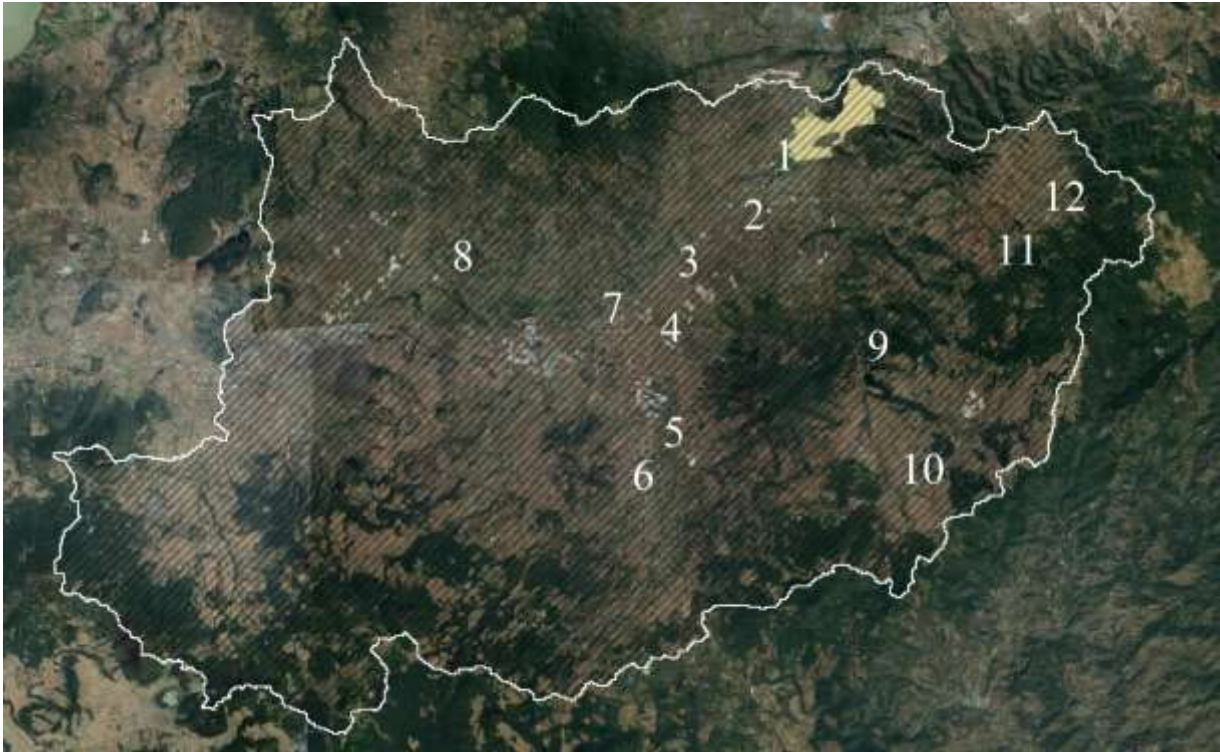


Figura 3. Delimitación de la cuenca de la presa de Cointzio y ubicación de zonas de muestreos.

7.6. Caracterización de fuentes de contaminación puntuales y difusas seleccionadas.

Para caracterizar el agua que llega a la presa de Cointzio se realizaron dos muestreos en los puntos mencionados anteriormente, uno en época de estiaje y otro en época de lluvias, con la finalidad de identificar que fuentes aportan más contaminantes.

7.6.1. Muestreo.

El muestreo se divide en dos etapas: parámetros de campo y el análisis de la calidad del agua en el laboratorio. Los parámetros de campo se realizaron inmediatamente después de tomada la muestra, ya que en el transcurso del sitio de estudio al laboratorio pueden ocurrir cambios. Para esta fase del proyecto de investigación se realizó el primer muestreo el cual corresponde a la fecha de estiaje.



Ilustración 6. Obtención de muestra en el sitio 5.

7.6.2. Parámetros de campo.

Los parámetros de campo son los siguientes: pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. Estos deben de ser tomados inmediatamente después de tomada la muestra ya que sus propiedades pueden cambiar fácilmente en el tiempo en que se tarde en llegar al laboratorio.



Ilustración 7. Obtención de los parámetros de campo.

7.6.3. Análisis de la calidad del agua.

Para el análisis de la calidad del agua obtendremos los siguientes parámetros: Salinidad, DBO_5 , nitrógeno total, fósforo total y sólidos en todas sus formas.

Adicional a las pruebas mencionadas anteriormente se añadió la prueba de coliformes fecales, con lo cual se determina la calidad biológica del agua en la cuenca, además de identificar zonas donde se requiera una planta de tratamiento de agua destinada a este fin.

En la Tabla 1 y Tabla 2 se presentan los resultados del primer y segundo muestreo, de los cuales se anexan los reportes del laboratorio en el Anexo 1.



Ilustración 8. Primer muestreo, correspondiente a la temporada de estiaje.

En la ilustración 8 se aprecian las muestras ordenadas en lo que corresponde al turno en que se tomaron, ordenadas del 1 al 12 de izquierda a derecha. Se puede apreciar el grado de turbidez el cual coincide con el grado de deterioro.



Ilustración 9. Segundo muestro, correspondiente a la temporada de lluvias.

En la ilustración 9 se aprecian las muestras ordenadas en lo que corresponde al turno en que se tomaron, ordenadas del 1 al 12 de izquierda a derecha. A diferencia de la

temporada de estiaje (Ilustración 8) aquí se aprecia que la turbidez aumentó considerablemente en las muestras 1, 2, 3, 4 y 6, esto se debe a la erosión ocasionada por las lluvias, lo cual se manifiesta en estos sitios de muestreos que se ubican en las partes más bajas de la cuenca.

Con dichos datos se hace una comparativa con respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996 con la cual se puede hacer el diagnóstico de la calidad del agua en temporada de estiaje. En el apartado de “Análisis de los Resultados” se realiza el análisis de estos valores y se identifican las zonas más críticas.

Tabla 2. Resultados del primer muestreo correspondiente al periodo de estiaje.

Prueba	Unidades	Aguas abajo Santiago Undameo,.	Agua arriba Santiago Undameo,	Puente Noriega, Tiripetio,.	San Antonio Coapa.	Aguas abajo Acuitzio,	Aguas Arriba Acuitzio,	Tiripetio, Michoacán.	P.T.A.R. Lagunillas,.	Presa Umequaro,.	Nieves, Morelia.	Aguas abajo Atécuaro,.	Aguas arriba Atécuaro.
Fuente de Contaminación	-	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa
Número de Sitio de Muestra	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gasto	m ³ /s	0.54	0.08	0.01	1.49	0.15	0.13	0.06	0.01	1.45	0.01	0.001	0.01
Oxígeno disuelto	mg/l	3.22	2.36	3.56	1.61	0.92	4.12	1.09	0.83	5.03	4.44	0.43	4.13
Sólidos Totales (ST)	mg/l	260	176	244	472	460	188	1384	600	84	92	524	192
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	176	124	192	204	268	152	168	284	72	76	320	188
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	84	52	52	268	192	36	1216	316	12	16	204	4
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	124	92	148	160	160	116	116	212	48	60	216	152
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	52	32	44	44	108	36	52	72	24	16	104	36
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	204	140	164	400	272	152	1180	448	56	72	296	152
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	56	36	80	72	188	36	204	152	28	20	228	40
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	80	48	16	240	112	36	1064	236	8	12	80	0
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4	4	36	28	80	0	152	80	4	4	124	4
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.1	0.3	7.5	1.5	0.4	0.1	0.5	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	2	14	54	52	217	0	66	177	11	0	417	0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	0.2	4.05	8.1	17.16	54.3	2.35	13.2	46.06	1.33	1.99	177	1.87
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ⁷	7.0X10 ⁷	9.0X10 ⁷	9.0X10 ⁷	1.5X10 ⁹	4.0X10 ⁵	>2.4X10 ¹⁰	4.6X10 ⁹	4.0X10 ⁵	<3.0X10 ⁵	2.0X10 ⁷	1.5X10 ⁶
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	2.98	4.55	4.38	7.87	14.8	3.55	11.7	22.7	1.76	3.47	2.09	28
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0	0	0.449	1.56	4.08	4.16	1.06	3.45	0	0	7.09	0

Tabla 3. Resultados del segundo muestreo.

Prueba	Unidades	Aguas abajo Santiago Undameo,.	Agua arriba Santiago Undameo,.	Puente Noriega, Tiripetio,.	San Antonio Coapa.	Aguas abajo Acuitzio,	Aguas Arriba Acuitzio,	Tiripetio, Michoacán.	P.T.A.R. Lagunillas,.	Presa Umequaro,.	Nieves, Morelia.	Aguas abajo Atécuaro,.	Aguas arriba Atécuaro.
Fuente de Contaminación	-	Difusa	Difusa	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa	Difusa	Puntual	Difusa
Número de Sitio de Muestra	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gasto	m ³ /s	29.33	7.38	2.98	17.51	2.86	0.85	12.19	0.01	1.13	1.30	0.001	0.27
Oxígeno disuelto	mg/l	4.8	5.74	3.28	5.05	5.61	5.68	4.99	3.48	4.82	5.29	3.14	5.53
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1364	804	680	1136	504	440	812	648	68	80	432	128
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	92	80	112	108	148	128	120	204	40	56	320	76
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1272	724	568	1028	356	312	692	444	28	24	112	52
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	68	48	84	68	124	104	88	148	32	48	252	68
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	24	32	28	40	24	24	32	56	8	8	68	8
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1228	720	568	1036	396	360	680	516	44	64	296	96
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	136	84	112	100	108	80	132	132	24	16	136	32
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	1160	672	484	968	272	256	592	368	12	16	44	28
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	112	52	84	60	84	56	100	76	16	8	68	24
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.75	0.5	0.14	0.4	0.3	0.1	0.25	0.35	<0.1	<0.1	0.1	0.1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	48	52	37	56	21	31	66	75	6	7	156	11
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	13.2	10.56	10.14	15.48	6.33	5.67	12.54	30	1.01	1.13	73.65	0.97
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X107	1.5X108	<3X104	7.5X108	4.6X109	2.8X108	1.5X109	>2.4X1010	9.0X104	4.0X105	1.1X108	4.3X106
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	5.41	4.1	4.34	7.7	6.13	4.57	7.22	10.38	3.26	2.54	11.1	4.17
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.89	0.912	0.823	1.65	1.43	0.829	1.59	2.38	0.05	0.054	2.91	0.12

7.7. Aplicación del modelo de simulación.

El modelo de simulación se utilizó para hacer una comparativa de los parámetros de los dos muestreos, y se estudiará en que época los nutrientes están a su máxima concentración. Conociendo estos datos se podrá hacer una propuesta preventiva para disminuir el lirio de la presa.

Para hacer funcionar el modelo es necesario hacer una recopilación de bases de datos, para posteriormente usarlas en un sistema de información geográfica con lo será posible identificar las zonas más críticas de producción de nutrientes. Al identificar esas zonas, las propuestas serán más eficaces a la hora de hacer las propuestas.

7.7.1. Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para el presente trabajo se hizo una recopilación de los siguientes mapas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI):

- Modelo Digital de Elevaciones.

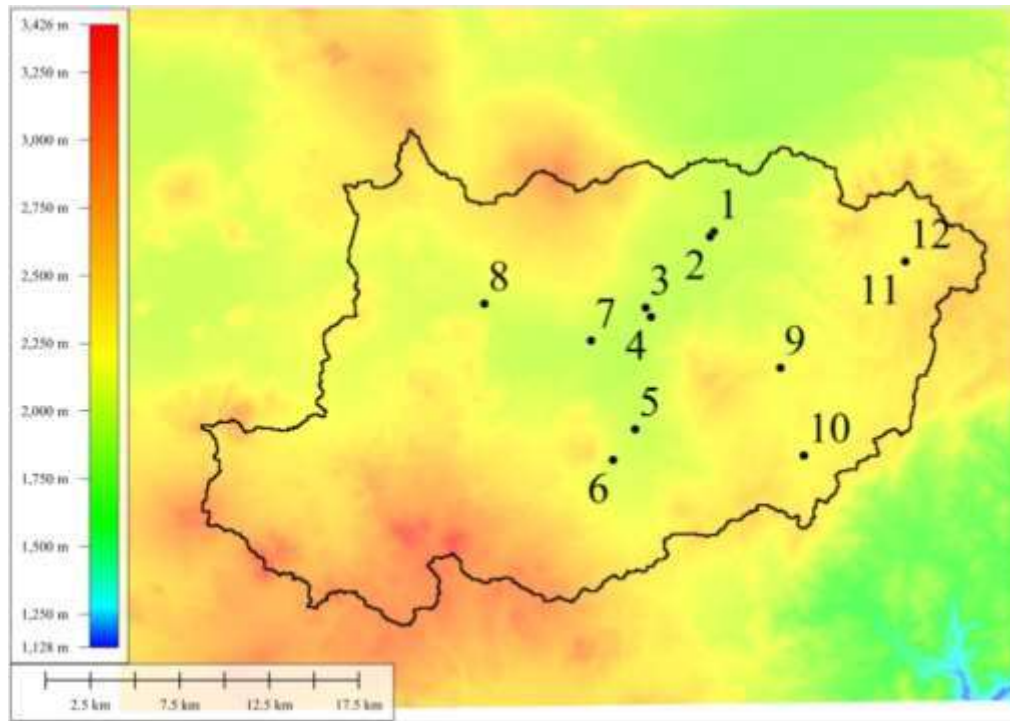


Ilustración 10. Modelo Digital de Elevaciones.

- Cartas de Uso de Suelo.

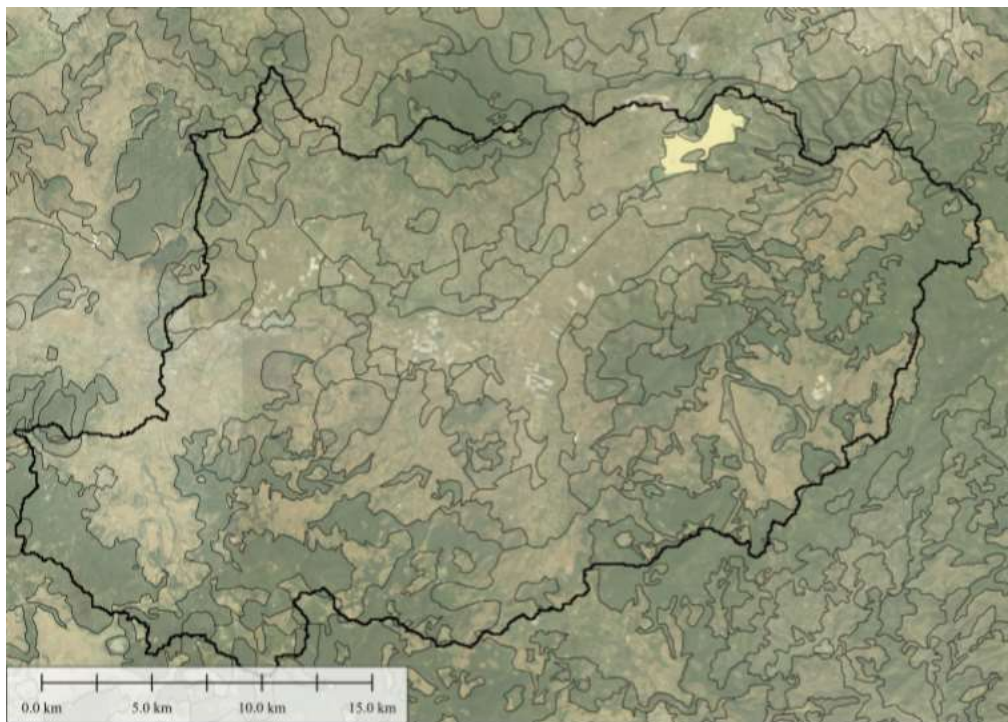


Ilustración 11. Carta de Uso de suelo.

- Cartas Edafológicas.

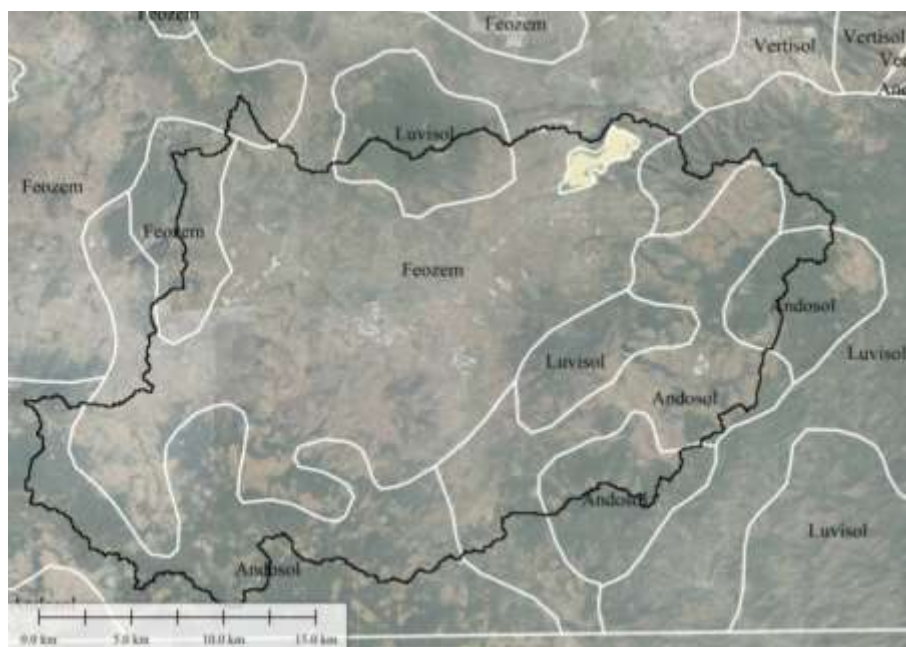


Ilustración 12. Carta Edafológica

- Cartas Topográficas.

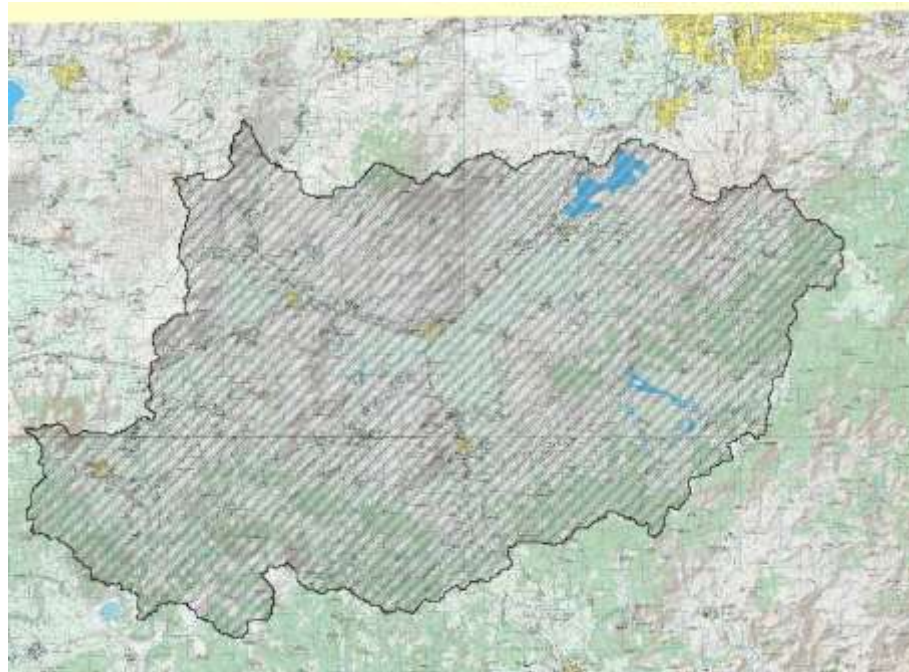


Ilustración 13. Carta Topográfica 1:50,000

- Carta de Red de Drenajes.

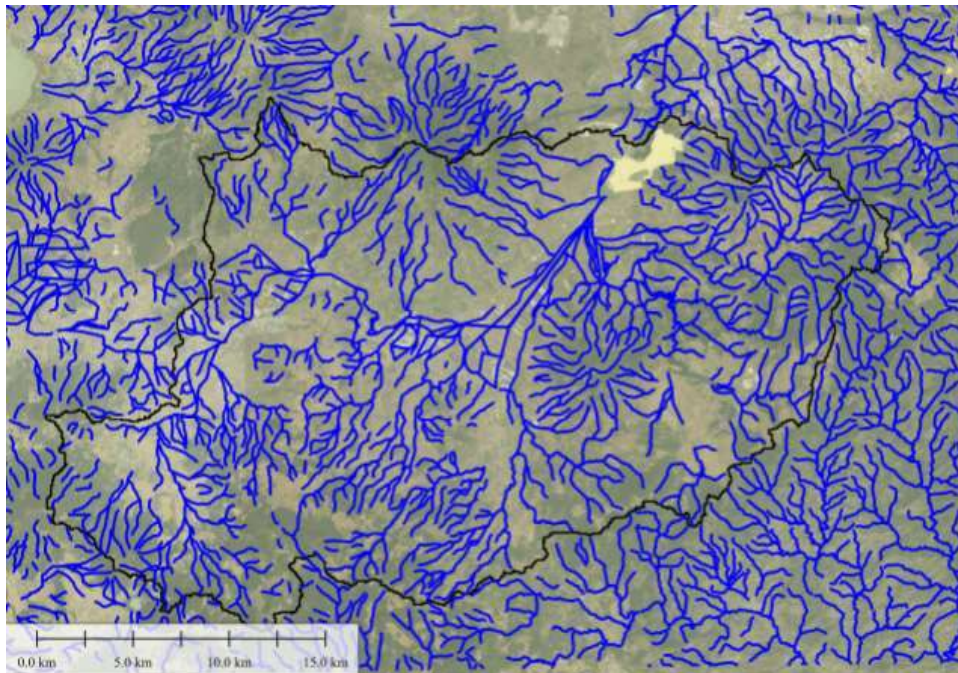


Ilustración 14. Red de drenajes de la cuenca de Cointzio.

- Carta de División Municipal.

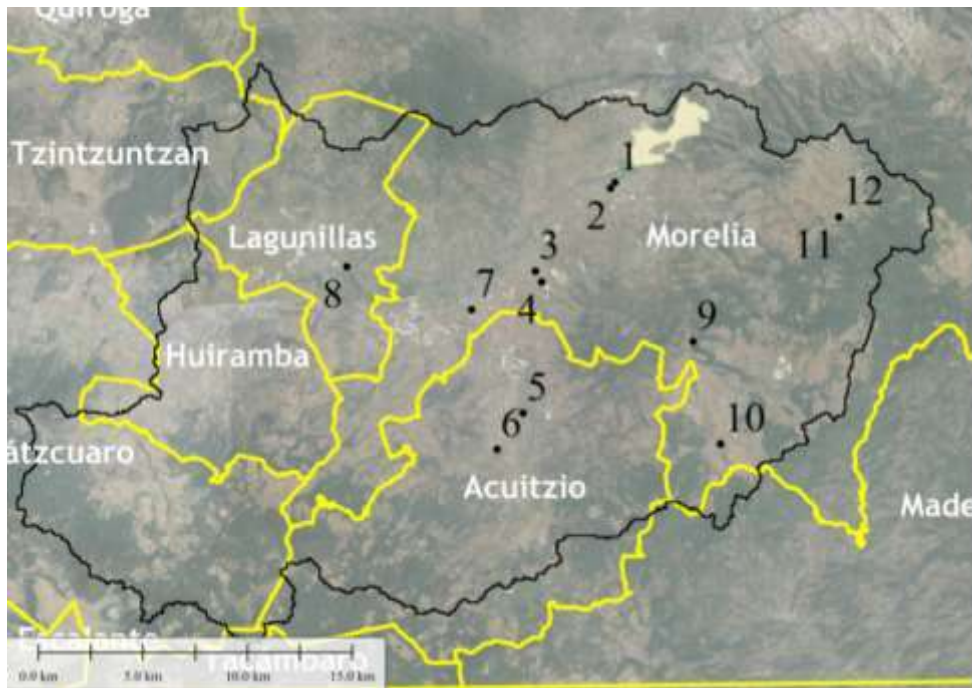


Ilustración 15. División municipal dentro de la cuenca de Cointzio.

Las imágenes satelitales se obtuvieron del programa NoniMapView, las cuales son usadas en las ilustraciones del presente trabajo para conocer el estado actual de la cuenca.

Para obtener los puntos de muestreo se utilizó un GPS MAP 64s marca Garmin, con el cual se determinó la localización satelital.

Con el programa Global Mapper se editó y armó un conjunto de datos en los cuales se sobre posicionaron las cartas del INEGI, los puntos de muestreo, las imágenes satelitales y se calculó el parteaguas.

Por medio del sistema del programa Mapshed se integrará toda la información disponible para la cuenca, para posteriormente hacer un modelado en el programa GWLF-E.

7.7.2. Modelación con GWLF-E.

En la ilustración 17 se muestra la ventana de inicio donde se cargan las capas en el modelo GWLF-E. Se observa que hay un apartado de capas requeridas (Required Layers), con las cuales el programa funciona de manera básica. Las capas opcionales (Optional Layers) sirven para detallar y obtener mayor precisión en un proyecto.

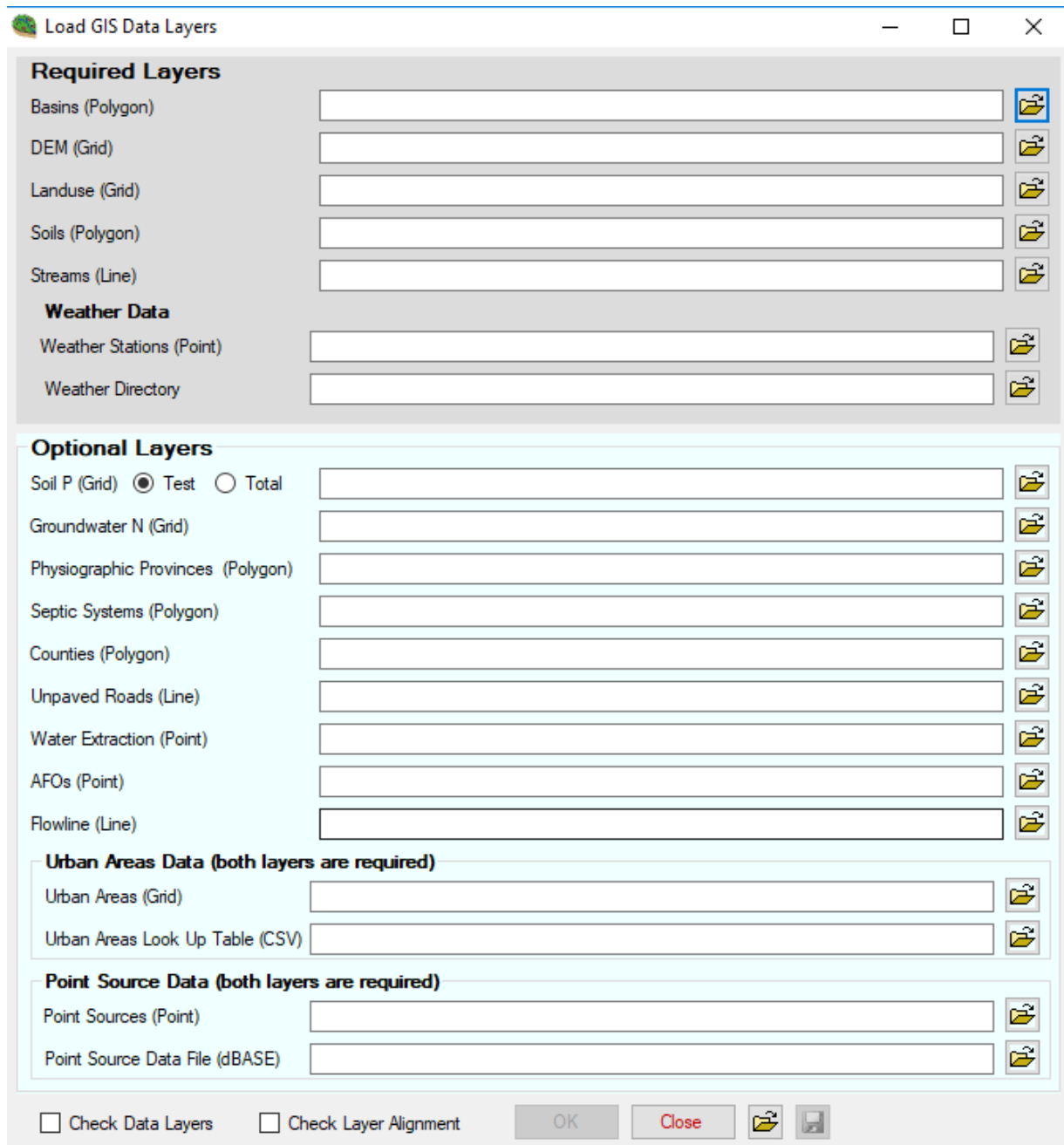


Ilustración 16. Ventana de ingreso de capas en GWLF-E.

Para el caso del proyecto en la presa de Cointzio y debido a la poca disponibilidad de datos únicamente se cargaron las capas requeridas, ya que este software se creó en el estado de Pensilvania de los Estados Unidos, y por lo que cuentan con más diversidad y cantidad de datos, los cuales en su mayoría el INEGI no cuenta con ellos. Muchas de estas capas se pueden crear por medio de un sistema de información geográfica, como el Map Window o el Arc Gis, pero debido a cuestiones de tiempo no se pudo enriquecer más el modelo.

Antes de cargar las capas se deben de formatear sobre todos los archivos de forma y de cuadrícula, para que el software los pueda correr y posteriormente realizar los cálculos, de lo contrario el modelo marcará errores o un error general, lo cual no permitirá avanzar en el proceso. Esta es una de las razones por las cuales no se añadieron más capas, ya que se deben de formatear de una en una.

Ya que se formateo y se cargaron las capas aparece una ventana como la que se muestra en la ilustración 18 la cual corresponde a los datos de entrada al modelo GWLF-E, en la cual aparecen los datos de dos estaciones climatológicas, las cuales son la de Santiago Undameo y la de Cointzio. Los datos se obtuvieron de datos climáticos diarios del "CLICOM" del Servicio Meteorológico Nacional a través de su plataforma web del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), en las cuales se descargó la información correspondiente a precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima; las tres con datos diarios y continuos.

El modelo permite cargar hasta 50 años de datos climatológicos. En este trabajo se usaron 35 años, ya que de 1990 a 2006, el modelo arrojaba un error el cual afectaba los resultados, por lo que se propuso de 1954 a 1989, periodo en el cual los resultados tenían un comportamiento normal.

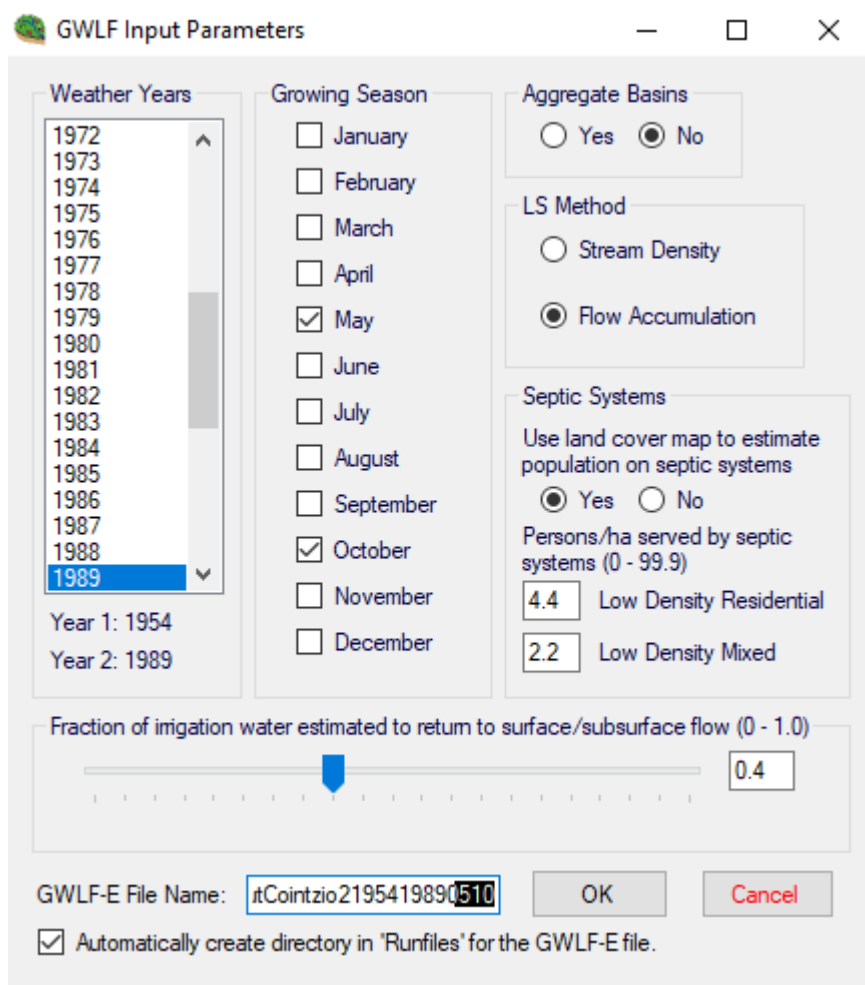


Ilustración 17. Parámetros de entrada para correr el modelo den GWLF-E.

Posteriormente se procede a indicar la temporada de lluvias, la cual va de mayo a octubre. Luego se nombra el archivo de GWLF-E el cual se usará como dato de entrada en el modelo, para este caso se nombró “inputCointzio2195419890510”. Hasta este punto todas las ventanas corresponden al programa MapShed Version 1.5.0 y de aquí en adelante se comienza a trabajar en el modelo GWLF-E, dentro de la interfaz de MapShed.



Ilustración 18. Ventana del modelo de simulación GWLF-E.

En la ilustración 19 observamos la ventana del GWLF-E, en la cual se introducirá el dato de entrada “inputCointzio2195419890510”, el cual se muestra en la imagen con su ruta, la cual es generada dentro de la carpeta de MapShed, ubicada por defecto en la unidad C de la computadora donde se trabaje.

Después en el apartado “Model Run Setup” se corre el modelo con el nombre de “run1”, el cual genera un archivo de salida, el cual contiene los resultados de los cálculos del modelo, los cuales son mostrados en los “análisis de los resultados”. El nombre del archivo generado es “run1-0_sum.dat”, el cual es un archivo de valores separados por comas de Microsoft Excel, en el cual se muestra el resumen de los resultados.

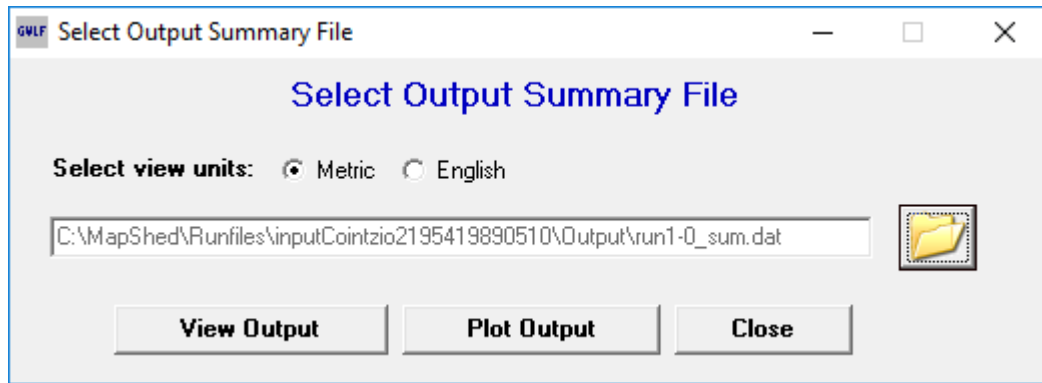


Ilustración 19. Ventana para la visualización de archivos de salida.

El archivo “run1-0_sum.dat” también se puede visualizar en el GWLF-E; para ingresar se debe de ingresar a la opción “Output Viewers” de la ilustración 19 en la cual se puede usar la opción de promedio anual o anual individual, según se requiera la información. Posteriormente aparecerá la ventana de la ilustración 20, en la cual se introduce el archivo de salida y en la opción “View Output” se verifican los resultados en números y en la opción “Plot Output” los resultados en gráficos.

8. Análisis de los Resultados.

Con el análisis de los resultados obtenidos se conocerá que tipo de fuente de contaminación tiene mayor influencia en el aporte de nutrientes; si las fuentes puntuales o las fuentes difusas en la proliferación del lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) de la presa de Cointzio.

8.1. Análisis de los resultados de los muestreos.

8.1.1. Comparativa de resultados del muestreo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En este subcapítulo se presenta una comparativa de resultados obtenidos del primer y segundo muestreo respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996. En la Tabla 4 se identifican las muestras y se indica si cumplen o no con los límites máximos permisibles en la época de estiaje para ríos y uso en riego agrícola.

Tabla 4. Comparativo de resultados de época de estiaje con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos y uso en riego agrícola.

Número de Muestra	Fuente de Contaminación	Potencial de Hidrógeno (pH)	Temperatura de la muestra	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Sólidos Sedimentables (SSed)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	Coliformes Fecales	Nitrógeno Total (N _T)	Fósforo Total (P _T)	Número de parámetros sin cumplir
		Unidades de pH	°C	mg/l	ml/l	mgO ₂ /l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	
1	Puntual	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
2	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
3	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
4	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	3
5	Puntual	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
6	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
7	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
8	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
9	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1

10	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
11	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
12	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1

Para uso de riego agrícola el agua de los 12 muestreos es apta en materia de nutrientes (nitrógeno total y fósforo total) según la NOM-001-SEMARNAT-1996, pero para disminuir la problemática del lirio no.

Se observa que la muestra número 4 es la que menos parámetros cumple de los límites máximos permisibles, excede en sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS) y coliformes fecales. Esto coincide con que varios canales desembocan en este punto, además de que aguas arriba se observa en las imágenes satelitales que el uso de suelo próximo es de agricultura extensiva e intensiva lo que causa este gran aporte.

Tabla 5. Comparativo de resultados de época de lluvias con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ríos y uso en riego agrícola.

Número de Muestra	Fuente de Contaminación	Potencial de Hidrógeno (pH)	Temperatura de la muestra	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Sólidos Sedimentables (SSed)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Coliformes Fecales	Nitrógeno Total (N _T)	Fósforo Total (P _T)	Número de parámetros sin cumplir
		Unidades de pH	°C	mg/l	ml/l	mgO ₂ /l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	
1	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
2	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
3	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
4	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
5	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
6	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
7	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
8	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
9	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
10	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
11	Puntual	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
12	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1

En la Tabla 5 se hace un comparativo con los muestreos de época de lluvias para uso de riego agrícola, con el objeto de ver que parámetros no se cumplen. Se observa como en las muestras 1 al 8 los sólidos suspendidos totales aumentaron hasta el punto de incumplir con la normativa, lo que coincide con la erosión proveniente de los suelos de uso agrícola.

Tabla 6. Comparativo de resultados de época de estiaje con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática.

Número de Muestra	Fuente de Contaminación	Potencial de Hidrógeno (pH)	Temperatura de la muestra	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Sólidos Sedimentables (SSed)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Coliformes Fecales	Nitrógeno Total (N _T)	Fósforo Total (P _T)	Número de parámetros sin cumplir
		Unidades de pH	°C	mg/l	ml/l	mgO ₂ /l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	
1	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
2	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
3	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
4	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	3
5	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
6	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
7	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
8	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
9	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
10	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1
11	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	3
12	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	2

En la Tabla 6 que corresponde a los muestreos de la época de estiaje, pero para protección de vida acuática, observamos que los Sólidos Suspendidos Totales en las fuentes consideradas como puntuales se supera el límite máximo permisible de la norma. Los nutrientes (Nitrógeno Total y Fósforo Total) se mantienen dentro de los estándares de calidad, aunque como se ha visto, la norma es muy laxa en este sentido.

En la Tabla 7 hacemos la comparativa con la norma, pero con protección de vida acuática en temporada de lluvias y vemos que los SST en casi todas las muestras rebasan los límites máximos permisibles, debido a la erosión. En las muestras que se realizaron en las partes altas de la cuenca, los sólidos SST cumplen con la normativa, y esto coincide con el color transparente del agua la cual proviene de bosques en los cuales la agricultura es poca o casi nula.

Tabla 7. Comparativo de resultados de época de lluvias con la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección de vida acuática.

Número de Muestra	Fuente de Contaminación	Potencial de Hidrógeno (pH)	Temperatura de la muestra	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Sólidos Sedimentables (SSed)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Coliformes Fecales	Nitrógeno Total (Nt)	Fósforo Total (Pt)	Número de parámetros sin cumplir
		Unidades de pH	°C	mg/l	ml/l	mgO ₂ /l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	
1	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
2	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
3	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
4	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
5	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
6	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
7	Difusa	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
8	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
9	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
10	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	2
11	Puntual	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	3
12	Difusa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	1

Al igual que en las anteriores tablas la parte de los nutrientes (nitrógeno y fósforo) cumple con la normativa. Pero el lirio acuático funciona como un bioindicador de un exceso de nutrientes a pesar de que los límites de la norma no se vean rebasados.

8.1.2. Nitrógeno y Fósforo.

En la Figura 4 se presenta una gráfica con los resultados de los muestreos de época de estiaje y época de lluvias. Las fuentes puntuales están señaladas en el círculo negro. Se puede observar que las fuentes puntuales son las que mayor concentración de nitrógeno total y fósforo total aportan en la época de estiaje, pero en la época de lluvias sus concentraciones se reducen hasta en un 50%.

Las fuentes difusas no presentan un cambio significativo en las temporadas (estiaje-lluvia) en lo referente a nitrógeno total. El fósforo total en época de lluvias incrementa su concentración en las partes bajas de la cuenca, lo que posiblemente se deba a que los tipos de suelos presentes son del tipo Vertisol, los cuales retienen altas cantidades de fósforo y al ser erosionados arrastran este nutriente. Se puede observar en las muestras 9 y 10 que el fósforo es cercano a cero, pero la diferencia es que estos puntos se encuentran en las partes altas de la cuenca cercanas al parteaguas, y donde la erosión es mucho menor, ya que la deforestación aguas arriba de estos puntos es menor que llegando a los puntos más bajos.

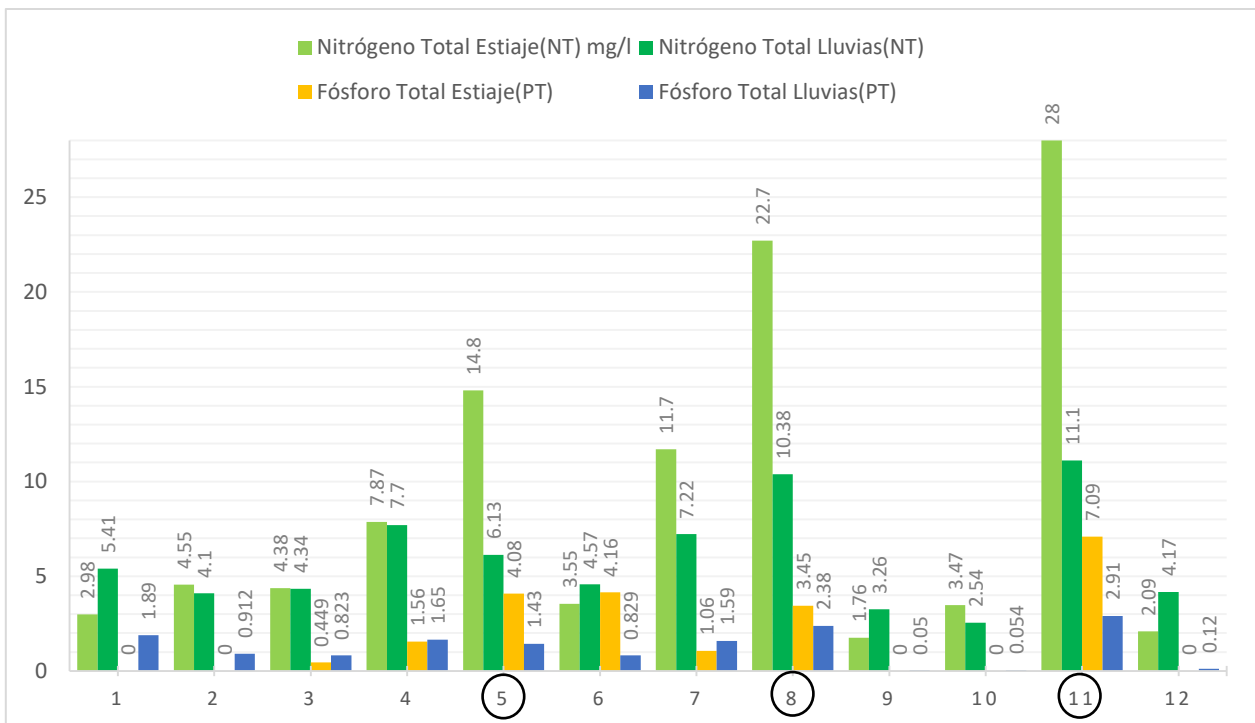


Figura 4. Nutrientes en las dos épocas de muestreo.

Además del fósforo vertido por erosión, se puede observar en las muestras consideradas como fuentes puntuales que las descargas municipales aportan altas concentraciones de fósforo, posiblemente a aguas grises ricas en fosfatos que comúnmente se encuentran en este tipo de aguas residuales.

La muestra 9 corresponde a agua de la presa de Umecuaró, la cual tiene concentraciones de fósforo muy cercanas a cero. En esta presa no se presenta el fenómeno del lirio acuático, lo que nos dice un dato importante, ya que para que proliferen de manera excesiva debe tener presente en el agua el nitrógeno y el fósforo, ya que, si únicamente se aporta un nutriente aislado, la proliferación excesiva de lirio no existe.

La muestra 1 es donde se recibe el caudal más grande de agua a la presa de Cointzio, y aquí encontramos que las concentraciones más altas de nitrógeno total y fósforo total se dan en la época de lluvias, y observamos que hasta este punto ya se han diluido en gran cantidad los aportes de las fuentes puntuales más representativas.

Haciendo un análisis sobre qué fuente de contaminación presenta la relación más alta de nitrógeno-fósforo observamos que es a causa de las fuentes puntuales, pero a medida que éstas se alejan, la red de drenaje de la cuenca es capaz de diluir estas concentraciones o autodepurarse. Además, se observó que en la presa de Cointzio descargan directamente sus aguas residuales las comunidades que están a orillas de la presa, debido a la cercanía los nutrientes no son capaces de diluirse e ingresan al vaso para ser consumidos por el lirio acuático. En la Ilustración 16 se observa como coincide la proliferación del lirio con las descargas de las comunidades de: Uruapilla, La Reunión, Nueva Florida, Santiago Undameo, La Sanguijuela y Santa Mónica. Además de que en la parte Este del vaso de la presa, hay plantaciones de Eucaliptos, los cuales contribuyen a la erosión del suelo en esa zona, lo cual en la época de lluvias provoca el aporte de fósforo.

Además, en la Ilustración 21 se observa dentro del vaso de la presa de color más oscuro como el lirio crece en las orillas. La parte Oeste es la más cercana al sitio de muestreo 1, y coincide en que es donde más se concentra el lirio. En la parte Este

igualmente se observa gran concentración y coincide con que es una zona altamente erosionable, y descarga directamente grandes cantidades de sedimentos.

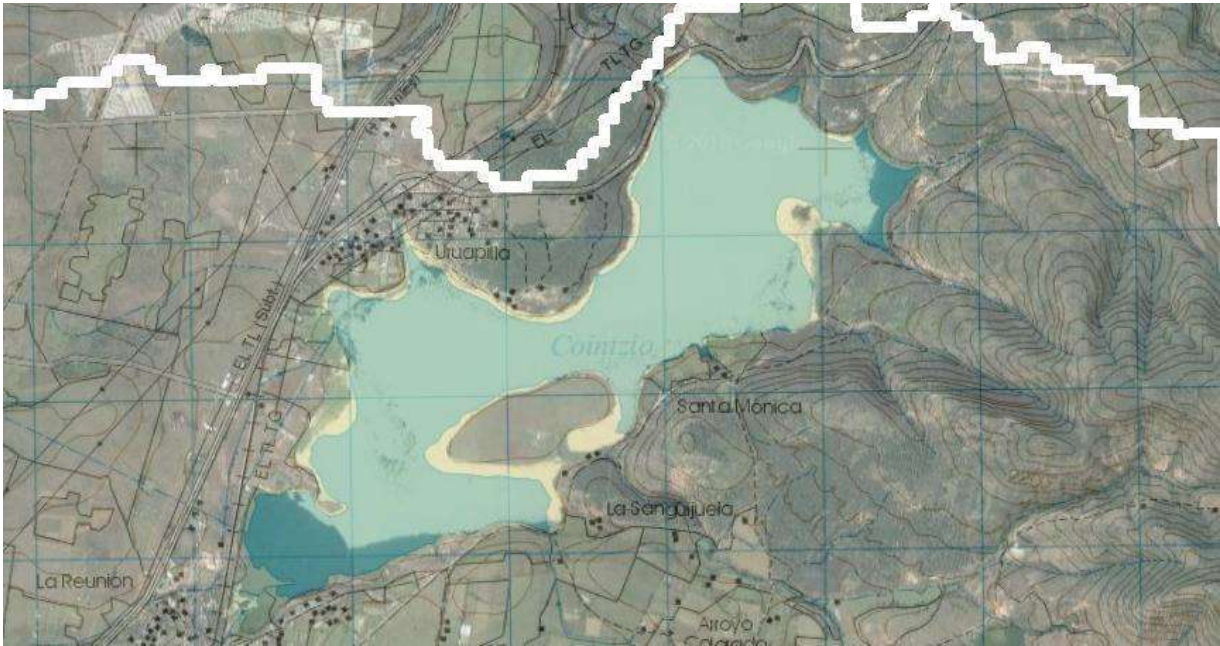


Ilustración 20. Acercamiento al vaso de la presa de Cointzio y comunidades aledañas.

8.1.3. Sólidos Orgánicos.

Los sólidos orgánicos es la parte volátil de los sólidos, la cual se elimina por medio de la calcinación y está ampliamente ligado a la demanda bioquímica de oxígeno. Dentro de esta clasificación se consideran los siguientes parámetros:

- Sólidos Totales Volátiles.
- Sólidos Sedimentables.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Ya que todos estos son de origen orgánico, la actividad microbológica lo transformara en nutriente para el lirio acuático en algún momento de su degradación.

En la Figura 5 podemos apreciar que los sólidos totales volátiles en las fuentes puntuales (señaladas en círculo negro) son mayores en la época de estiaje, esto

debido a que se descargan directamente las aguas residuales municipales, y se puede apreciar que en época de lluvia se reducen en gran porcentaje, debido a que las concentraciones se diluyen, y por lo general las aguas pluviales son vertidas a los drenajes.

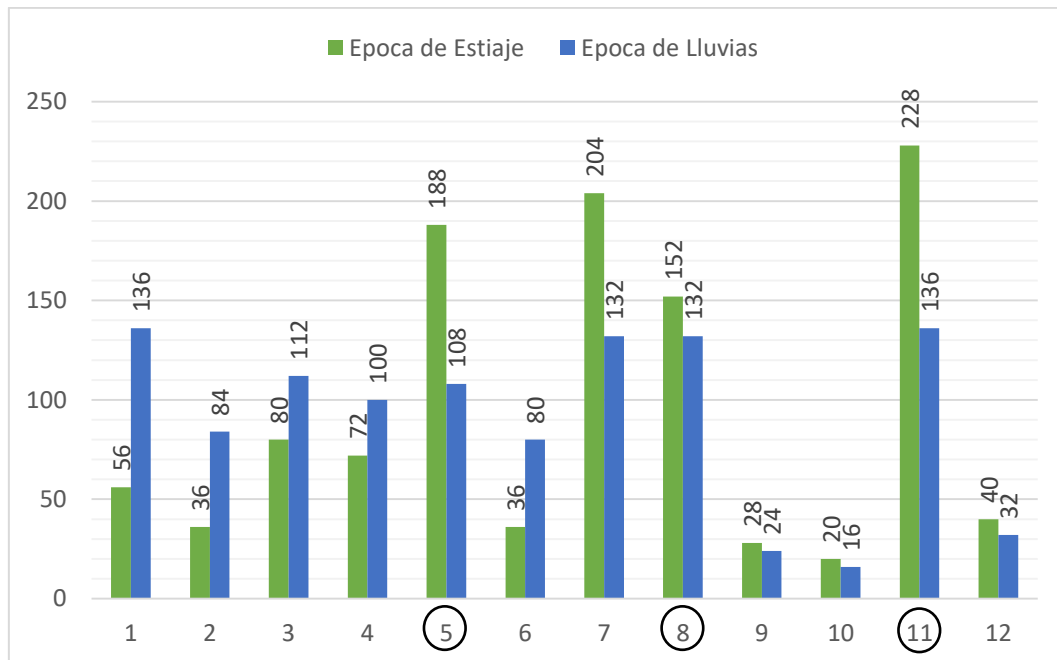


Figura 5. Solidos Totales Volátiles.

En las fuentes difusas se observa que en el periodo de lluvias aumenta considerablemente la concentración en las zonas bajas de la cuenca (muestra 1 a 8), debido al arrastre de materia orgánica proveniente de las zonas agrícolas y pecuarias, las cuales carecen de un manejo adecuado en la cuenca. Por el contrario, en las fuentes difusas provenientes de las partes altas (muestra 9 a 12) se observa una baja concentración, debido a que son zonas boscosas con poco arrastre de sedimentos, los cuales son retenidos por la abundante vegetación que se presenta en estas zonas.

En la Figura 6 se hace una gráfica con los valores de los sólidos sedimentables en época de lluvias y época de estiaje. Se observa que en la parte baja de la cuenca (muestra 1 a 8), existe un contenido considerable de solidos sedimentables, y que en la parte alta (muestra 9 a 12), el valor prácticamente tiende a cero. Lo anterior coincide con que, en las partes altas de la cuenca, la agricultura y ganadería son menores en

comparación con las partes bajas y por consiguiente el arrastre de sedimentos es menor. En la muestra 3 se aprecia un pico en la época de estiaje, durante la toma de muestra se observó que a los alrededores había muchos terrenos destinados a agricultura por macrotuneles en los que se producen frutos rojos. Cuando se realizó el muestreo correspondiente a la época de lluvias se observó que la producción se terminó, y coincide que se reduce en demasía la concentración de solidos sedimentables.

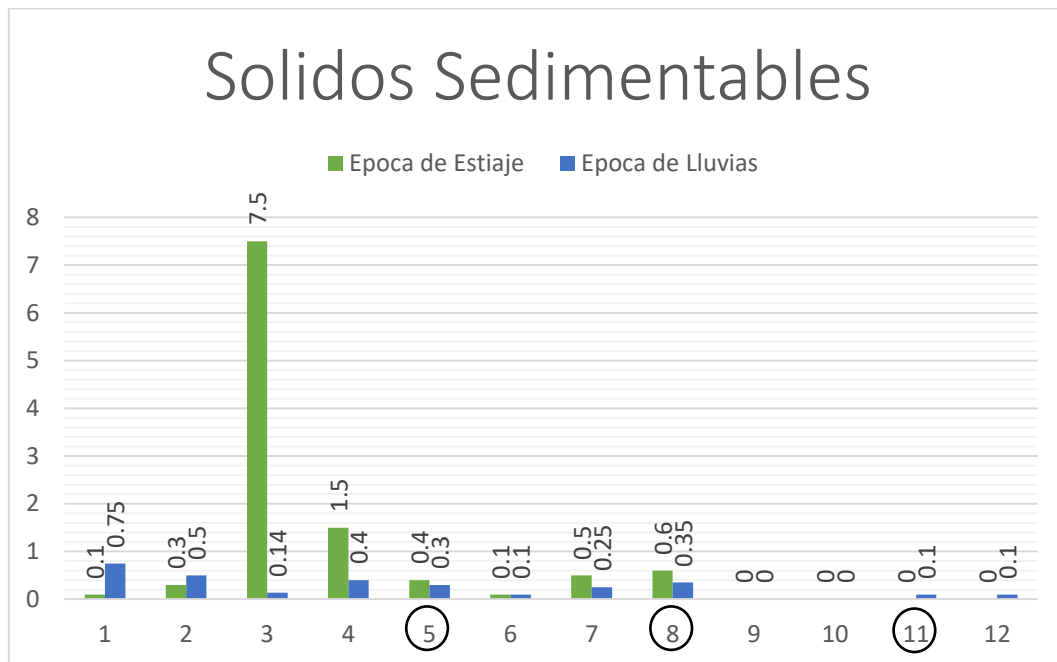


Figura 6. Solidos Sedimentables.

En la figura 7 observamos la demanda bioquímica de oxígeno con los muestreos de época de estiaje y época de lluvias. En círculo negro se identifican las fuentes puntuales. Se aprecia como las concentraciones más altas de DBO se dan en las fuentes puntuales en la época de estiaje. En época de lluvia se reducen aproximadamente a la mitad debido a que no se cuenta con drenaje pluvial en las comunidades y esta va a dar a los drenajes municipales. En las fuentes difusas las concentraciones son muy bajas en comparación a las fuentes puntuales, lo que nos indica que los drenajes naturales dentro de la cuenca cumplen con la autodepuración de las aguas residuales vertidas en la cuenca. Lo anterior corrobora la teoría descrita en la sección “8.2.1. Nitrógeno y Fósforo”, que dice que las concentraciones

disminuyen al aumentar la distancia, como se puede observar en la zona de muestreo 1.

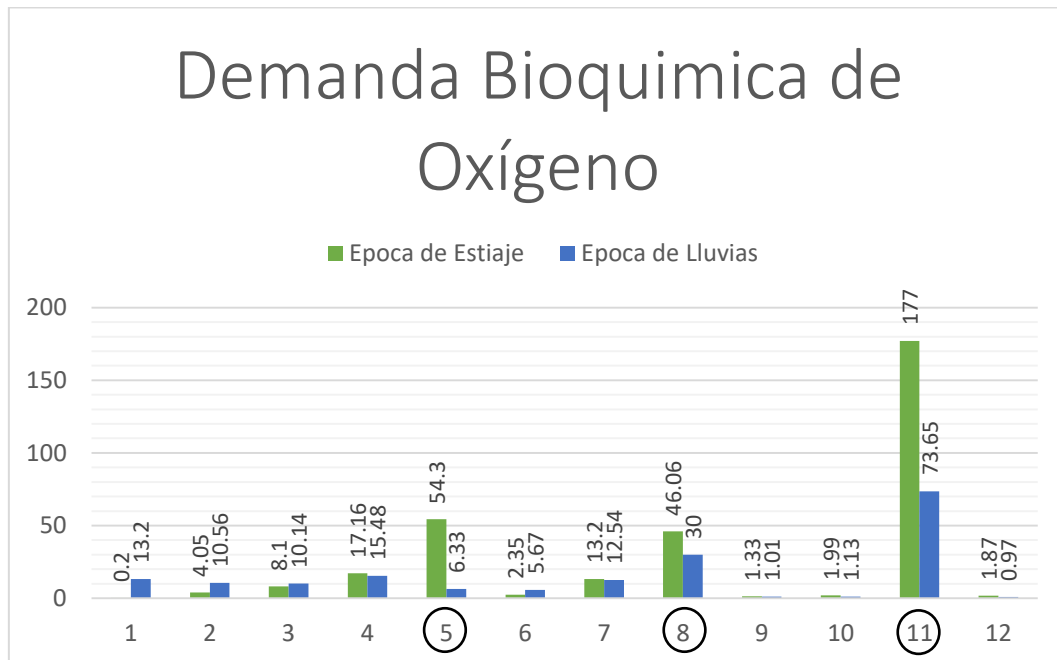


Figura 7. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Observando las fuentes puntuales (la 5, 8 y 11 que están encerradas en círculo negro) de la figura 7, corroboramos la teoría de que las comunidades aledañas al vaso de la presa, son las que más aportan materia orgánica, la cual no alcanza a ser degradada por la corta distancia y este fenómeno se vuelve constante, ya que el aporte es continuo durante todo el año.

8.2. Análisis de los resultados de la modelación en GWLF-E.

En este apartado se analizan los resultados derivados de la modelación en GWLF-E, en el cual se utilizaron datos de precipitación y temperatura del año 1954 a 1989, datos que corresponden al sistema de software CLICOM el cual es desarrollado por las naciones unidas.

En la ilustración 22 se muestra el resumen de los resultados que arrojó la modelación, con los cuales posteriormente se graficaran en los apartados posteriores y en los cuales se analizara la información.

GWLF-E Average Loads by Month

GWLF-E Loads for file: run1-0

Period of analysis: 36 years from 1954 to 1989

Month	Kg X 1000		Nutrient Loads (Kg)			
	Erosion	Sediment	Dissolved N	Total N	Dissolved P	Total P
Jan	313017.8	4587.4	3343.2	12179.0	206.4	3400.5
Feb	75388.2	68.9	289.3	332.9	4.5	18.5
Mar	58824.2	21.4	48.4	60.0	0.5	4.4
Apr	292387.2	3723.7	839.7	8198.5	61.8	2733.0
May	949400.0	3142.3	993.0	7140.2	63.2	2293.7
Jun	3216944.1	84282.7	11439.7	178772.8	713.1	61578.0
Jul	4499396.0	210068.7	41873.7	459224.8	1470.1	153221.7
Aug	3905154.8	239342.0	81505.0	555738.0	1545.9	173794.4
Sep	3595687.4	439684.5	101116.9	974368.4	1829.7	319370.7
Oct	939930.0	189287.2	57585.5	432301.2	908.0	137081.8
Nov	173203.7	12203.9	11058.1	34134.1	119.2	8457.5
Dec	82896.4	4342.8	2020.8	10218.0	24.3	2997.4
Totals	18102229.	1190755.4	312113.4	2672667.7	6946.6	864951.5

Buttons: Go Back, Loads by Source, Export to JPEG, Print, Close

Ilustración 21. Resumen de los resultados de erosión, sedimentos y nutrientes en GWLF-E.

Todos los resultados que arrojó el programa corresponden a un promedio de 36 años. Y se aprecia el resultado promedio mensual de los nutrientes divididos en nitrógeno total, fósforo total, nitrógeno disuelto y fósforo disuelto. A su vez nos da el resultado de erosión y sedimentos

8.2.1. Precipitación.

En la ilustración 23 se muestran los resultados que obtuvo el programa en lo concerniente a la precipitación y evapotranspiración.

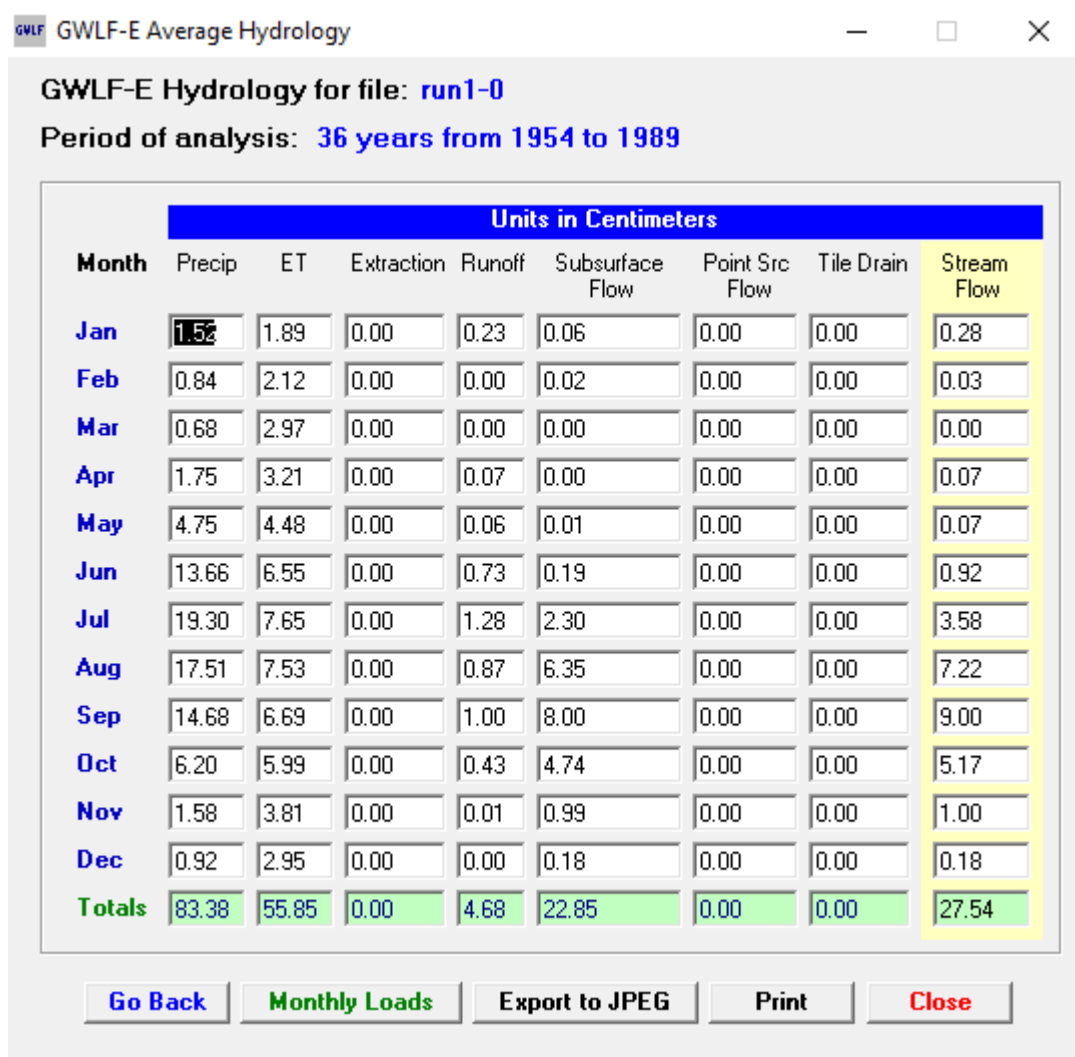


Ilustración 22. Resumen de los resultados de precipitación y evapotranspiración en GWLF-E.

Con estos datos se construye la figura 8, en la cual se observa que del mes de mayo al mes de octubre la precipitación supera a la evapotranspiración; este periodo

corresponde a la temporada de lluvias, y cuando la evapotranspiración es superior a la precipitación (de noviembre a abril) se considera la temporada de estiaje.

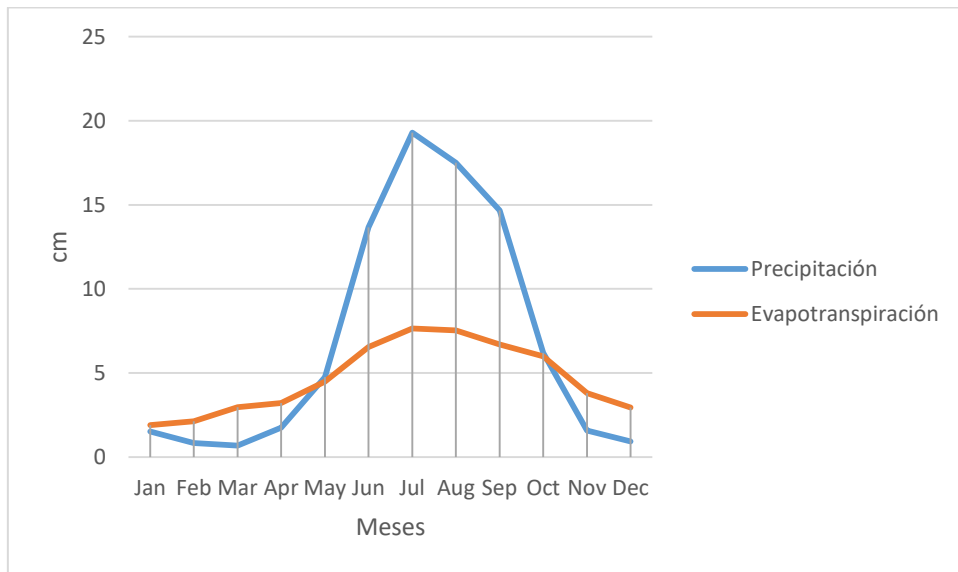


Figura 8. Gráfica de los resultados de precipitación y evapotranspiración del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.

8.2.2. Sedimentos.

En la Figura 9 se observa que, de diciembre a mayo, prácticamente la sedimentación es muy baja en comparación a los otros meses, y a partir de mayo hasta noviembre se incrementa en gran medida. En el mes de septiembre se presenta el aporte más alto de sedimentos, estos valores coinciden con la teoría de que en la temporada de lluvias es cuando se da el mayor aporte de nutrientes al vaso de la presa.

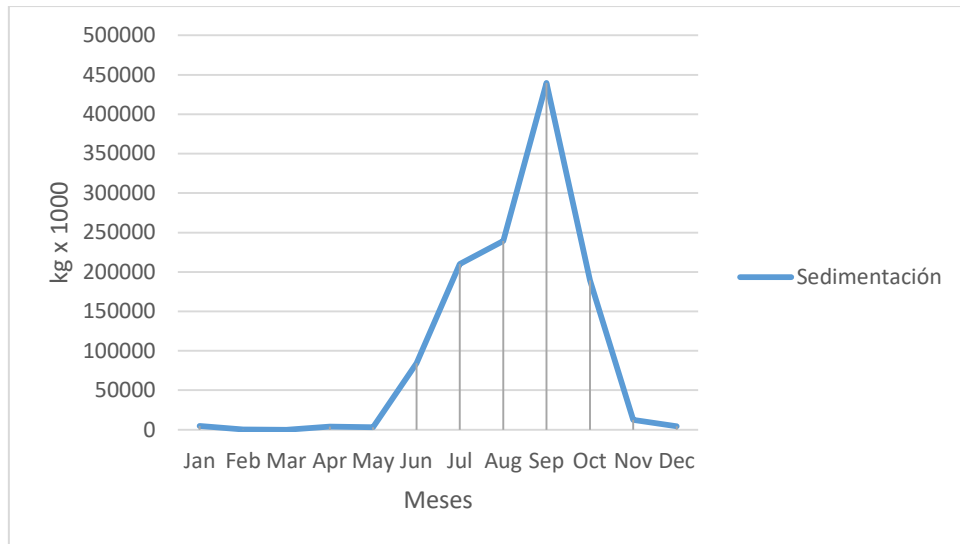


Figura 9. Gráfica de los resultados de sedimentación del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.

8.2.3. Erosión.

En la gráfica de la figura 10 se observa que, de enero a mayo, cuando la precipitación es baja la erosión también es muy baja, pero cuando inicia la temporada de lluvias que va de mayo a octubre se incrementa aproximadamente diez veces.

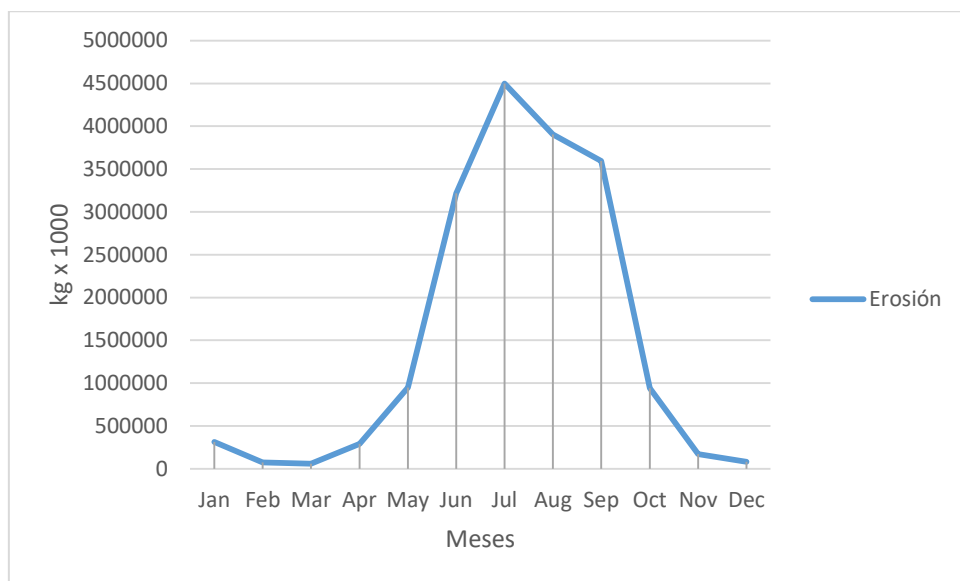


Figura 10. Gráfica de los resultados de erosión del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.

Debido a la erosión en la cuenca, como se vio en los resultados de los muestreos, en la temporada de lluvias es cuando el mayor aporte de nutrientes se presenta, ya que

con los altos caudales a pesar de que en ocasiones son concentraciones bajas, por el volumen que se presenta, el aporte es mucho mayor que en temporada de estiaje.

Se observa también como en los meses de febrero y marzo la erosión es muy cercana a cero, al igual que la precipitación.

8.2.4. Nutrientes.

A continuación, se grafican las cargas de los nutrientes resultado de la modelación. Las cantidades se observan en la Ilustración 18, para ambos nutrientes se tomó en cuenta los valores totales, ya que en los muestreos fue como se tomaron en cuenta, aunque los nutrientes disueltos son los que están disponibles para el consumo del lirio.

8.2.4.1. Nitrógeno.

En la figura 11 observamos como el mayor aporte de nitrógeno total se da en la época de lluvias que va de mayo a octubre, y en los meses restantes es muy poco el aporte.

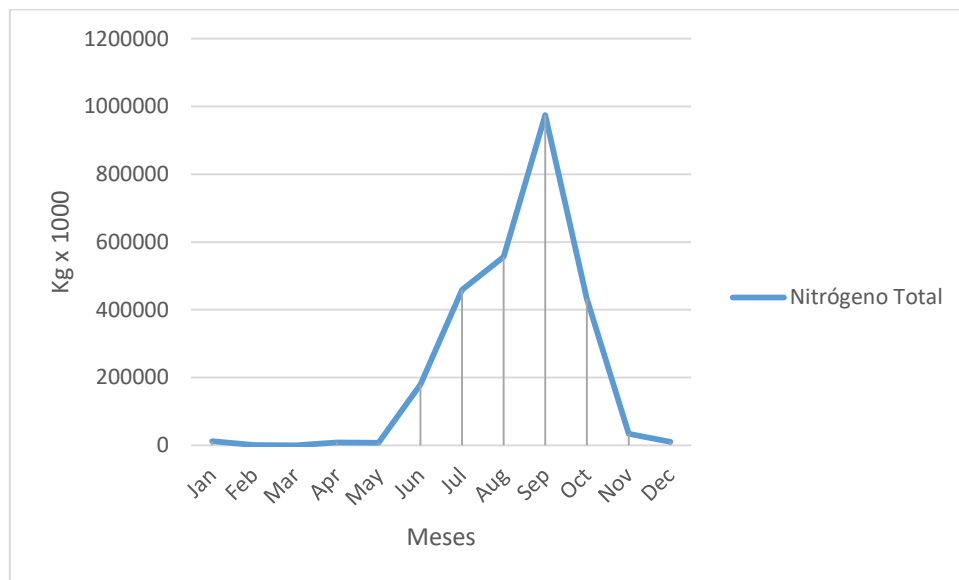


Figura 11. Gráfica de los resultados de nitrógeno del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.

Con lo anterior y comparando con la gráfica de precipitación, observamos que existe una correlación, entre la precipitación, la erosión y la sedimentación.

8.2.4.2. Fósforo.

En la figura 12 observamos los resultados del fósforo total y vemos como tiene el mismo comportamiento que el nitrógeno total y la sedimentación, pero a diferentes magnitudes.

Debido a los resultados se puede concluir que la época en que se sufre el mayor aporte de nutrientes es en el periodo de lluvias, y que posiblemente a lo largo del año el fósforo se vaya haciendo más disponible para que el lirio lo pueda utilizar en su nutrición.

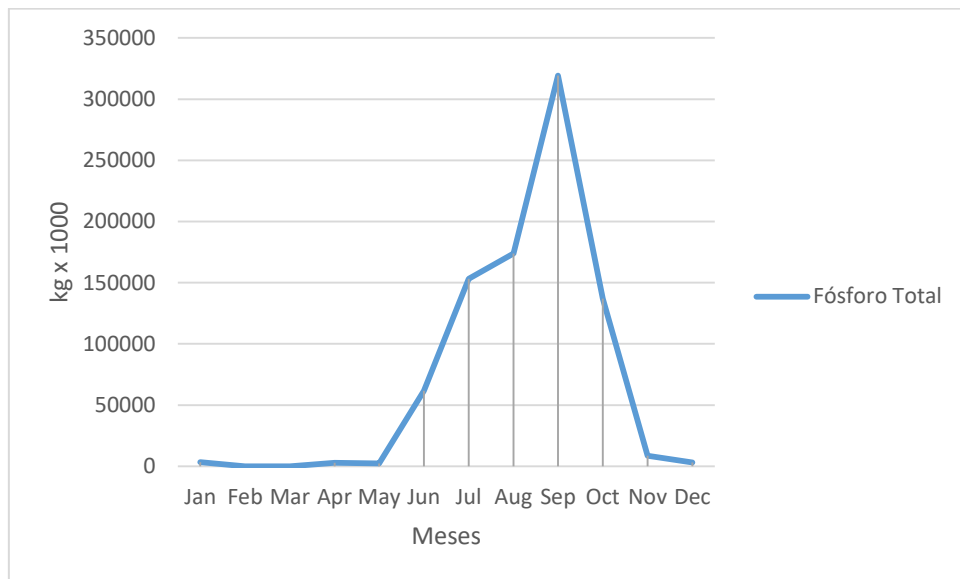


Figura 12. Gráfica de los resultados de fósforo del modelo GWLF-E en la cuenca de Cointzio.

9. Conclusiones.

El mayor aporte de ambos nutrientes se da en la temporada de lluvias, esto a pesar de que las concentraciones mayores ocurren en la época de estiaje a causa de las fuentes puntuales, pero debido al aumento de flujo ocasionado por las precipitaciones y a la erosión provocada por el cambio de uso de suelo de bosques a agricultura, los cuales corresponden a las fuentes difusas; ocurre una gran proliferación de lirio acuático en la presa de Cointzio.

9.1. Conclusiones de los muestreos.

Las fuentes puntuales son las que mayor concentración de nutrientes presentan en los análisis, y en temporada de lluvias dichas concentraciones se reducen aproximadamente un 50%.

El nitrógeno en las fuentes difusas prácticamente se mantiene constante en ambas temporadas. En cambio, el fósforo aumenta en la temporada de lluvias, sobre todo en las zonas de uso de suelo agrícola, aguas arriba donde la erosión se hace presente.

La concentración de las descargas por fuentes puntuales disminuye a lo largo del cuece, debido a las propiedades de autodepuración del mismo, así entre más alejado un punto de muestre de la descarga, menor será la concentración. Por lo tanto, no es necesario instalar plantas de tratamiento de aguas residuales para descargas alejadas del vaso de la presa, pero si en las poblaciones aledañas al vaso.

9.2. Conclusiones de la modelación.

En las imágenes satelitales se observa como en los arroyos confluyentes a la presa en poblaciones cercanas aguas arriba. En estos sitios el lirio acuático comienza a acumularse, lo cual corrobora que las fuentes puntuales influyen de tal manera que a cortas distancias se encuentra alta contaminación por nutrientes; lo que significa un gran potencial para el desarrollo del lirio acuático.

Una alta concentración de nitrógeno y fósforo da como resultado una proliferación excesiva de lirio acuático en la presa de Cointzio. Cuando existe la ausencia de fósforo, el lirio no encuentra un ambiente propicio para desarrollarse.

9.3. Sugerencias para el problema.

Por lo descrito anteriormente es recomendable disminuir el exceso de nutrientes y la erosión dentro de la cuenca con buenas prácticas de manejo. Un ejemplo de esas prácticas podría ser: sembrar con surcos siguiendo las curvas de nivel del terreno o realizando zanjas de infiltración, para evitar al máximo el escurrimiento. También el mal manejo de los suelos en las actividades pecuarias, como el sobrepastoreo que provoca una gran erosión.

Con el presente trabajo se tienen las bases teóricas para realizar un tratamiento preventivo, el cual posiblemente sea más caro en un inicio, pero que a largo plazo disminuirá enormemente las aportaciones de nutrientes y por ende se evitarían los costosos tratamientos correctivos que se deben de realizar año con año.

Para los usos de suelo pecuarios, un tratamiento para aminorar la erosión es el PRV (Pastoreo Racional Voison), el cual consiste en rotar el ganado en sus pastoreos, para evitar el sobrepastoreo.

Para el uso de suelo agrícola se recomienda utilizar "línea clave", el cual es un método de P.A. Yeomans. Este método consiste en excavar zanjas alineadas a las curvas de nivel, para interceptar el escurrimiento y así infiltrar el agua y de esta manera disminuir sustancialmente la erosión. En los bordes de dichas zanjas es posible sembrar árboles ya sean frutales o maderables, el cual sería un uso adicional que le pueden dar los agricultores a sus terrenos.

9.4. Recomendaciones para trabajos posteriores.

Los investigadores interesados en continuar con la presente investigación podrían concentrarse en zonificar la cuenca en áreas en donde se puede ver cuál es la más crítica en cuestión de aporte de nutrientes.

10. Referencias.

- Arreguin-Cortes, F., Gomez-Balandra, A., & Izurrieta-Dávila, J. (2000). *Contaminación Difusa*. Tlaloc.
- Betancourt, C., Suárez, R., & Toledo, L. (2009). Ciclo anual del nitrógeno y el fósforo en el embalse Paso Bonito, Cienfuegos, Cuba. *Limnetica*, 28 (1), 79-90.
- Bocanegra, A. (7 de Septiembre de 2018). Cambio de uso de suelo causa proliferación de lirio en presa de Cointzio: Conagua. *MiMorelia.com*.
- Bravo-Inclán, L., Saldaña-Fabela, P., Izurrieta Dávila, J., & Mijangos Carro, M. (1 de Febrero de 2013). *La importancia de la contaminación difusa*. Obtenido de Portal del Gobierno Federal: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93656/contaminacion_01feb.pdf
- Bravo-Inclán, L., Saldaña-Fabela, P., Izurrieta-Dávila, J., & Mijangos-Carro, M. (1 de Febrero de 2013). *La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo*. Obtenido de Gobierno Federal: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93656/contaminacion_01feb.pdf
- Bustamante, M., Lopez, F., & Bonetto, C. (2007). Obras de saneamiento en la cuenca del embalse San Roque y estimación del régimen trófico en respuesta a un cambio de cargas. *XXI Congreso Nacional del Agua. Tucuman*, 29.
- Cobourn, J. (2011). *Como Instalar las Mejores Prácticas de Manejo (BMP) a Escala Residencial en la Cuenca del Lago Tahoe*. Incline Village, NV, USA: Programa de Extensión Cooperativa de la Universidad de Nevada.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2011). *Agenda del Agua 2030*.
- De Anda, J., & Maniak, U. (2007). Modificaciones en el régimen hidrológico y sus efectos en la acumulación de fósforo y fostatos en el Lago de Chapala, México. *Interciencia Vol. 32 No. 2*, 100-107.
- Evans, B. M., & Corradini, K. J. (2012). *MapShed Version 1.5 User Guide*. State College: The Pennsylvania State University .
- Gopal B., y. P. (1981). *Water Hyacinth (Heichhornia crassipes) the most troublesome weed of the world*. Hindasia, Delhi.
- Gutierrez Lopez, E., Arreguin Cortes, F., Huerto Delgadillo, R., & Saldaña Fabela, P. (1994). Control de malezas acuáticas en México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 15-34.
- Hansen, A. M., Zavala, A. L., & Bravo, L. (1995). Fuentes de contaminación y enriquecimiento de metales. *Ingeniería Hidráulica en México. Vol.X, Núm.3.*, 55-69.
- IAWQ. (1996). *International Assessment on Water Quality*. Nature's Way. IWA Publishing and Diffuse Pollution Specialist Group.
- Izurrieta-Davila, J., Mijangos-Carro, M. A., Rivera, P., Torres, V., & Chavarría, J. (2007). *Diagnóstico de la contaminación por fuentes no puntuales en México*. IMTA.

- Kim Doan, P. T., Némery, J., Schmid, M., & Gratiot, N. (2015). Eutrophication of turbid tropical reservoirs: Scenarios of evolution of the reservoir of Cointzio, México. *Ecological Informatics* 29, 192-205.
- Limon, G. (1989). Evolución Global del fósforo y la eutrofización en México. *Camara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas y Jabones y Asociación Nacional de la Industria Química*.
- Mijares Carro, M. A., Gonzalez, V. R., Bravo Inclan, L. A., Alba Uriostegui, M., & M. Evans, B. (2015). ESTUDIO DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PUNTUAL Y DIFUSA EN LAS SUBCUENCAS DEL LAGO DE TUXPAN Y RÍO TOMATAL, IGUALA, GRO., MÉXICO. *Memorias de resúmenes en extenso SELPER-XXI-México-UACJ*, 1-7.
- Némery, J., Alvarado, R., Gratiot, N., Duvert, C., Mahé, F., Duwig, C., . . . Esteves, M. (2009). Biogeochemical characterization of the Cointzio reservoir (Morelia, Mexico) and identification of a watershed-dependent cycling of nutrients. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, abstract id. H53D-0958.
- Nuñez-López R. A., Y. M.-V. (2004). *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones*. *Ciencia*, 55(3):69-82.
- Rivas, Z., Sanchez, J., Troncone, F., Márquez, R., Ledo de Medina, H., & Gutiérrez, E. (2009). Nitrógeno y Fósforo totales de los ríos tributarios al sistema Lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia Vol. 34 No. 5*, 308-314.
- Ruiz-Chávez, R. (2011). *Evaluación de la contaminación en cuencas por medio de un Sistema de Información Geográfico. Caso de estudio: Cuenca de Río Grande de Morelia. (Tesis de Maestría)*. Instituto Politécnico Nacional.
- Vera, J. M. (2012). Monitoreo y control ecológico de lechuguines (*Eichhornia Crassipes*) en el embalse "La Esperanza", en la cuenca del río Chone de la provincia de Manabí, Ecuador. *2do. Congreso de Manejo de Cuencas Hidrográficas realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)*, V (págs. 40-46). Iillahermosa, Tabasco, México: Revista LaTécnica.

11. Anexo 1. Resultados del primer muestreo para periodo de estiaje.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 1 de 13

Morelia, Michoacán a 06 de julio de 2018.

Dr. Jesús Alberto Rodríguez Castro
Profesor Investigador de la Facultad de
Ingeniería Civil. UMSNH
PRESENTE

Att'n Ing. Juan Salvador Alatorre Cázares
Alumno de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental. PIC.UMSNH

Por este conducto, presentamos a usted(s) los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a las muestras tomadas el día 23 de abril de 2018 en 12 diferentes puntos de muestreo localizados dentro de la cuenca hidrológica de la Presa de Cointzio, en Morelia, Michoacán. El muestreo, transporte y preservación estuvo a cargo del solicitante. A la muestra se le practicaron los análisis solicitados, atendiendo a los requerimientos del proyecto de investigación denominado:

"Evaluación del potencial de contaminación de la presa Cointzio por fuentes puntuales y difusas"

Al respecto, en función de los parámetros solicitados, se presentan los resultados de los análisis de dichas muestras.

Sin otro particular por el momento, quedo a su disposición para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Atentamente.



Ing. Sopía Aguilera Juárez
Jefa de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Facultad de Ingeniería Civil.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

C.c.p. Archivo

Edificio de Programa de Ingeniería Civil (PIC)

Ciudad Universitaria
Teléfono (443) 322 5500 Ext. 4544

Morelia, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 2 de 13

Origen de la muestra: Aguas abajo Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 1

Hora de muestreo: 07:43 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.9	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.8	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	195.5	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.22	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	260	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	176	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	84	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	124	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	52	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	204	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	56	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	80	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	2.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	0.20	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	2.98	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.0	HACH Método TNT 843

Morelia-Michoacán, a 06 de julio de 2018.




Edificio de Programa de Ingeniería Civil (P9C)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 322 3900 Ext. 4344*

Morelia, Michoacán, México



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 3 de 13

Origen de la muestra: Agua arriba Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 2

Hora de muestreo: 09:03 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.9	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	16.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	114.6	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	2.36	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	176	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	124	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	52	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	92	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	32	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	140	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	48	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.3	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	14	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	4.05	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	7.0X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.55	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.00	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 4 de 13

Origen de la muestra: Puente Noriega, Tiripetio, Michoacán.

Número de muestra: 3

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 09:36 horas.

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.4	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	15.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	231.0	Electrométrico
Salinidad	°/‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.56	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	244	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	192	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	52	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	148	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	44	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	164	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	80	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	16	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	7.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	54	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	8.10	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9.0X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.38	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.449	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.




Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (PDC)

Ciudad Universitaria

Morelia, Michoacán, México

Teléfono (463) 522 5500 Ext. 4544



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 5 de 13

Origen de la muestra: San Antonio Coapa, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 4

Hora de muestreo: 10:42 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.5	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	21.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	18.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	232	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	1.61	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	472	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	204	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	268	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	160	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	44	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	400	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	72	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	240	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	28	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	1.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	52	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	17.16	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9.0X10 ¹	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	7.87	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.56	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]



Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P2C)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 522 3500 Ext. 4344

Morelia, Michoacán, México



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 6 de 13

Origen de la muestra: Aguas abajo Acuitzio, Michoacán.

Número de muestra: 5

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 13:22 horas.

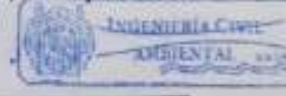
Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.7	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	27.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	18.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	271.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	0.92	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	450	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	258	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	192	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	150	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	108	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	272	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	188	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	112	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	80	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.4	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	217	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	54.30	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.5X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	14.8	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	4.08	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 7 de 13

Origen de la muestra: Aguas Arriba Acuitzio, Michoacán
 Número de muestra: 6
 Tipo de muestreo: simple
 Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018
 Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 14:17 horas.
 Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.1	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	24.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	18.4	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	132.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.12	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	188	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	116	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	2.35	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	3.55	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	4.16	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.






Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 8 de 13

Origen de la muestra: Tiripetío, Michoacán.

Número de muestra: 7

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 15:04 horas.

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.8	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	172.9	Electrométrico
Salinidad	°/‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	1.09	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1384	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	168	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1216	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	116	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	52	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1180	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	204	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	1064	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	66	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	13.20	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4X10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	11.7	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.06	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 8 de 13

Origen de la muestra: Tiripetio, Michoacán.

Número de muestra: 7

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 15:04 horas.

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.8	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	172.9	Electrométrico
Salinidad	°/‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	1.09	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1384	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	168	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1216	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	116	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	52	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1180	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	204	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	1064	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	66	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	13.20	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4X10 ¹⁰	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	11.7	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.06	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]



Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P2C)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (463) 322 3900 Ext. 4344*

Morelia, Michoacán México



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 9 de 13

Origen de la muestra: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Lagunillas, Michoacán.

Número de muestra: 8

Hora de muestreo: 15:50 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

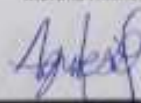

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Residual tratada

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.9	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	26.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	21.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	409.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.2	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	0.83	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	600	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	284	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	316	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	212	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	72	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	448	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	236	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	80	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.6	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	177	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	46.06	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.6X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	22.7	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	3.45	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P3C)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 322 5500 Ext. 4544

Morelia, Michoacán, México



Origen de la muestra: Presa Umécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 9

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: presa

Hora de muestreo: 16:37 horas.

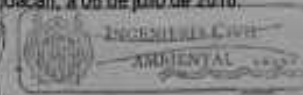
Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	8.4	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	21.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	54.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.0	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.03	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	84	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	72	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	12	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	48	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	24	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	56	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	28	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	8	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	11	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /l	1.33	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ⁵	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	1.76	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.00	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 11 de 13

Origen de la muestra: Nieves, Morelia, Michoacán.

Numero de muestra: 10

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 17:17 horas.

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.1	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	24.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	44.5	Electrométrico
Salinidad	‰	0.0	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.44	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	92	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	76	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	16	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	60	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	16	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	72	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	20	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	12	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	1.99	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<3.0X10 ³	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	3.47	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.00	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]



INGENIERÍA CIVIL
AMBIENTAL



Origen de la muestra: Aguas abajo Atécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 11

Hora de muestreo: 18-13 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

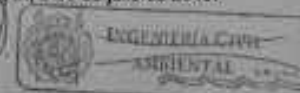
Tipo de agua: Residual (descarga)

- Resultados de laboratorio:

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.9	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	---	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	---	Electrométrico
Salinidad	‰	---	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	0.43	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	524	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	320	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	204	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	216	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	104	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	296	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	228	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	80	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	124	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	417	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	177.0	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2.0X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	2.09	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	7.09	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]





Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 13 de 13

Origen de la muestra: Aguas arriba Atécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 12

Hora de muestreo: 18:15 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 23 de abril del 2018

Fecha de análisis: 25 de abril al 18 de mayo del 2018

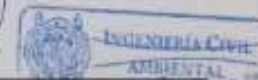
Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.0	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	---	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	---	Electrométrico
Salinidad	‰	---	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.13	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	192	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	188	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	4	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	36	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	152	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	40	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	4	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	1.87	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.5X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	28.0	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.0	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 06 de julio de 2018.

[Firma manuscrita]



Morelia, Michoacán, México

Edificio de Pasaje de Ingeniería Civil (PIC)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 522 5900 Ext. 4344

12. Anexo 2. Resultados del segundo muestreo para periodo de lluvias.



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 1 de 13

Morelia, Michoacán a 04 de septiembre de 2018.

Dr. Jesús Alberto Rodríguez Castro
Profesor Investigador de la Facultad de
Ingeniería Civil, UMSNH
PRESENTE

Al: Ing. Juan Salvador Alatorre Cázarez
Alumno de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, PIC, UMSNH

Por este conducto, presentamos a usted(s) los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a las muestras tomadas el día 28 de agosto de 2018 en 12 diferentes puntos de muestreo localizados dentro de la cuenca hidrológica de la Presa de Coitzaco, en Morelia, Michoacán. El muestreo, transporte y preservación estuvo a cargo del solicitante. A la muestra se le practicaron los análisis solicitados, atendiendo a los requerimientos del proyecto de investigación denominado:

"Evaluación del potencial de contaminación de la presa Coitzaco por fuentes puntuales y difusas"

Al respecto, en función de los parámetros solicitados, se presentan los resultados de los análisis de dichas muestras.

Sin otro particular por el momento, quedo a su disposición para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Acentamente,



Ing. Soledad Aguilera Juárez
Jefa de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 2 de 13

Origen de la muestra: Aguas abajo Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 1

Hora de muestreo: 8:40 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto del 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.5	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	18.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.2	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	138.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.8	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1364.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	92.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1272.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1228.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	136.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	1160.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	112.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.75	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	48.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	13.2	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ⁷	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	5.41	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.89	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

Agulera





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 3 de 13

Origen de la muestra: Agua arriba Santiago Undameo, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 2'

Hora de muestreo: 09:16 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto del 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.3	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	16.5	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	16.9	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	65.3	Electrométrico
Salinidad	‰	0.0	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.74	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	804.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	80.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	724.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	48.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	32.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	720.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	84.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	672.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	52.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.5	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	52.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	10.56	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.5X10 ⁴	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.10	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.912	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018.

[Firma manuscrita]



Edificio de Pasadizo de Ingeniería Civil (PIC)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 522 3500 Ext. 4344*



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 4 de 13

Origen de la muestra: Puente Noriega, Tiripetío, Michoacán.

Número de muestra: 3'

Hora de muestreo: 09:45 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto del 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.0	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	19.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.5	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	μS/cm	189.3	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.28	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	680.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	112.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	568.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	84.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	28.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	568.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	112.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	484.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	84.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.14	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	37.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	10.14	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<3X10 ⁴	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.34	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.823	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

[Firma manuscrita]



UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 5 de 13

Origen de la muestra: San Antonio Coapa, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 4

Hora de muestreo: 10:15 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto del 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.1	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	19.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	164.1	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.05	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	1136.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	108.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	1028.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	40.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	1036.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	100.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	968.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	60.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.4	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	56.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	15.48	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	7.5X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	7.70	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.65	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

Arto

Edificio de Programa de Ingeniería Civil (PIC)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 322 5500 Ext. 4344

LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
 Morelia Michoacán México
 (PIC)



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 6 de 13

Origen de la muestra: Aguas abajo Acuitzio, Michoacán.

Número de muestra: 5

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 11:20 horas.

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.2	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.6	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	218.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.61	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	504.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	148.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	356.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	124.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	396.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	108.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	272.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	84.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.30	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	21.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	6.33	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.6X10 ⁸	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	6.13	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.43	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

[Firma manuscrita]

Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 322 3500 Ext. 4344

Morelia Michoacán México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 7 de 13

Origen de la muestra: Aguas Arriba Acuitzio, Michoacán

Número de muestra: 6

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 12:27 horas.

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

- Resultados de laboratorio:

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.4	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	25.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.4	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	170.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.68	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	440.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	128.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	312.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	104.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	360.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	80.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)	mg/l	256.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)	mg/l	56.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.10	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	31.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	5.67	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2.8X10 ⁸	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.57	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.829	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

[Firma manuscrita]



Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 322 3500 Ext. 4344*

Morelia, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 8 de 13

Origen de la muestra: Tiripetío, Michoacán

Número de muestra: 7

Hora de muestreo: 12:51 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.2	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	19.4	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	176.9	Electrométrico
Salinidad	‰	0.1	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.99	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	812.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	120.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	692.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	88.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	32.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	680.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	132.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)	mg/l	592.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)	mg/l	100.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	mil	0.25	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	66.0	NMX-AA-0302-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	12.54	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.5X10 ⁹	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	7.22	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	1.59	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018.

[Firma manuscrita]

Edificio de Programas de Ingeniería Civil (PPIC)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 322 5900 Ext. 4344





Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 9 de 13

Origen de la muestra: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Lagunillas, Michoacán.

Número de muestra: 8

Hora de muestreo: 13:39 horas

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Residual tratada

- Resultados de laboratorio:

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.1	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	21.2	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	343.0	Electrométrico
Salinidad	°/‰	0.2	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.48	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	648.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	204.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	444.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	148.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	56.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	516.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	132.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	368.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	76.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.35	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	75.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	30.0	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	>2.4X10 ¹¹	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	10.38	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	2.36	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

Aguiar





UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 10 de 13

Origen de la muestra: Presa Umécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 9'

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: presa


Hora de muestreo: 15:00 horas.

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.4	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	24.2	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	55.5	Electrométrico
Salinidad	‰	0.0	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	4.82	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	40.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	28.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	32.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	8.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	44.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Fijos (SSF)	mg/l	12.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendedos Volátiles (SSV)	mg/l	16.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	6.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	1.01	NMX-AA-026-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9.0X10 ⁴	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	3.26	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.05	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018.

Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (P9C)

Ciudad Universitaria

Morelia, Michoacán México

Teléfono (443) 322 3700 Ext. 4544



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 11 de 13

Origen de la muestra: Nieves, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 10

Tipo de muestreo: simple

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

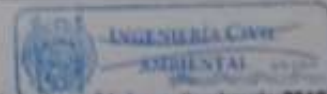
Tipo de agua: Río

Hora de muestreo: 15:20 horas.

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.9	NMX-AA-006-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	24.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	21.1	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	39.5	Electrométrico
Salinidad	‰	0.0	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	5.29	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	80.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	56.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	48.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	8.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	64.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	16.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	16.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	8.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	<0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	7.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	1.13	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.0X10 ³	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	2.54	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.054	HACH Método TNT 843



Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018.

Aguilera



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
Hoja 12 de 13

Origen de la muestra: Aguas abajo Atécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 11

Hora de muestreo: 17:00 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 26 de agosto de 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

Tipo de agua: Residual (descarga)

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.8	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	19.7	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	464.0	Electrométrico
Salinidad	‰	0.2	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg/l	3.14	Electrométrico
Sólidos Totales (ST)	mg/l	432.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	320.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	112.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	252.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	296.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	136.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	44.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.10	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	156.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	73.65	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _t)	mg/l	11.1	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _t)	mg/l	2.91	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018

[Firma manuscrita]



Edificio de Programas de Ingeniería Civil (PIC)

Ciudad Universitaria

Teléfono (443) 522 5200 Ext. 4344

Morelia, Michoacán, México



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



Asunto: Reporte de análisis de calidad de agua
 Hoja 13 de 13

Origen de la muestra: Aguas arriba Atécuaro, Morelia, Michoacán.

Número de muestra: 12

Hora de muestreo: 17:10 horas.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 28 de agosto de 2018

Fecha de análisis: 29 de agosto al 05 de septiembre de 2018

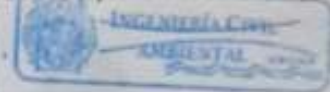
Tipo de agua: Río

- Resultados de laboratorio:

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO UTILIZADO
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	7.2	NMX-AA-008-SCFI-2011
Temperatura ambiente	°C	22.0	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura de la muestra	°C	17.4	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	µS/cm	86.2	Electrométrica
Salinidad	‰	0.0	Electrométrica
Oxígeno disuelto	mg/l	5.53	Electrométrica
Sólidos Totales (ST)	mg/l	128.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	76.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	52.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	68.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	8.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	96.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	32.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	28.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	24.0	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.1	NMX-AA-004-SCFI-2013
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	11.0	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	0.97	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4.3X10 ⁶	NMX-AA-042-SCFI-2015
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	4.17	HACH Método TNT 827
Fósforo Total (P _T)	mg/l	0.120	HACH Método TNT 843

Morelia Michoacán, a 04 de septiembre de 2018.

[Firma manuscrita]



Edificio de Posgrado de Ingeniería Civil (PDC)

*Ciudad Universitaria
 Teléfono (443) 522 5500 Ext. 4544*

Morelia, Michoacán, México