

EL CAMBIO DE USO DE SUELO Y SUS EFECTOS, ZONA DE ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO CUPATITZIO, MICHOACÁN, MÉXICO

Verónica Molina Rodríguez^a, Ezequiel García Rodríguez^b, Ricardo Ruíz Chávez^c

**Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.**

1612618k@umich.mx, ezequiel.garcia@umich.mx, ricardo.ruiz@umich.mx.

RESUMEN

El cambio de uso de suelo es un factor importante en el deterioro ambiental en los ecosistemas acuáticos rurales, lo anterior derivado de la aportación de nutrientes a las cuencas hídricas, para explicar dicho aporte, en el presente estudio se realiza como ejemplo una caracterización de la subcuenca del río Cupatitzio en la ciudad de Uruapan, Michoacán, para demostrar la relación en la afectación medioambiental por el cambio de uso de suelo a través del tiempo, realizando una modelación hidrológica espacio temporal con la ayuda del modelo Soil and Water Assessment Tool. En la modelación hidrológica se toman en cuenta factores como tipo y uso de suelo, vegetación y sus respectivas rotaciones de cultivo, fertilizantes, flujo superficial y subterráneo de la cuenca, para poder analizar el impacto provocado por el cambio de uso de suelo, al igual que sus posibles medidas de mitigación.

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 71% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua. El agua es uno de los recursos naturales más importantes y utilizados por el ser humano, y entre los usos más comunes se encuentran el consumo humano, las actividades agrícolas, las actividades recreativas, la producción de electricidad y el uso para conservación ecológica, entre otros, de ahí la importancia de conservar y tratar dicho líquido vital. Según el artículo “El agua en un mundo en crisis” (Rey Santos, 2014), el 96.5% del agua existente en el planeta es salada y se concentra en mares y océanos, el 1.72% se encuentra en los glaciares, el 0.78% en los

acuíferos, y únicamente el 1% proviene de fuentes superficiales y, por lo tanto, es de fácil acceso para consumo humano.

Las cuencas hidrográficas, además de ser fuente de agua dulce, regulan el flujo del agua previniendo peligros naturales como las inundaciones, regulan la calidad del agua por su comportamiento filtrante, pueden ser generadoras de energía eléctrica y forman parte del paisaje natural.

La cuenca del río Cupatitzio tiene una gran relevancia en la región, ya que sus aguas actualmente se disponen para varios usos y aprovechamientos, destacando, principalmente, el uso urbano para la ciudad de Uruapan, (Michoacán, México), el riego de aproximadamente 22,550 ha. de cultivo mediante 11 presas derivadoras y 3 presas para generación de energía eléctrica pertenecientes a la CFE (CONAGUA, 2015).

Es necesario implementar modelos que relacionen cuantitativamente el uso del suelo, crecimiento de la población, clima y los ciclos biogeoquímicos con el propósito de proporcionar una visión holística de las medidas de mitigación necesarias para disminuir los efectos negativos derivados de la producción excesiva de nutrientes como el fósforo total y el nitrógeno total.

ANTECEDENTES

El agua ocupa un lugar fundamental en el desarrollo de cualquier ser vivo, en el caso de los seres humanos, el agua es un derecho vital, el cual implica tener un fácil acceso al mismo, con calidad y cantidad suficiente para cubrir las necesidades básicas, prevenir enfermedades, teniendo en consideración su sustentabilidad.

En México, la secretaria de salud define al agua para uso y consumo humano, como aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano, lo anterior tipificado en la norma NOM-127-SSA1-2021, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano -límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”; la propia norma, establece los procesos de potabilización como el conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano. La misma norma define a un sistema de abastecimiento como el conjunto

intercomunicado o interconectado de fuentes de abastecimiento, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

Existen dos tipos de fuentes de abastecimiento de agua:

Aguas superficiales: son las que se encuentran a la altura de la superficie de la tierra como son ríos, lagos y lagunas.

Aguas subterráneas: son las que se encuentran en el subsuelo por filtración y son el resultado del ciclo hidrológico, por ejemplo, los mantos freáticos.

Pero el agua proveniente de fuentes de abastecimiento, ya sea subterránea o superficial, debe ser tratada de cualquier manera, en virtud de que contiene concentraciones de contaminantes que pueden causar daños en la salud de la población en general.

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, interconectadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

Un sistema de abastecimiento de agua potable está conformado esencialmente por la fuente de abastecimiento de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación.

En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas (acuíferos). La captación de aguas de fuentes superficiales, sean ríos, lagos e incluso el mar deben llevar obras de captación adaptadas a las condiciones y características de la masa de agua a captar.

La regulación de las aguas nos permite disponer de éste en casi todo momento, sea la estación que sea y sin importar las variaciones de la demanda. Para lograr la regulación se debe almacenar el agua de diferentes maneras como: tanques compensadores, presas, etc.

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser del tipo subterráneas como son manantiales, norias, pozos someros, pozos profundos, pozos artesianos, etc. Las de tipo superficial como son lagos, ríos, canales, embalses, presas, etc.; y las de tipo pluvial: aguas de lluvia.

Para la selección de la fuente de abastecimiento deben ser considerados los requerimientos de la población, la disponibilidad y la calidad de agua durante todo el año, así como todos los costos involucrados en el sistema, tanto de inversión como de operación y mantenimiento.

El tipo de fuente de abastecimiento influye directamente en las alternativas tecnológicas viables. El rendimiento de la fuente de abastecimiento puede condicionar el nivel de servicio a brindar. La operación y el mantenimiento de la alternativa seleccionada deben estar de acuerdo a la capacidad de gestión de los beneficiarios del proyecto, a costos compatibles con su perfil socio económico.

Fuentes subterráneas.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes.

El agua subterránea se clasifica en agua freática y en agua confinada. El agua confinada es aquella que está situada entre dos capas de materiales relativamente impermeables bajo una presión mayor que la atmosfera y el agua freática es aquella que no tiene presión hidrostática y se encuentra circulando entre materiales granulares no confinados como arena, grava, aluviones, etc. A esta zona de agua se le llama acuífero y al manto se le llama capa freática.

Para aprovechar el agua subterránea también es necesario garantizar la carga hidráulica que llevará implícito el abastecimiento con regularidad en volumen y presión adecuada según los requerimientos, para ello es útil saber identificar la zona de recarga acuífera, zona de descarga acuífera, nivel freático y la altura de presión hidrostática.

El principal inconveniente de algunos abastecimientos subterráneos, es su tendencia a proporcionar aguas con contenido alto de minerales, debido al lavado de depósitos. Afortunadamente este problema no se tiene en muchos de los pozos y también tienen muchas ventajas: su temperatura es uniforme a lo largo del año, su captación resulta barata, ya que normalmente los pozos se encuentran muy cerca de las localidades que abastecen, las cantidades de agua son disponibles, son seguras, las sequías les afectan poco, requieren un menor grado de tratamiento ya que a su paso por las diversas capas del suelo y subsuelo van eliminando las impurezas en forma natural.

Las fuentes de agua subterránea también cuentan con un área cuenca y la recarga es por infiltración en esa zona.

El almacenamiento de agua de un acuífero se puede conocer de acuerdo con su porosidad y su rendimiento específico. La porosidad nos indica la cantidad de agua del subsuelo que se puede almacenar en una formación saturada y el rendimiento específico será la cantidad de agua que puede obtenerse una formación acuífera, es decir, es el volumen de agua liberado de un volumen unitario de material del acuífero cuando permite que escurre libremente por gravedad.

Las fuentes más comunes de aguas subterráneas son los manantiales que aparecen donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno o donde las fisuras de las rocas afloran a la superficie de tal manera que el agua sale a través de las grietas. La captación de manantiales constituye una de las obras más sencillas para el abastecimiento de agua, principalmente en el medio rural, donde los caudales que se requieren no son muy grandes y con el gasto que proporcionan los manantiales es suficiente.

Para utilizar al manantial como fuente de abastecimiento, se deben hacer observaciones por un periodo mínimo de un año para cerciorarse que el gasto es lo más constante posible y que cumple con los requerimientos de cantidad y calidad, se deberá verificar sobre todo en las temporadas de sequía. El periodo mínimo en que se deben hacer observaciones en época de sequía será de 60 días, debiendo verificarse cuando se tenga la obra ya construida.

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de fertilizantes y pesticidas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros.

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características físico químicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido en caso que no cumpla con la norma en materia de agua para uso y consumo humano.

El tratamiento del agua tiene por objeto fundamental mejorar la calidad física, química y bacteriológica del agua proveniente de las diferentes fuentes naturales, a fin de entregarla apta para el consumo e inocua y aprovechable para el hombre, animales, agricultura e industrias.

En México se estima la dotación de agua de acuerdo a las necesidades de la población en estudio. Se entiende por dotación a la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de la población en un día medio anual. (Es el cociente de la demanda entre la población de proyecto). Volumen asignado de agua en fuentes al día por habitante, considerando todos los usuarios; Considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab al día, para el diseño de los elementos de un sistema de agua potable, se calculará la dotación particular que le corresponde a cada zona, pudiéndose considerar el análisis del número de tomas (habitacional: alta, media o baja; comercial o industrial).

En el caso de las extracciones de agua subterránea, la cantidad de agua disponible para la dotación queda comprometida cuando los requisitos mínimos que garanticen la calidad del agua se ven afectados por el uso de suelo de la región, en el presente estudio se analiza la situación de la cuenca hidrográfica que abastece a la Ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

La subcuenca del río Cupatitzio (ilustración 1), se ubicada en el Estado de Michoacán, más específicamente se localiza en los municipios de Uruapan, Nuevo San Juan Parangaricutiro y Tingambato. Esta subcuenca forma parte de la región Hidrológica 18, denominada Balsas, y se considera una de las áreas de mayor interés hortícola y silvícola de la parte central del

estado de Michoacán, la cual provee agua a 11 presas que derivan para el riego de aproximadamente 22,550 ha de cultivo, y a tres presas para generación de energía eléctrica gestionadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (CONAGUA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA), 2005). Sin embargo, esta subcuenca sufre de deterioro ambiental, debido a que recibe contaminantes de tres orígenes principales: de los asentamientos humanos, de las industrias y de las actividades agrícolas, que en los últimos años se ha acentuado, drásticamente, por el cultivo de aguacate. Por lo tanto, se ha incrementado la contaminación del agua con residuos sólidos y líquidos, los cuales son vertidos al caudal del río y retenidos tanto en el agua superficial como en el agua subterránea. (Villacrés, 2018)

Es común emplear los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente, los nitratos pueden contaminar los acuíferos de las aguas subterráneas y superficiales (Universidad de Florida, 2005). Como se mencionó anteriormente, la presencia del fósforo es clave para la productividad en cultivos, ya que dicho elemento se requiere para favorecer la formación de semillas, el desarrollo radicular, la fuerza de las pajas en los cereales y la maduración de los cultivos. (Gutiérrez et al., 2012).

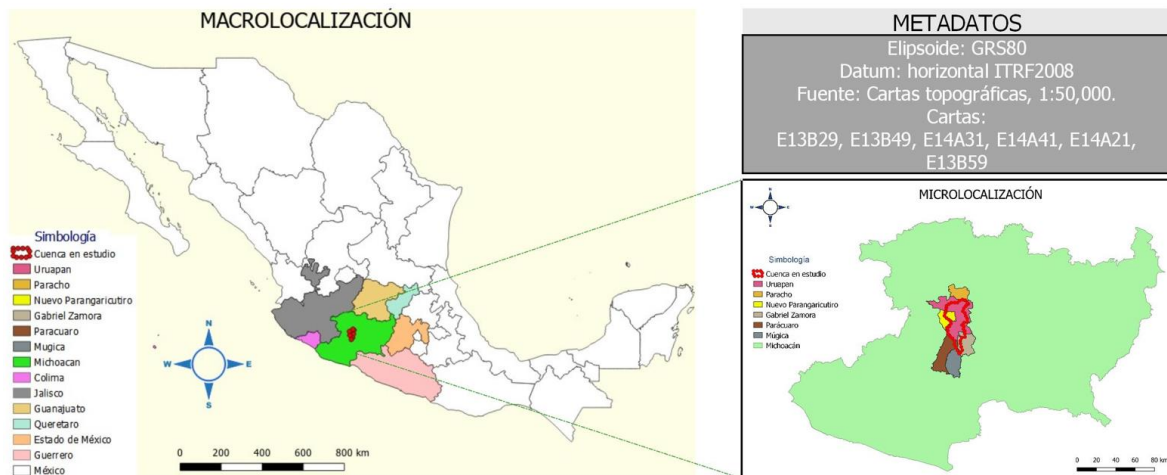


Ilustración 1 Mapa de Localización de zona en estudio

Diversas actividades humanas, como el empleo excesivo de fertilizantes artificiales, perturban gravemente los ciclos biogeoquímicos del fósforo y del nitrógeno, provocando eutrofización en cuerpos de agua superficiales, este proceso se deriva de la lixiviación de los nutrientes mencionados. La eutrofización da lugar a la proliferación de algas en cuerpos de agua, reduciendo considerablemente la filtración de la luz solar y de esta manera reduciendo

la producción de oxígeno por organismos fotosintéticos, ocasionando la muerte de la fauna acuática presente en el cuerpo de agua afectado. La contaminación producida por el uso excesivo de agroquímicos se encuentra en la clasificación de contaminantes por fuentes difusas, que de acuerdo con (Fernández Cirelli, A., 2012)., La contaminación de origen puntual es fácil de detectar y es posible limitarla. En cambio, no es posible afirmar lo mismo sobre la contaminación de origen no puntual, que proviene en gran parte de la agricultura. Los contaminantes agrícolas, con los sedimentos provenientes del suelo erosionado, el fósforo adsorbido a las partículas del suelo, las bacterias en suspensión, los nitratos disueltos y otros minerales y los plaguicidas en suspensión o soluciones no se pueden asociar fácilmente con una fuente u origen concreto. Tanto en un caso como en el otro, lo que se produce es una degradación del recurso. Normalmente se intenta primero solucionar el problema de las fuentes puntuales, para después establecer una estrategia de limitación de las fuentes no puntuales. El manejo de las fuentes de contaminación puntuales se soluciona con medidas estructurales, donde la limitante normalmente es económica. En el caso de las fuentes no puntuales, deben aplicarse medidas no estructurales de difusión y concientización.

De acuerdo a lo anterior, se puede deducir la importancia de tener un monitoreo de la calidad del agua y de los factores de las cuencas hidrográficas que la afectan.

Para poder establecer las condiciones actuales y futuras de una cuenca, es necesaria la recolección y análisis de datos, al igual que su modelación.

El SWAT (Soil and Water Assessment Tool) es un modelo de simulación que incluye componentes para simular el clima, la hidrología, los sedimentos, el suelo, los cultivos, los nutrientes, los pesticidas y la gestión agrícola. (Arnold et al., 2013)

OBJETIVOS

- Analizar la subcuenca del río Cupatitzio, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, utilizando un sistema de información geográfica (SIG).
- Modelar la carga de nitrógeno total y de fósforo total de la subcuenca del río Cupatitzio en ciudad de Uruapan, Michoacán.

- A partir de las modelaciones, generar escenarios para establecer las medidas de mitigación que propicien la reducción de la carga de nitrógeno total y de fósforo total

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se realizó la recopilación de información relacionada a la carga de nitrógeno total y fosforo total en la cuenca del rio Cupatitzio en años previos, en el trabajo (FOMIX CONACYT- Gobierno del Estado de Michoacán., 2011), a través del cual se obtuvieron registros históricos referentes a los contaminantes de la cuenca, siendo los más relevantes el nitrógeno total y el fósforo total.

Se recopiló información sobre el uso y tipo de suelo en la base de datos de CLICOM (Climate Computer Project) y se procedió a la modelación con el programa QSWAT.

Se realizaron muestreos de la cantidad de nitrógeno total y fosforo total para realizar una comparación con los registros históricos y proceder a proponer las medidas de resultados obtenidos o esperados.

RESULTADOS ESPERADOS

Se modeló la cuenca del río Cupatitzio en el programa SWAT como se observa en la ilustración 2, obteniendo como resultado 52 unidades de respuesta hidrológicas basadas en el uso de suelo, tipo de suelo y cantidad de arrastre de fósforo y nitrógeno, tanto en la investigación en campo como en la modelación se pudo observar que el cambio de uso de suelo en la región de Uruapan es el principal factor de afectación en las fuentes de contaminación difusa, el cambio de uso de suelo afecto principalmente áreas de bosques y plantíos de temporal. En la investigación realizada sobre el manejo de las huertas de aguacate se pudo observar que los principales fertilizantes y pesticidas empleados en el cultivo se administran de manera foliar y con un exceso del 50% en la aplicación por la volatilidad del producto, mientras que en plantíos de temporada, en este caso el maíz, la aplicación del fertilizante principal, el cual es la urea que básicamente consiste en aplicar nitrógeno al suelo, es aplicada de una manera desmesurada y sin tomar en cuenta las características del suelo, por lo que produce una mayor contaminación en el suelo, lo cual también afecta a los mantos

freáticos en el momento de la percolación. Se recomienda realizar análisis de suelo para preparar las mezclas de acuerdo a los déficits que se tienen de magnesio, zinc, fe, B, s, N, No3, Mg, Ca, P bray (fósforo no en crudo). Una buena opción es regresar a la implementación de la milpa, mediante policultivos de productos como el maíz, frijol, calabaza y yerbas de olor que permitan la simbiosis entre dichas especies y mitiguen el desgates del suelo.

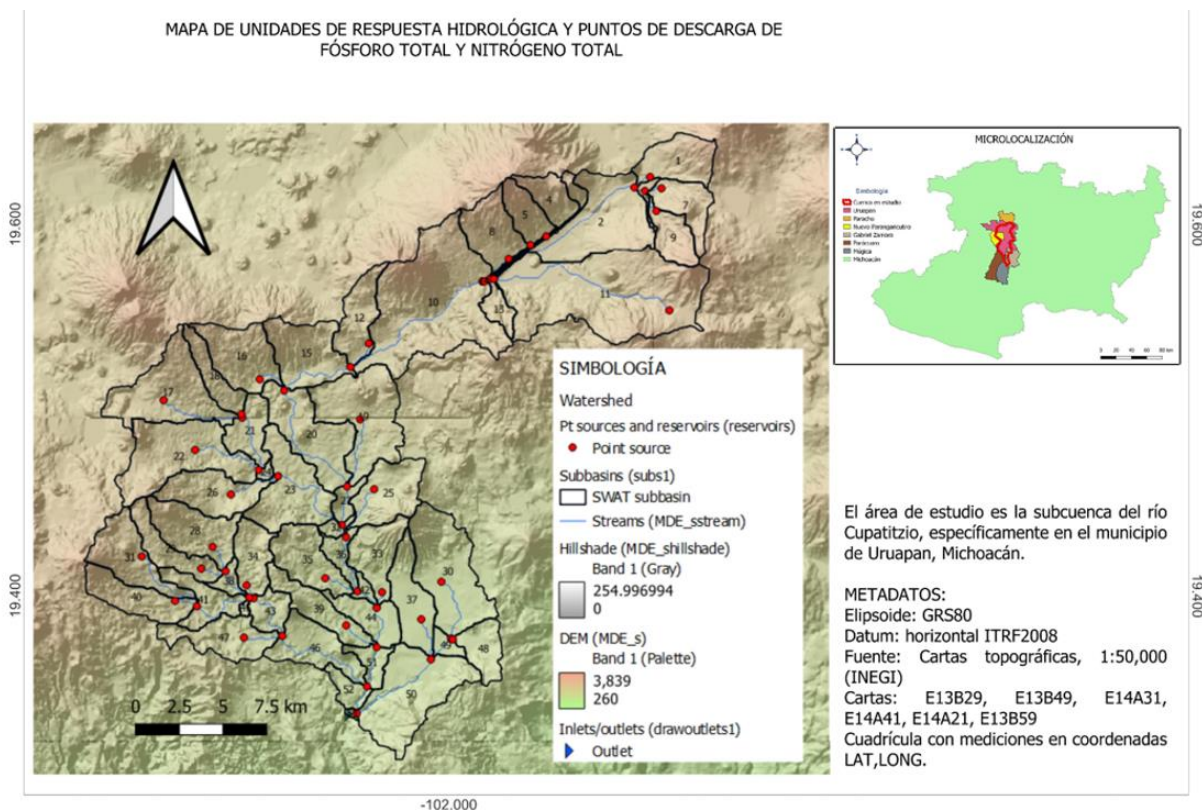


Ilustración 2 Modelo de cuenca hidrológica de zona de estudio modelado con el programa SWAT

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., & Neitsch, S. L. (2013). SWAT 2012 Input/Output Documentation. Texas Water Resources Institute.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA). (2005). Delimitación de acuíferos. Gerencia de Aguas subterráneas.
- Fernández Cirelli, A., (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11(3),147-170, Recuperado de:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- FOMIX CONACYT, Gobierno del Estado de Michoacán. (2011) Saneamiento, restauración y conservación de la subcuenca del río Cupatitzio. No.MICH-2009-C02115897.
- Gutiérrez, F. A. A., & Rincón, L. E. C. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Revista colombiana de biotecnología, 14(1), 285-295.
- Rey Santos, O. (2014). El agua en un mundo en crisis. Revista de Estudios Estratégicos no. 1.
- Ruiz Chávez, G. A. (2020). APUNTES DE LA MATERIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.
- UNIVERSIDAD DE FLORIDA, EEUU. Plant Management in Florida Waters, 2005. p 31-45.
- Villacrés, V. C. (2018). DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN QUE GUARDA LA OPERACIÓN, CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA DE LOS MANANTIALES EN LA CUENCA DEL RÍO CUPATITZIO, MICHOACÁN, MÉXICO. Instituto Politécnico Nacional de México.