

Propuesta de acciones de regeneración para la Cañada San Miguel Hila, Nicolás Romero, Estado de México

Fotografía (detalle): Freepik / @ASphotorfamily

[FIGURAS REVISTA ACADÉMICA
DE INVESTIGACIÓN](#)

ISSN 2683-2917

Vol. 3, núm. 3,
julio - octubre 2022

[https://doi.org/10.22201/
fesa.26832917e.2022.3.3](https://doi.org/10.22201/fesa.26832917e.2022.3.3.228)



Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional

Proposal for Regeneration Actions for the Cañada San Miguel Hila, Nicolás Romero, Estado de México

<https://doi.org/10.22201/fesa.26832917e.2022.3.3.228>

 **Ivonne Plata-Ortega**

Universidad Anáhuac México Norte. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México

 **María Luisa Sánchez-Guerrero**

Universidad Anáhuac México Norte. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México

 **Antonio Beltrán-Solís**

Universidad Nacional Autónoma de México.
Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México

Recibido: 3 de enero de 2022

Revisado: 19 de abril de 2022

Aceptado: 14 de mayo de 2022

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo registrar las condiciones actuales de contaminación del agua de la Cañada San Miguel Hila y proponer un plan de regeneración ambiental, con un método cualitativo de observación, entrevistas con pobladores y recopilación de datos.



Se realizaron esquemas para visualizar el deterioro y el ciclo de contaminación del agua; se propuso una estrategia de disminución de tóxicos al detectar problemas como la descarga de residuos no biodegradables en una red de drenaje municipal que se dirige al río, plantas de tratamiento que no tienen capacidad de sanear el volumen vertido de agua residual, así como la falta de información en los habitantes sobre estos problemas.

Se sugieren planes de remediación eficientes y sostenibles para dar soluciones a largo plazo para concluir en un plan de regeneración ambiental, replicable en cualquier zona con afluentes de agua y así ofrecer una oportunidad a la recuperación de especies y conservación de los ecosistemas.

Palabras clave: Contaminación, ríos, regeneración ambiental, ecosistema.

Abstract: This research aims to register the current conditions of water pollution in the San Miguel Hila glen and propose a plan for environmental regeneration, with a qualitative observation method, interviews with inhabitants and data collection.

Schemes were developed to visualize the deterioration and the water pollution cycle; a toxic reduction strategy was proposed due to the detection of problems such as the discharge of non-biodegradable landfilling in a municipal sewer system directed to the river, treatment plants that do not have the capacity to sanitize the volume of wastewater discharged volume, as well as the lack of information among the inhabitants about these issues.

Efficient and sustainable remediation plans are suggested to provide long-term solutions, to conclude in an environmental regeneration plan, replicable in areas with water tributaries and thus offer an opportunity for the recovery of species and conservation of ecosystems.

Keywords: Pollution, Rivers, Environmental Regeneration, Ecosystem.

Introducción

La contaminación de los ríos ha sido un problema comentado y analizado por muchos investigadores, pero mientras no se apliquen soluciones asertivas, difícilmente se encontrará un camino que reduzca el desastre ecológico que representan. Entonces, ¿cuál es el origen de estos ríos contaminados? ¿Es posible disminuir la suciedad que transportan? Este trabajo muestra el análisis de un nacimiento

de agua, al que se van sumando vertientes contaminadas en su recorrido hasta el Lago de Guadalupe, Estado de México. Si las soluciones que se ofrecen en esta investigación fueran replicables en otros ramales, habría una reducción importante de estos componentes con la posibilidad de la regeneración de los ecosistemas circundantes.

El objetivo principal de este trabajo es registrar las condiciones actuales de contaminación del agua de la Cañada San Miguel Hila y proponer un plan de regeneración ambiental con un método cualitativo de observación, entrevistas con pobladores y recopilación de datos.

Antecedentes

El problema de la contaminación reside, con mayor evidencia, en zonas urbanas donde la densidad de población excede los límites de la regeneración natural de los ecosistemas que incluyen vegetación, fauna, erosión de la tierra y ciclo del agua (Zafra *et al.* 2007). Su historia comienza cuando el hombre descubre la agricultura y se establece cerca de corrientes naturales de agua que le aseguran supervivencia y la posibilidad de cosechar y criar animales. Por estas circunstancias, muchos ríos ocupan un importante papel en la historia social y religiosa de innumerables pueblos (Garnero 2018), donde el agua como elemento en movimiento, lava la suciedad y se lleva los desechos, disolviéndolos hasta integrarlos en las arenas del fondo de los océanos. Hace apenas un par de siglos, las mujeres acudían al río para lavar la ropa y bañar a sus hijos e incluso los pescadores aseguraban el alimento para sus familias (Estrada Gil 2019). Pero las poblaciones crecieron y todo tipo de edificios necesarios para vivir, también dirigieron sus drenajes al río. Actualmente, cientos de flujos de agua –que quedaron atrapados en las crecientes urbanizaciones– se convirtieron en la circulación de desechos que van a los océanos y que inminentemente los contaminan. Los ríos de las ciudades dejaron de ser proveedores de vida, donde coexistía la fauna con especies de insectos y plantas, hecho que debiera ser de gran alarma para el ser humano, ya que en un tiempo no muy largo podría sufrir el mismo destino (González Díaz *et al.* 2020).

Los flujos de agua dejaron de ser cristalinos para convertirse en una mezcla sucia y mal oliente de desechos orgánicos combinada con detergentes, suavizantes de ropa, grasas, pinturas y todo tipo de solventes. Este mal olor provocó la degradación del concepto de río al de “desagüe de aguas negras”, mismo que invita al abandono en ellos, de basura y residuos de demolición en sus periferias. En las crecientes ciudades, los ríos dejaron de tener un lugar propio, cediéndole su espacio a calles y avenidas; entubándolos y cubriéndolos para ocultar su mal aspecto y olor. Al no ser vistos, dejaron de ser un problema tangible por resolver, y de este modo son



pocos los interesados en limpiar el desastre ecológico que representan. Pero, ¿por qué limpiar un río que ya está entubado y que nadie ve? La razón es que su agua ya no es capaz de limpiar los residuos tóxicos que le llegan, contaminando los suelos a su paso y consumiendo flora y fauna, ya que cientos de especies de aves y animales pierden la posibilidad de beber. Finalmente, desemboca en presas y lagos, de donde se abastece de agua potable a la población circundante provocándole problemas de salud.

En México, los drenajes rara vez reciben un tratamiento previo a ser vertidas sus aguas en estos recorridos, ya sea por falta de inversión o de cultura. En la Ciudad de México, el proceso de entubamiento de ríos comenzó en los años cincuenta, recogiendo tanto las aguas negras como el caudal del río en una misma obra que partía desde el Río Magdalena hasta el Río de los Remedios en el Estado de México. (Perló Cohen 2017). Actualmente muchas avenidas que llevan nombres de ríos tienen uno oculto bajo sus calles. Fuera de las zonas urbanas se encuentran muchas localidades que aumentan su densidad de población gracias a la extensión de la mancha urbana, donde los predios no tienen un sistema de drenaje público y se deja la responsabilidad a los propietarios para que coloquen fosas sépticas (Castro 2015), de esta manera, la mayoría de las viviendas que colindan con ríos, vierten sus desechos en ellos.

San Miguel Hila es un poblado del municipio de Nicolás Romero en el Estado de México. Esta zona rural invadida por la creciente mancha urbana del área metropolitana de la Ciudad de México, se ha convertido en una localidad dormitorio ya que muchos de sus habitantes dependen de la economía citadina (INEGI 2009), ha perdido su carácter natural de cultivos por la subdivisión de predios ejidales para construir vivienda y por lo tanto, sus desechos van a parar en los ríos por la falta de infraestructura para un tratamiento adecuado.

La topografía de San Miguel Hila está conformada por relieves y valles de entre 35 y 45 grados de pendiente que dan paso a corrientes de agua en tiempo de lluvias. Este es el caso de la Cañada de San Miguel Hila, que pierde vegetación endémica en los meses de sequía entre noviembre y abril, y llena su cauce con un par de corrientes que nacen del subsuelo de mayo a septiembre, siendo julio y agosto los meses con los máximos niveles en su caudal. Estos cauces se unirán después de 300 metros en una sola corriente que derivará sus aguas al arroyo “La Cañada”, donde alcanza un total de 450 metros de longitud y un ancho promedio de 20 metros. El arroyo “La Cañada” nace en el poblado de Jilotzingo y cruza el Municipio de Nicolás Romero hasta unirse con los ríos principales que desembocan en el Lago de Guadalupe; marca la colindancia con el fraccionamiento denominado Condado de Sayavedra, de la Ciudad López Mateos, perteneciente al Municipio de Atizapán de Zaragoza. Posteriormente este arroyo altamente contaminado se dirige al Lago de Guadalupe (figura 1).

Figura 1. Cañada de San Miguel Hila, Nicolás Romero, Estado de México (2021)



Fuente: elaboración propia.

Métodos

Al fraccionar el problema se forma un plan de ejecución para la recuperación del ecosistema. Esta investigación se realizó con un método cualitativo de observación, con un enfoque analítico proyectual, integrado por el levantamiento topográfico para analizar las pendientes y curvas de nivel, un registro fotográfico para la revisión adecuada de las condiciones del lugar, diversas visitas de voluntarios para entrevistas con los pobladores y la recopilación de datos.

Se realizaron esquemas de estructuración para la visualización global del deterioro del sitio, las causas, efectos y expansión del mismo, se ordenaron los enunciados del proceso de contaminación y su evolución en la comunidad. A partir de estas ideas descriptivas se realizaron propuestas específicas para dar solución a cada uno de los puntos e integrar un plan de regeneración.

Condiciones del lugar

Una cañada es una depresión geográfica con condiciones topográficas y geológicas en forma de zanja, sirve de refugio de vida silvestre, es cauce de escurrimientos naturales en época de lluvias y permanece con un afluente bajo el resto del año. Estas zonas accidentadas generan corrientes que alimentan ríos de gran caudal y recargan los mantos acuíferos sobre la cobertura vegetal que tienen mayor capacidad de absorción, acción que provoca un balance hídrico que regula el clima del ecosistema.

La localidad de San Miguel Hila se encuentra a 2 400 metros sobre el nivel del mar, con un clima templado subhúmedo Cw1(w')eg, con temperatura media anual mayor a 12 °C y menor a 18 °C; precipitación anual mayor a 600 mm y menor a 1 200 mm; presencia de sequía intraestival; oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y el más frío, mayor a 7 °C y menor a 14 °C, donde el mes más cálido ocurre antes del solsticio de verano. La temporada de lluvias es entre los meses de mayo y octubre con una probabilidad máxima entre el 40% y el 78% para el mes de julio (García 2005).

Esta comunidad forma parte de la vertiente del Golfo de México, de la cuenca del Río Moctezuma, que se encuentra dividido en tres subcuencas: los ríos El Salto, Cuauhtitlán y Tepotzotlán. Relacionado a estos cuerpos de agua se encuentra el Lago de Guadalupe donde desembocan los lagos tributarios de San Pedro, Chiquito, Grande y Xinte. El nacimiento de agua, como caso de estudio, se ubica en la cañada de San Miguel Hila, y desemboca en el arroyo La Cañada para unirse con el denominado Arroyo Grande y finaliza su recorrido en el Lago de Guadalupe.

San Miguel Hila se abastece de la cabecera principal del Municipio de Nicolás Romero, a 3 km de distancia, donde se encuentran los principales servicios de salud, hospitalización, mercados, central de abastos, escuelas e instituciones bancarias. En los alrededores existe una urbanización desarrollada, predominante en construcción habitacional unifamiliar de baja densidad y comercio, descrito en el plan de desarrollo urbano. Según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), para el 2010, San Miguel Hila tenía un total de 958 viviendas, de las cuales 833 contaban con instalaciones sanitarias y 794 se conectaban al servicio público. La infraestructura sanitaria municipal es deficiente, ya que el sistema de drenaje domiciliario se encuentra cubierto, pero desemboca en el río La Cañada, de esta manera agrava el problema de contaminación local. En el municipio de Nicolás Romero, la cobertura de agua potable dentro del área urbana es del 88.31%, que corresponde a 105 comunidades, a través de 20 pozos profundos distribuidos en todo el municipio. Actualmente, el organismo operador de agua municipal reporta 28 146 tomas domiciliarias instaladas.

Entrevistas

Como parte de este estudio se realizaron entrevistas a 30 familias con viviendas ubicadas en la zona circundante a la cañada, con las siguientes preguntas:

- a) ¿Su vivienda cuenta con una fosa séptica?
- b) ¿La vivienda descarga sus desechos al drenaje de la red municipal?
- c) ¿La vivienda descarga sus desechos directamente al río?
- d) ¿Su vivienda cuenta con un servicio eficiente de colecta de basura?
- e) ¿En su familia se utilizan productos de limpieza biodegradables?
- f) ¿Su vivienda ha sufrido inundaciones por el desbordamiento del cauce en época de lluvias?

Resultados

Según la información recopilada con los vecinos del lugar, solamente un 20% cuenta con fosa séptica, el 20% tiene una descarga hacia la red municipal que de cualquier forma se descarga al río, y el 60% tienen una descarga directa al mismo. El 80% considera que el servicio de colecta de basura es insuficiente lo que provoca el abandono de residuos en las periferias del río. De todos los entrevistados ninguno utiliza productos de limpieza biodegradables y el 7% de las viviendas han sufrido inundaciones en época de lluvias, ya que se encuentran cercanos o sobre el cauce de la cañada.

Tabla 1. Resultado de entrevistas en la Cañada de San Miguel Hila, Nicolás Romero, Estado de México

Situación por vivienda	Total de viviendas	Porcentaje del total de entrevistas	Descripción del problema
Viviendas que cuentan con fosa séptica.	6	20%	Pocas viviendas cuentan con un sistema de tratamiento de aguas negras adecuado.
Viviendas que descargan sus desechos a la red de drenaje municipal.	6	20%	Las zonas que cuentan con una red de drenaje municipal que de cualquier manera se descarga en el cauce del río.
Viviendas que descargan sus desechos directamente al río.	18	60%	El río se contamina por la descarga directa de agua contaminada proveniente de las viviendas.
Servicio eficiente de colecta de basura.	6	20%	Un servicio de colecta de basura ineficiente provoca que residuos inorgánicos lleguen a los cauces de los ríos.

Continúa ➔

Situación por vivienda	Total de viviendas	Porcentaje del total de entrevistas	Descripción del problema
Servicio deficiente de colecta de basura	24	80%	Un servicio de colecta de basura ineficiente provoca que residuos inorgánicos lleguen a los cauces de los ríos.
Viviendas que utilizan productos de limpieza biodegradables	0	0%	Los componentes de productos de mantenimiento y limpieza contaminan los ríos.
Viviendas que han sufrido inundaciones por el desbordamiento del cauce en época de lluvias.	2	7%	Algunas viviendas han sido edificadas en zonas de riesgo de inundación ya que no respetan el cauce natural del río.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Según los resultados obtenidos de las entrevistas con los pobladores y la inspección visual, se determina que la Cañada de San Miguel Hila, como caso de estudio, se encuentra sometida a dos modificadores que han influido en la degradación del ecosistema. El primero es de origen natural provocado por condiciones climáticas, y el segundo de carácter antrópico, provocado por la actividad del hombre. Como fenómenos naturales existen las lluvias atípicas o granizos que exceden la capacidad del cauce provocando desbordamientos e inundaciones, y la fuerza de su desplazamiento genera erosión y pérdida de suelo en taludes laterales en zonas susceptibles a deslizamientos y derrumbes. De la misma manera, una época de sequía puede desaparecer el cauce y con ello la deshidratación de la vegetación circundante, que al estar expuesta a altas temperaturas aumenta la posibilidad de incendios, así como la muerte de especies animales que no cuentan con agua para sobrevivir.

Los fenómenos antrópicos están directamente relacionados con la degradación ambiental, producto de la sobreexplotación y el agotamiento de los recursos naturales, como agua, aire y suelo, provocando la destrucción de hábitats y la extinción de la vida silvestre. El fenómeno antrópico más devastador para un río corresponde al vertimiento de aguas residuales en su cauce, que contienen biosólidos fecales y residuos químicos. Estos elementos son muy difíciles de eliminar, aún después de varios procesos de tratamiento, por lo que las aguas no depuradas adecuadamente están relacionadas con un alto número de enfermedades infecciosas y gastrointestinales (Rock 2014).

Las aguas residuales vertidas en el cauce del río provocan una devastación ambiental a lo largo del recorrido hasta desembocar en un embalse mayor que conservará también los residuos tóxicos. En el trayecto, el agua se infiltra en la tierra,

provocando la contaminación del suelo que se volverá inservible para el cultivo, ya que sus productos comestibles contendrán químicos peligrosos para el consumo humano. Del mismo modo, el cauce de un río proveería de agua a un sinnúmero de animales, que al no tener acceso a ella, mueren irremediablemente; ésta es la principal causa de la pérdida de diversas especies. En el cauce del río contaminado también desaparecen árboles, arbustos y plantas que no tienen la capacidad de disolver los residuos tóxicos. Debería de ser evidente para el ser humano que, si los elementos contaminantes de un río son capaces de terminar con la vida vegetal y animal, también tienen el poder de enfermar gravemente a las personas, provocarle daños irreversibles e incluso la muerte.

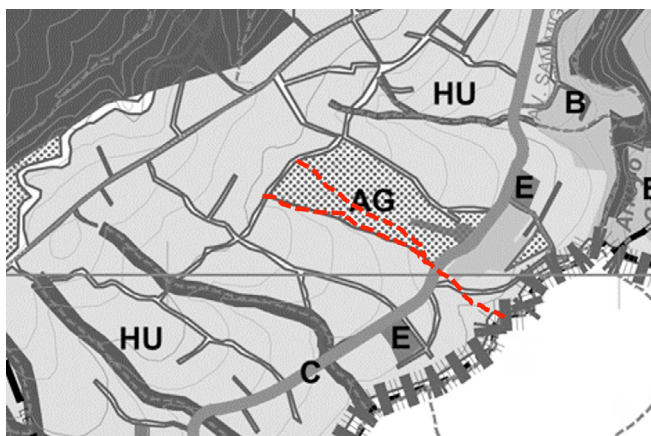
Los residuos de papeles sanitarios que se desplazan por los drenajes hasta las corrientes de un río, agregarán los productos químicos de su proceso de blanqueo y arrastrarán sedimentos de sus partículas a los fondos (Roa Martínez 2008), donde el medio natural carece de la capacidad de degradar las toneladas de residuos que la población urbana envía a los cauces, y que sumados a otros de degradación lenta (como los plásticos), se asentarán en los fondos reduciendo la profundidad y su capacidad natural de captación de agua, por lo que en épocas de lluvias, se saturarán con mayor velocidad, desbordándose e inundando de agua sucia, zonas pobladas, provocando la pérdida de bienes materiales.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030, se encuentra “agua limpia y saneamiento”, que representa un reto importante, ya que la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial, cifra que irá en aumento debido a las altas temperaturas producto del cambio climático. Con el fin de asegurar un abastecimiento futuro es necesario realizar inversiones que garanticen una gestión adecuada de residuos sanitarios, de la limpieza de cauces y la regeneración de los ecosistemas, que finalmente proveerán de agua potable a las poblaciones.

La Cañada de San Miguel Hila es uno de miles de nacimientos de agua que desembocan en un río y que la población reconoce como “desagües a cielo abierto”, de ahí la decisión de que casas circundantes dirijan las salidas de drenajes directamente a la hendidura topográfica que da paso al agua en tiempo de lluvias. Esta cañada nace a partir de la Calle Central, donde el agua que se mueve por el subsuelo sale a la superficie en dos puntos, dándole al cauce una forma de “Y”.

Esta cañada, a pesar de tener un afluente de agua importante, no es reconocida por el plan de desarrollo urbano (figura 2), lo que ha provocado asentamientos de casas sobre el mismo cauce, situación que se convierte en un riesgo, ya que en épocas de lluvia estas viviendas sufrirán importantes inundaciones.

Figura 2. Sección del Plan de Desarrollo Urbano, Nicolás Romero, Estado de México. Incluye el trayecto de la cañada de San Miguel Hila (2021)



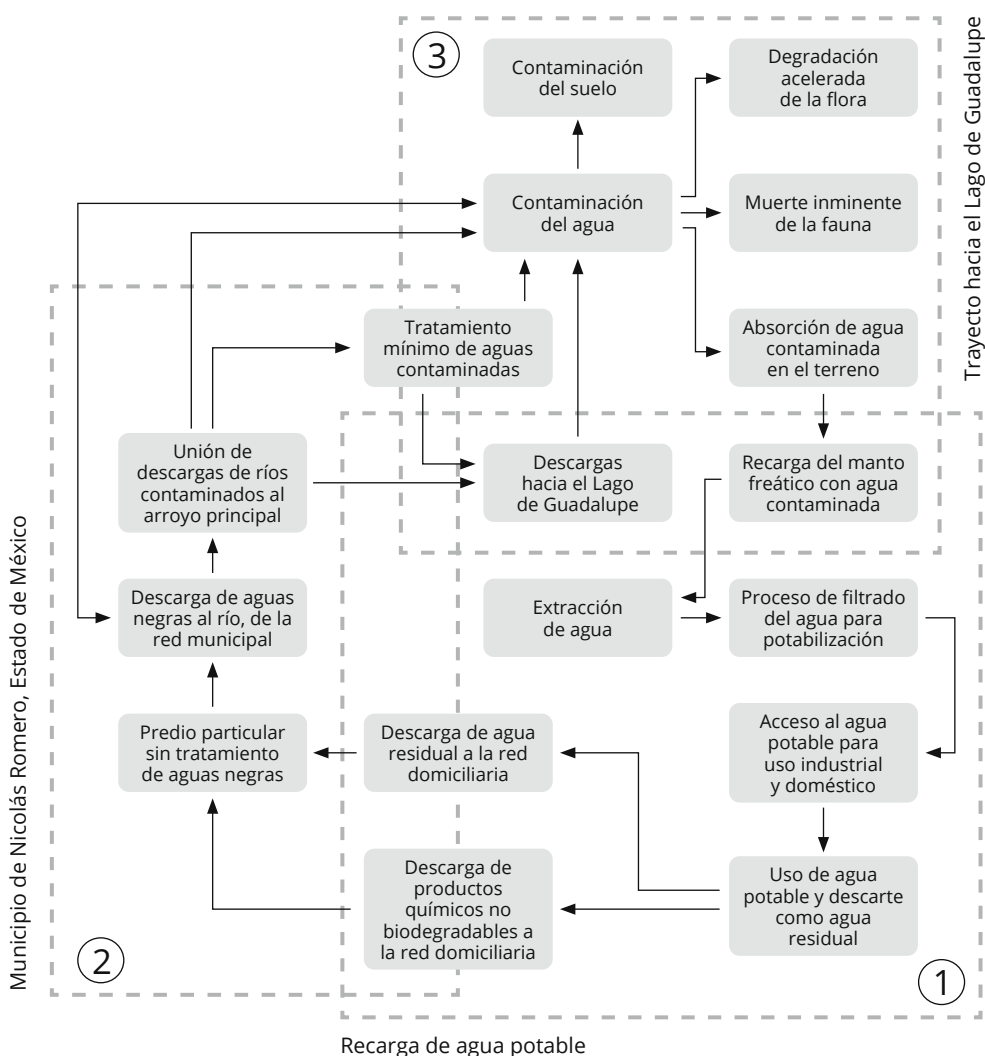
Fuente: Plan de Desarrollo Urbano, Nicolás Romero, Estado de México. Imagen editada por Ivonne Plata, 2022.

En el Municipio de Nicolás Romero no existe una planta de tratamiento de aguas residuales adecuada para la cantidad que se vierte en ríos dirigidos al Lago de Guadalupe. El INEGI muestra que en el 2020 existían 430 601 habitantes en este municipio, y según el Reglamento de construcciones del Distrito Federal, la demanda diaria de agua potable por persona es de 150 litros al día, mismos que al ser usados en actividades como limpieza y descargas sanitarias se convierten en casi 64 millones de litros de agua contaminada con químicos al día, mismos que podrían tener un manejo adecuado con una planta tratadora de unos 800 litros/segundo, misión que se vuelve imposible ya que al ser vertidas al cauce del río se mezclan con la corriente provocada por la lluvia. Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la precipitación pluvial máxima por día en el mes de julio supera los 40 mm sobre metro cuadrado. Siendo 40 litros por cada metro de área de este municipio, de 235 000 km², se convierten en 9 400 millones de litros al día, es decir, más de 108 mil L s⁻¹. Evidentemente en este lugar no existe ninguna planta tratadora que pueda dar servicio de limpieza a tal cantidad de agua contaminada, ya que, según el plan de desarrollo urbano de Nicolás Romero, sus plantas tratadoras son capaces de sanear 5,200 L s⁻¹.

Para dar solución a este problema es necesario comprender el ciclo de contaminación del agua, para plantear una estrategia de regeneración del ecosistema, y de la disminución paulatina del ingreso de contaminantes tanto al Lago de Guadalupe como al subsuelo. De acuerdo con la figura 3, el ciclo de contaminación del agua en el Municipio de Nicolás Romero comprende tres fases. La primera describe el uso del agua potable en una casa habitación o edificio, por donde pasa por un proceso de contaminación al ser mezclada con residuos orgánicos, papel sanitario, productos

químicos de limpieza, detergentes, suavizantes, y productos para trabajos de mantenimiento como pinturas, tintes, solventes o grasas. Este proceso se intercala con la fase 2 al descargarse a la red sanitaria particular y posteriormente a la red municipal sin ningún tratamiento previo, para ser vertida en el cauce de las primeras ramificaciones de los ríos como un transporte eficaz que se desliza por las pendientes topográficas. Este recorrido natural desemboca en un arroyo de mayores dimensiones que se suma a otros hasta el Lago de Guadalupe, donde las plantas de tratamiento existentes no tienen la capacidad de realizar una limpieza adecuada de la contaminación. En la fase 3 se encuentran las consecuencias de los procesos 1 y 2, donde esta agua tóxica provoca la muerte de especies y la devastación del ecosistema, contaminando el manto freático de donde se extrae nuevamente el agua para el abastecimiento de la población.

Figura 3. Ciclo de la contaminación del agua, Nicolás Romero, Estado de México (2021)



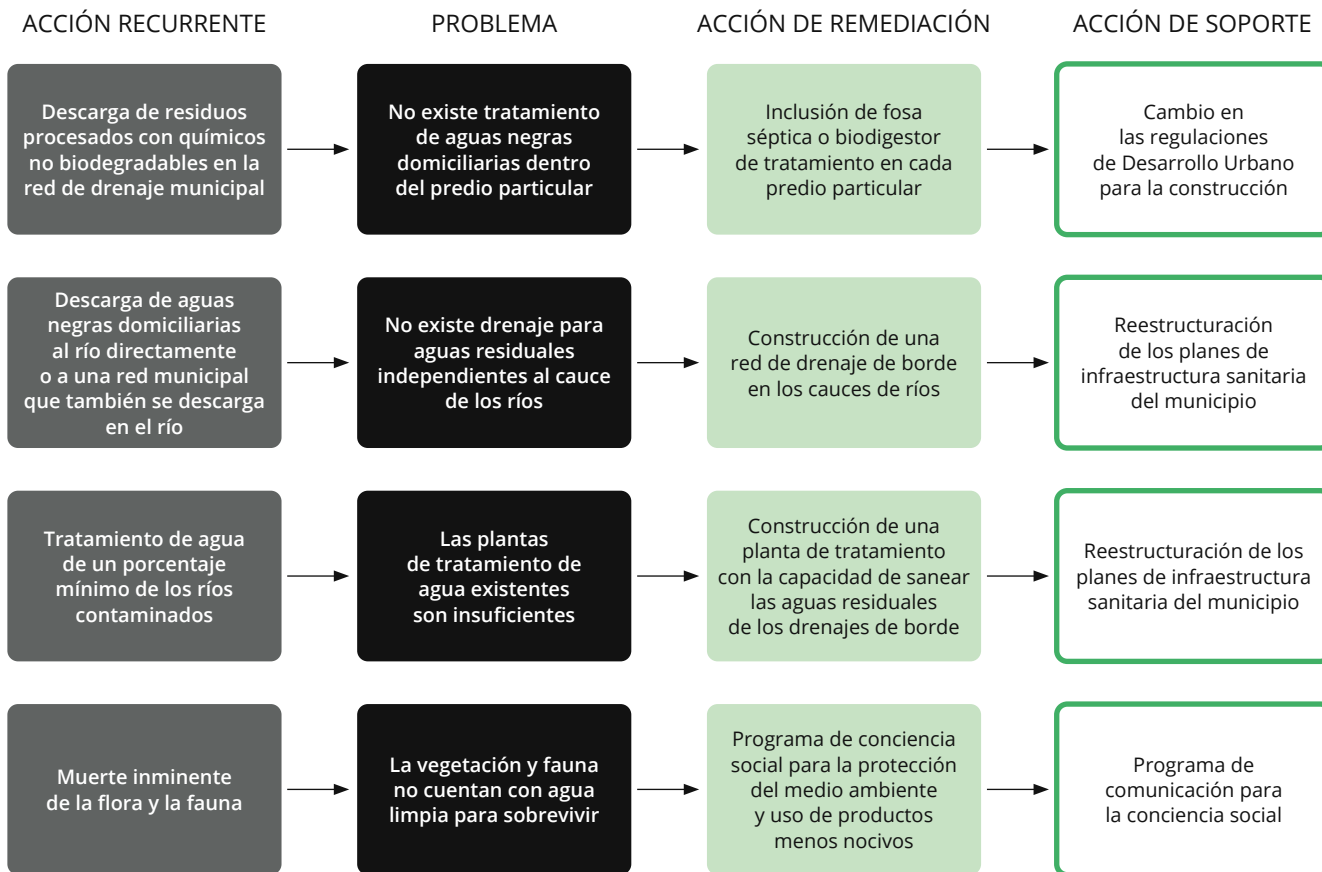
Fuente: elaboración propia.

Después del análisis del esquema de contaminación del agua se hizo una selección de los 4 problemas más importantes a resolver, su causa y una propuesta de remediación. El primero menciona la descarga de residuos procesados con químicos no biodegradables en la red de drenaje municipal, para lo que se propone la inclusión de una fosa séptica de tratamiento en cada predio particular. Esta acción debe contemplar un cambio en las regulaciones de las licencias de construcción, ya que cada usuario debe hacerse responsable de los desechos que desaloja su propiedad, y con una adecuada información evitar productos altamente contaminantes, sustituyéndolos por otros más amigables con el medio ambiente. El segundo se refiere a la descarga de aguas negras domiciliarias a una red municipal que se dirige al río, ya que las pendientes topográficas facilitan el desalojo, pero ignoran los problemas generados al medio ambiente. Para este punto se proponen drenajes de borde en los costados de los trayectos, donde se captaría el agua residual de construcciones con fosas sépticas, aligerando la exigencia en las plantas de tratamiento. Este diseño de red sanitaria deberá contar con tuberías calculadas para el desalojo del caudal, registros, y pozos de absorción con cámaras de filtrado en caso de saturación. El punto 3 menciona que las plantas actuales no tienen la capacidad de sanear el volumen de agua residual sumado al volumen pluvial y la corriente del cauce, ya que no deberían ser mezcladas. El último punto corresponde a un programa de conciencia social, ya que hay muchos pobladores que no saben que los residuos vertidos en los drenajes pueden afectar su salud después del proceso contaminante, por lo que se proponen acciones de comunicación que expliquen a la comunidad las razones por las que se debe respetar el cauce original de río sin mezclar residuos.

En la tabla de acciones de remediación (figura 4), se integran programas gubernamentales tanto de Desarrollo Urbano como sociales para frenar la contaminación de los cauces y lograr una regeneración paulatina del medio ambiente.

La mayoría de sistemas de drenaje o alcantarillado de zonas urbanas conducen y evacúan las aguas residuales y las aguas pluviales en una misma tubería. Actualmente en muchos poblados con reglamentos de control ambiental exigen la separación de ambas. Los sistemas de alcantarillado pluvial transportan únicamente aguas producto del escurrimiento de la lluvia, mismos que evitan inundaciones causadas por precipitaciones o acumulaciones de granizo. En este caso de estudio, sería idóneo tener un sistema de alcantarillado separado, integrando el pluvial a los cauces de ríos (Lahera 2010). Para esta propuesta sería necesario una reestructuración del planteamiento urbano y de las instalaciones del mismo, asegurándose en un proyecto de alcantarillado la gestión de esta red libre de contaminación. La topografía accidentada que se desliza hacia las corrientes de ríos provoca un desalojo natural del agua que simplifica y economiza el diseño de una red pluvial.

Figura 4. Acciones de remediación



Fuente: elaboración propia.

La Cañada de San Miguel Hila cuenta con un desorden urbano que no contempla una infraestructura de respeto al medio ambiente, sin embargo, al no ser una zona habitacional altamente poblada, tiene la posibilidad de recuperar las características del ecosistema original si se ponen en marcha un plan de regeneración integral que contemple su preservación y limpieza de una manera sostenible (Castillo 2009).

Dentro de las acciones sociales, se proponen programas en los que los pobladores reconozcan el impacto de productos que se usan para mantenimiento y limpieza, y busquen su reemplazo por otros menos nocivos. La reforestación en los bordes de ríos con especies vegetales de alta capacidad de absorción de metales pesados y agentes contaminantes, pueden lograr un proceso de bio-remediación con la depuración paulatina de la contaminación del cauce y donde la topografía lo permita, la habilitación de humedales con sistemas de filtrado a base de vegetación, gravas y arenas, que garanticen un flujo de agua limpia para recorridos posteriores (Troung 2016).

Conclusiones

Se concluye que es posible concretar un plan de regeneración ambiental, evitando la contaminación y abriendo una oportunidad a la recuperación de especies. Acciones como la separación de aguas pluviales pueden facilitar el trabajo de saneamiento de aguas residuales, que disminuirían su volumen considerablemente, así como programas de conciencia social para el tratamiento particular de aguas negras y el descarte del uso de productos tóxicos. ■■

Referencias

- Castillo, Alicia, y Edgar González Gaudiano. 2009. *Educación Ambiental y Manejo de Ecosistemas en México*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castro Calvijo, Luz Mery, y Luz Delia Orozco Castaño 2015. *Manejo de aguas residuales mediante un sistema de fosa séptica en el área rural, la finca el recuerdo, vereda centro del municipio de Acacias Meta*. Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3718>
- De Anda Sánchez, José. 2017. "Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México." *Sociedad y ambiente* (14): 119-143.
- Estrada Gil, María Camila. 2019. *Agua, paisaje y arquitectura: agua lluvia como garantía al desarrollo de las prácticas sociales tradicionales en torno al agua*. Repositorio Institucional. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6908>
- García Amaro, Enriqueta. 2005. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México: Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garnero, Gabriel. 2018. "La Historia Ambiental y las Investigaciones Sobre el Ciclo Hidrosocial: Aportes para el Abordaje de la Historia de los Ríos." *HALAC, Historia Ambiental, Latinoamericana y Caribeña*. V.8, no. 2: 91-120. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2018v8i2.p91-120>
- González Díaz, Rosa Leonor, Norman Mercado Silva, Eire Reynaga Delgado, y Martínez-Rivera, Luis Manuel. 2020. "Bacterial Microbiota from Wild Freshwater Fish Utilized for Subsistence in Western Mexico." *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36 (1): 215-222. Epub Revisado el 16 de junio de 2022. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53432>
- Lahera Ramón, Virginia. 2010. "Infraestructura Sustentable: Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales." *Quivera. Revista de Estudios Territoriales* 12 (2): 58-69.
- Santana, Eduardo; Sarahy Contreras Martínez, Luz de los Milagros Rodríguez-Parga, y Heriberto Munguía Verdugo. 2021. "Capítulo 8. La contaminación del agua en el río Ayuquila-Armería, un problema sin resolver, después de dos décadas de investigación y gestión." En Martínez Rivera, Luis Manuel, y Claudia Irene Ortiz Arrona (coords.). *Investigación y Gestión de los Recursos Naturales de la Cuenca del Río Ayuquila-Armería, Jalisco*, 189-214. México: Universidad de Guadalajara.
- Perló Cohen, Manuel, y Itzkuahtli Zamora Saenz. 2017. "Perspectivas ambientales sobre la contaminación y la recuperación del río Magdalena en la Ciudad de México." *Revista internacional de contaminación ambiental* 33 (3): 377-391. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.02>
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Nicolás Romero, México. Clave

- geoestadística 15060. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15060.pdf
- Roa Martínez, Laura Xiomara, y Sandra Liliana Garzón Basto. 2008. *Cultura social en el desarrollo de procesos contaminantes. Caso: desechos orgánicos dispuestos inadecuadamente en los aparatos sanitarios al alcantarillado de Bogotá D.C. localidad 02 Chapinero*. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/23
- Rock, Channah, y Berenise Rivera. 2014. *La Calidad del Agua, E. coli y su Salud*. College Of Agriculture and Life Sciences. Arizona: The University of Arizona. Recuperado de <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Servicio Meteorológico Nacional. 2021. Comisión Nacional del Agua. Normales climatológicas por estado. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>
- Truong, Paul, y Luu Thai Danh. 2016. *El Sistema Vetiver para mejorar la calidad agua: Prevención y tratamiento de aguas y suelos contaminados*. California: Createspace Independent Publishing Platform.
- Vargas Ríos, Orlando. 2011. "Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación." *Acta Biológica Colombiana* 16 (2): 221–246. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19280>
- Zafra Mejía, Carlos Alfonso, Javier Temprano González, y Juan Ignacio Tejero Monzón. 2007. "Contaminación por escorrentía superficial urbana: metales pesados acumulados sobre la superficie de una vía." *Ingeniería e Investigación* 27 (1): 4–10. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v27n1.14770>