

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental

Cynthia Armendáriz Arnez y Ana Yésica Martínez Villalba
(Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México)

GUÍA DEL ESTUDIANTE



Water pollution in Zirahuén Lake (Michoacán, Mexico): Teaching-learning experience in a social and environmental chemistry approach by Cynthia Armendáriz Arnez, and Ana Yesica Martínez Villalba is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). This license does not apply to figures and photos as noted in the case, which are incorporated into these materials under “fair use” guidelines or by permission from the author.

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



INTRODUCCIÓN

1. Lee la siguiente historia:

Entre un grupo de señoras que llegan desesperadas desde la comunidad Copándaro, una mujer entra al Hospital Infantil de Morelia gritando y cargando un pequeño niño de 3 años, lánguido en los brazos de su madre, débil, con los ojos hundidos y la boca reseca, como un muñeco de trapo.

Las otras mujeres le abren paso mientras ella llorando, le dice a la enfermera de urgencias: “¡Por favor, hagan algo que mi niño no responde!” Inmediatamente la pasan al primer consultorio disponible, ella entra y el médico en turno le pregunta qué le ocurre. Ella le dice que viene de lejos, de un poblado cercano al Lago de Zirahuén y que su hijo lleva días con diarrea, sin apetito y se queja mucho de un dolor en la pancita. El médico examina cuidadosamente al pequeño y nota un ligero color amarillento en sus ojos, después de examinarlo el médico dice: “Mmmm, su hijo es el cuarto paciente de Copándaro que llegan al consultorio con los mismos síntomas”.

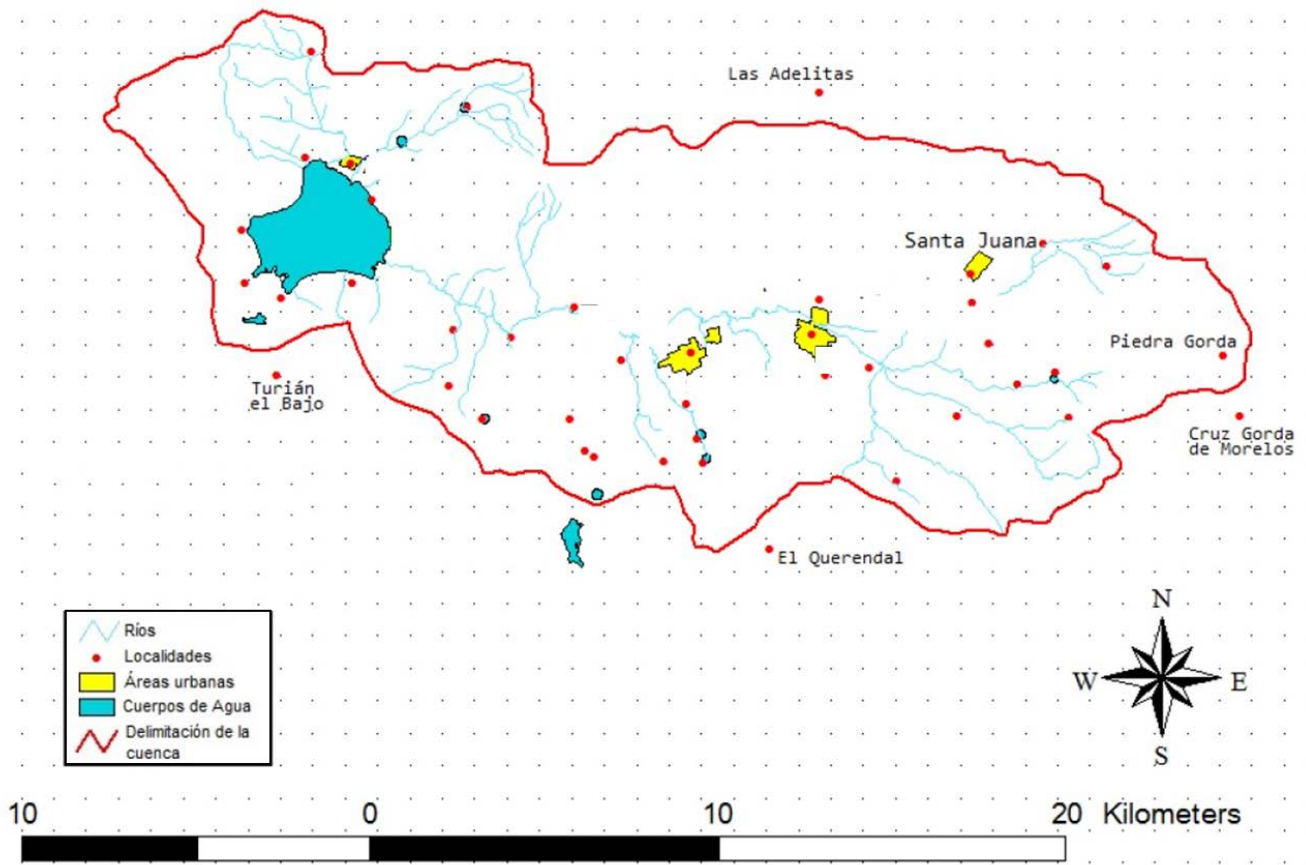
La mujer desesperada dice: “Por favor doctor ¿puede decirme que tiene mi hijo?”.

2. Formen equipos de 4 o 5 estudiantes y hagan una búsqueda rápida en internet sobre qué enfermedades pueden estar relacionadas con la enfermedad descrita en la historia. Registren sus hallazgos en esta página.

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



3. Con la ayuda de tu profesor localiza en el mapa de la cuenca del Lago de Zirahuén los poblados de Copándaro, Zirahuén, Agua Verde, Opopeo, Casas Blancas y Santa Clara del cobre, y los cuerpos de agua correspondientes al Lago de Zirahuén y al Río del Silencio. Intenten construir hipótesis de por qué los casos de Hepatitis A se presentan en el poblado de Copándaro y no en otros, toma en cuenta la ubicación de los asentamientos con respecto al Lago, al Río del Silencio y en general a su ubicación dentro de la cuenca.



Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



4. De tarea lee los textos que se señalan y contesta: ¿Cuáles son las características de un sistema complejo? y ¿Qué podemos considerar como un problema ambiental?

Lecturas:

- García, R. (2000). "Conceptos básicos para el estudio de sistemas". En E. Leff (Ed.), Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo (pp. 381–409). México: Siglo XXI Editores.
- Zurlini, G., Petrosillo, I., & Cataldi, M. (2008). "Socio-ecological System". *Systems Ecology*, 4, 3264–3269.

MÓDULO 1. PROBLEMAS AMBIENTALES COMO SISTEMAS COMPLEJOS

Meta general de aprendizaje:

Identificar las características básicas de un sistema complejo y discutir por qué un problema ambiental puede considerarse un sistema complejo.

Objetivos específicos:

- Identificar cuáles son los límites, elementos y estructura que componen al problema de estudio: contaminación del Lago de Zirahuén.
- Identificar las características de los subsistemas básicos del problema de estudio: el físico-químicos y el social.

ACTIVIDADES

1. Lee con atención la siguiente síntesis sobre la situación socio-ambiental en el Lago de Zirahuén.

Copándaro es una pequeña población ubicada a las orillas del Lago de Zirahuén en el estado de Michoacán, México. Esta población tiene alrededor de 400 habitantes (INEGI, 2010) y el agua que ahí se consume se toma directamente del Lago. Alrededor de este cuerpo de agua se ubican varias poblaciones, entre ellas: Copándaro, Agua Verde y Zirahuén, siendo esta última la zona de mayor urbanización, con una población de alrededor de 15 mil habitantes (INEGI, 2010).

La cuenca del Lago de Zirahuén es una importante fuente de abastecimiento para la agricultura y el consumo humano en las poblaciones aledañas. Se trata de una cuenca endorreica ubicada principalmente en el Municipio de Salvador Escalante, en la parte nor-central del Estado de Michoacán. Su principal corriente es el río El Silencio, también conocido como Arroyo La Palma, el cual se origina en el extremo oriente de la cuenca y desemboca en la parte occidental del Lago.

La vegetación de la región está caracterizada por bosques de pino, de oyamel, de encino, mesófilo de montaña, pastizales y vegetación acuática. Sin embargo, en las últimas décadas se ha observado una importante erosión hídrica y desecación del Lago, proceso asociado a la deforestación, el sobrepastoreo, prácticas de cultivo inadecuadas en la agricultura de ladera y, por otro lado, a la sobreexplotación de acuíferos y a la pérdida de agua por fallamiento (Bravo, 2009).

Las principales actividades económicas de la zona son la agricultura, la ganadería intensiva, la silvicultura, la industria del cobre, la industria artesanal, la pesca y, por su gran atractivo escénico, el turismo tradicional y el ecoturismo (Paniagua et. al., 2010). Entre estas actividades resaltan la actividad artesanal del cobre, el turismo y el crecimiento acelerado del cultivo de aguacate.

En Santa Clara del Cobre, asentada entre el origen y la desembocadura del río El Silencio, se fabrican diversas artesanías de cobre, lo cual constituye una de sus principales actividades económicas. Durante el proceso de elaboración de estas artesanías se requieren insumos como agua, leña y químicos y, en su proceso de producción, se generan desechos y subproductos en forma sólida, líquida y gaseosa. Desafortunadamente, el manejo de estos desechos es inapropiada, pues una buena parte de ellos se arroja al río, lo que, aunado a instalaciones inadecuadas de drenaje, ha ocasionado problemas de contaminación. Al respecto, diferentes trabajos limnológicos encontraron en el pasado concentraciones de cobre en el lago de Zirahuén (Ayala Ramírez et. al., 2010).

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



Por otro lado, aunque la ribera del Lago se perfila como un destino turístico secundario, es decir, es un lugar que se visita por su cercanía a centros turísticos de mayor afluencia como Pátzcuaro o la ciudad de Morelia, el turismo constituye una actividad importante en la región. Dentro de la Cuenca del Lago son principalmente Santa Clara del Cobre y Zirahuén las ciudades que presentan una actividad económica terciaria vinculada al turismo, esto es, actividades relacionadas con el comercio, principalmente la venta de artesanías, de comida y algunas actividades recreativas en el Lago y en sus alrededores (Paniagua et. al., 2010). Sin embargo, la infraestructura para ofrecer estos servicios es precaria, pues gran parte de los desechos generados por los restaurantes y habitaciones ubicadas a las orillas del Lago, así como parte importante de las aguas negras de la población, son vertidas directamente a este cuerpo de agua.

Históricamente, la vocación económica de la región ha estado orientada a la agricultura, sin embargo, es hacia finales de la década de 1990, tras la adopción del cultivo de aguacate, que el valor de producción de este sector pasa de alrededor de 30 % a más del 90 %, empleando apenas la cuarta parte de la superficie agrícola; mientras que el maíz, en el mismo periodo, generó poco menos del 1 % del valor utilizando más de la cuarta parte de la superficie sembrada y cosechada (Paniagua et. al., 2010). Desde entonces, el cultivo de aguacate se ha extendido de forma importante en la zona y es uno de los cultivos más rentables, pues constituye uno de los productos de exportación más importantes del Estado y del país.

La proliferación de las huertas de aguacate ha provocado la pérdida de aproximadamente 30 % de la cobertura de bosque de la región (Barsimantov & Navia, 2012); además de ocasionar algunos conflictos sociales. Por ejemplo, es uno de los principales motores de privatización de la tenencia de la tierra pues, antes de la reforma constitucional al artículo 27 en el año de 1992, era en su mayoría de propiedad comunal o ejidal. Ante la precariedad económica, los malos resultados de la agricultura de ladera y aprovechando la nueva ley, los dueños de tierras aledañas al Lago de Zirahuén las han vendido a productores privados de aguacate, situación que ha creado división y conflicto entre los habitantes de la región. Por otro lado, el alto consumo de agua en los cultivos de aguacate ha provocado disgusto entre los pobladores de la ribera del Lago, pues perciben un bombeo exagerado de agua hacia las huertas.

Es en este marco, que en el año 2013 los habitantes de Zirahuén, Copándaro y de otros poblados aledaños al Lago, se acercaron a autoridades municipales, estatales y al sector académico para comunicar su preocupación por un cambio de coloración del lago y florecimientos algales excesivos. Entre las personas más preocupadas estaban los habitantes de Copándaro, pues es el único asentamiento que toma agua del Lago directamente para consumo humano.

La respuesta del gobierno del Estado de Michoacán fue, por un lado, hacer un llamado a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para generar un diagnóstico sobre el estado de Lago y, por otra parte, convocó a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a conformar la Comisión de Cuenca del Lago de Zirahuén.

Entre los resultados del diagnóstico hecho por la Universidad estatal se estableció que el cambio de coloración del Lago y la proliferación algal se debía a una condición eutrófica del Lago y a un proceso de deterioro acelerado que podría ser revertido con un manejo adecuado en su cuenca vertiente. Asimismo, el diagnóstico establece que el agua del lago no es apta para el consumo humano y puede ser potencialmente tóxica en ciertos periodos del año (Gómez Tagle, 2016).

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



Por su parte, la CONAGUA instaló en 2014 la Comisión de Cuenca del Lago de Zirahuén, la cual, se reunió un par de veces entre 2014 y 2016.

- a) Después de hacer la lectura, reúnete con tu equipo y redacta un párrafo donde, de manera sintética, mencionen cuál es el problema socio-ambiental que describe la lectura.

- b) Ahora, apóyense en la lectura de García (2000) y Zurlini (2008) y traduzcan el problema de Zirahuén en un “sistema complejo de estudio”, para ello establezcan cuáles son los **límites** del estudio y cuáles son los principales **elementos** o subsistemas que componen el sistema y las principales **relaciones** entre estos elementos.

Límites (ubicación geográfica, características principales de la cuenca, densidad poblacional, tipo de población (urbana y/o rural), nivel socio-económico de la población).

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



Elementos:

- Sociales: caracterización de las actividades socio-económicas de la región.
- Bio-físicos: características del Lago, principales afluentes, tipo de contaminantes presentes en el Lago, mecanismos de transporte de los contaminantes.

Estructura: explica las principales relaciones entre los elementos sociales y los bio-físicos.

Tarea:

Haz una búsqueda bibliográfica y hemerográfica sobre los estudios relacionados con el Lago de Zirahuén, usando frases clave como: contaminación del Lago de Zirahuén, poblado de Zirahuén, actividades económicas en Zirahuén.

MÓDULO 2. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DEL SUBSISTEMA SOCIAL

Meta general de aprendizaje:

Identificar y clasificar las actividades económicas y los intereses de los principales actores involucrados en el problema de contaminación del Lago de Zirahuén.

Objetivos específicos:

- Identificar y clasificar las principales actividades económicas que se desarrollan alrededor del sitio de estudio y su relación con la generación de desechos que contaminan el Lago de Zirahuén.
- Caracterizar a los actores sociales involucrados en el caso de estudio según sus actividades e intereses económicos.
- Identificar las interacciones entre los actores sociales y con el medio físico-químico.

ACTIVIDADES

1. Usando la información que encuentres en tu búsqueda bibliográfica, junto con tu equipo, caracteriza a los actores sociales involucrados en el sistema de estudio. Para ellos utiliza la siguiente matriz.



MATRIZ DE ACTORES

Actor social	Categoría (Institución pública, institución privada, empresa, clase trabajadora)	Principal actividad económica	Recursos naturales que requiere para realizar su actividad económica	Impacto ambiental (desechos) de su actividad económica	Jerarquización de su poder en la toma de decisiones (alto, medio o bajo).

Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



MATRIZ DE INTERACCIONES

2. Coloca en cada intersección el tipo de relación que existe entre los actores identificados, diferenciando lo que el actor provee (recurso positivo o negativo) de lo que recibe del resto de los actores. Lo que provee se coloca en el recuadro que va en dirección de las columnas (verticales), mientras que lo que provee en la dirección de las filas (horizontal).
3. Cuando hayas terminado comparte tus resultados con el resto de los equipos y discutan en dónde hay relaciones que podrían provocar conflicto entre actores y cómo esto podría dificultar la solución de la problemática ambiental. Escriban algunas conclusiones al respecto.

Actores - Reciben

Actores - Proveen

Interacciones	Actor 1	Actor 2	Actor 3	Actor 4	Actor 5	Actor 6	Actor 7
Actor 1							
Actor 2							
Actor 3							
Actor 4							

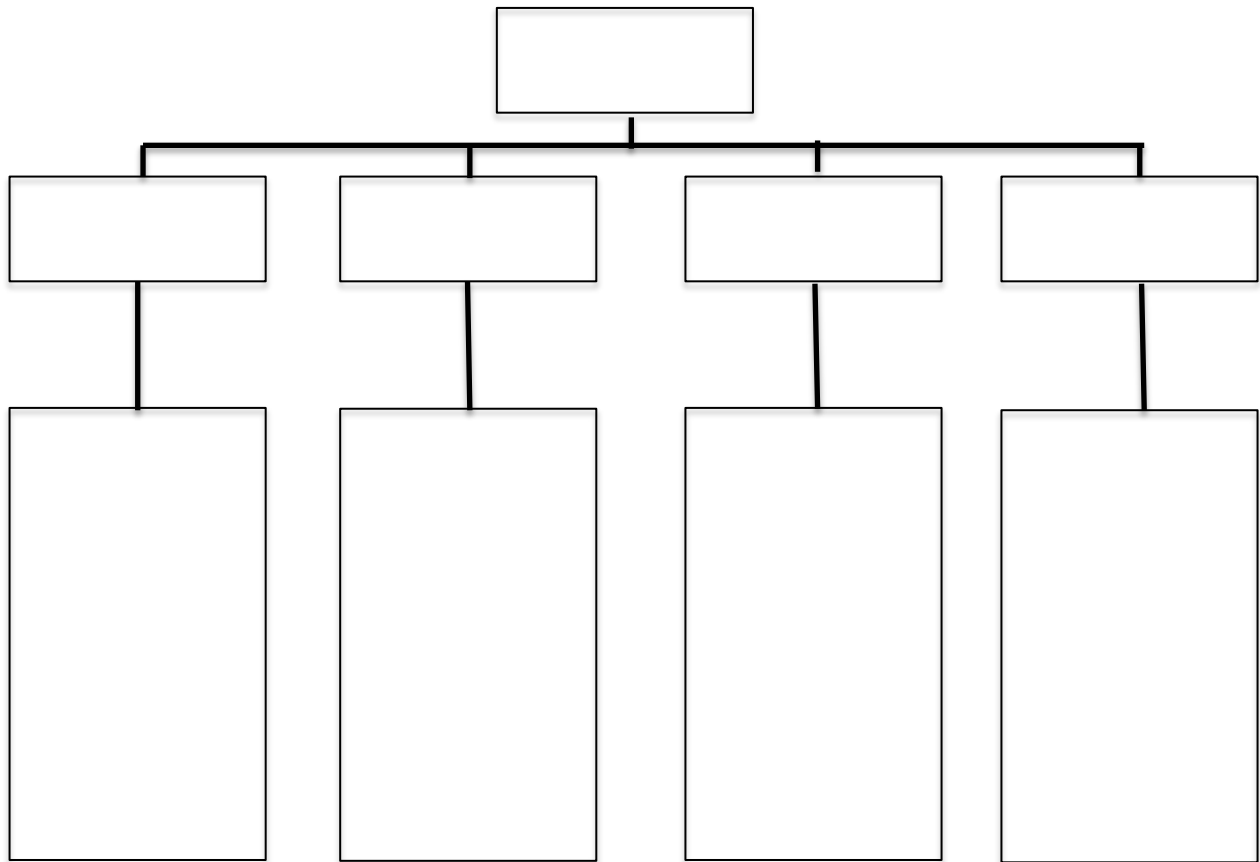
Contaminación del agua en el Lago de Zirahuén (Michoacán, México). Una experiencia de enseñanza-aprendizaje desde un enfoque social y de la química ambiental



Actor 5							
Actor 6							
Actor 7							

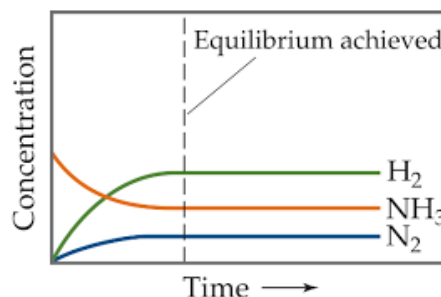
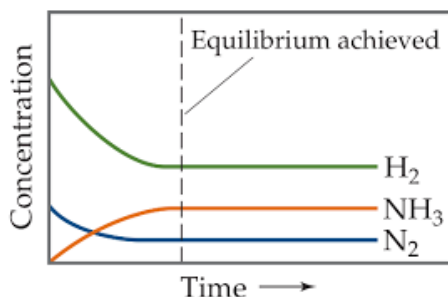
Observaciones:

4. Utilizando el siguiente esquema, explica
- Cuáles son las fuentes de contaminación del Lago de Zirahuén
 - ¿Cómo se transportan los contaminantes y cómo es que se comparten entre esferas ambientales?
 - ¿Cuáles son las rutas (aire, agua, suelo, alimentos) y cuáles son las vías de exposición (inhalación, dérmica, ingestión) por las que llega el contaminante al cuerpo de la población que pudiera verse afectada por la presencia de sustancias tóxicas en el Lago de Zirahuén?
 - ¿Qué reacciones químicas podrían presentarse entre los contaminantes presentes en el Lago de Zirahuén y cómo esto afectaría el efecto que estas sustancias podrían tener en la salud de la población?



5. Observa las siguientes figuras y describe para cada una de ellas, cómo cambian las concentraciones de las especies que reaccionan. ¿Cuál es la conclusión a la

que puedes llegar?



6. A partir de toda la información generada hasta ahora, junto con tu equipo, elabora un mapa conceptual que explique “El problema socio-ambiental en el Lago de Zirahuén”. Para hacerlo, consideren lo siguiente:
- Representen dos subsistemas: **el social** (caracterización de las actividades económicas de los actores y de los desechos que estas actividades generan) y **el físico-químico** (caracterización de contaminantes presentes en el Lago de Zirahuén, reacciones químicas entre contaminantes y mecanismos de transporte de los contaminantes).
 - Dentro de las nubes coloquen sólo una palabra y máximo tres.
 - Todas las nubes deben relacionarse a través de palabras o frases cortas de enlace.
 - Escriban una cuartilla que explique detalladamente el mapa (aunque este debe explicarse por sí mismo).

Para elaborar su mapa pueden usar <https://cmapcloud.ihmc.us/>