La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo

Luis Bravo-Inclán, Pilar Saldaña-Fabela,
Jorge Izurieta-Dávila y Marco Mijangos-Carro

Resumen

Entre los objetivos planteados por la Agenda del Agua 2030 en el tema “Ríos Limpios”, se plantea garantizar tanto el tratamiento de todas las aguas residuales (municipales e industriales), así como el control de la contaminación difusa. En el presente escrito se trata el tema de la contaminación difusa, la pertinencia de abordar este problema en el país, en América Latina y su importancia en el mundo.

Mientras que la contaminación puntual está representada por efluentes de agua residual fácilmente identificables, la evaluación y el control de la contaminación difusa (o no puntual) son más complejos y difíciles y, por lo mismo, es con frecuencia la actividad pendiente en el tema del control de la contaminación del agua.

En todo el mundo se ha generado una preocupación sobre la contaminación difusa que proviene de actividades de zonas agrícolas urbanas e industriales. Los contaminantes de agua, aire y suelo de fuentes difusas incluyen: sedimentos, nutrientes, metales pesados, elementos traza, pesticidas, patógenos, productos farmacéuticos y otros químicos antropogénicos.

Las mejores prácticas de manejo, desarrolladas en el pasado, pueden llegar a ser componentes clave para resolver los problemas de contaminación del agua y suelo de un modo integrado y ecológicamente sustentable.

El presente artículo esboza la importancia de comprender los procesos físicos, hidrológicos, químicos y biológicos que contribuyen al estudio de la contaminación difusa, y cómo este conocimiento puede ser usado para mitigar la contaminación difusa en sus orígenes, así como una introducción al uso sustentable del uso del suelo y los recursos acuáticos.

Palabras clave: contaminación del agua, contaminación difusa, contaminación no puntual, manejo de cuenca, manejo integrado del agua.

Introducción

La contaminación antropogénica del agua es, en cierto modo, una herencia del pasado, cuando los ríos, lagos y embalses eran (y, con frecuencia, todavía son) tratados como cuerpos receptores de los desechos generados por la sociedad y, posteriormente transportados al mar. Se puede afirmar que, en un inicio, los problemas de calidad del agua se generaron como un resultado del uso intensivo del suelo y el agua por parte de la gente.

La contaminación se puede definir como una alteración producida por el hombre en la integridad física, química y biológica del agua. La alteración de la integridad significa daño o deterioro. La afectación a la calidad del agua comprende la contribución de sustancias químicas y otros contaminantes, incluyendo: sedimentos, nutrientes, microrganismos, grasas y aceites, pesticidas, entre otros. Estos constituyentes pueden considerarse como contaminantes si se encuentran en concentraciones excesivas que impidan el uso benéfico de un cuerpo receptor de agua y afecten su integridad ambiental. Aparte de la afectación de las aguas superficiales debido a las descargas de aguas residuales, otros impactos incluyen: la alteración hidráulica de los ríos, eliminar la vegetación ribereña (que se ubica cercana al cauce), o modificaciones hidrológicas que provocan que los ríos se tornen inestables y sufran de erosión (Novotny, 2003; Campbell *et al.*, 2004).

En México, entre los objetivos planteados por la Agenda del Agua 2030 el tema “Ríos Limpios”, se plantea garantizar tanto el tratamiento de todas las aguas residuales (municipales e industriales), así como el control de la contaminación difusa. En este artículo se plantea introducir el tema de la contaminación difusa, la pertinencia de abordar este problema en el país y su destacada importancia en todo el mundo.

Contaminación puntual y difusa

La contaminación procede de fuentes puntuales y fuentes difusas. La **contaminación puntual** está representada por efluentes de agua residual fácilmente identificables (esto es, una descarga al final de una tubería o canal). Este tipo de efluentes tienen la característica −tanto en México como en muchos países de mundo− de estar regulados y se requiere un permiso de descarga para este tipo de efluentes. Esto facilita su monitoreo, de tal manera que se puede mantener su vigilancia a fin de que se cumplan las normativas vigentes para así observar posibles incumplimientos que pudieran causar exceso de contaminación a los cuerpos receptores. La contaminación puntual comprende a los efluentes de agua residual municipal e industrial, siempre y cuando exista una estructura que permita su identificación y caracterización.

En contraste, la evaluación y el control de la **contaminación difusa** (o contaminación no puntual) son más complejos y difíciles. La contaminación difusa involucra el transporte y transformación de desechos a través de varios medios

(por ejemplo: deposición atmosférica, aplicación de un contaminante en el suelo y la transformación química en suelos, involucrando el aire, suelo y agua). Más aún y de modo práctico, uno no puede regular directamente las emisiones de fuentes de contaminación difusa, sino que se pueden regular las emisiones por medio de la implementación y evaluación de actividades en la cuenca (Arreguín-Cortés *et al*., 2000; Holdren *et al.*, 2001; Campbell *et al*., 2004). El mecanismo mediante el cual se inicia el transporte de contaminantes de las fuentes no puntuales es la lluvia, la cual promueve el escurrimiento, mismo que por procesos erosivos arrastra una gran cantidad de suelo y sedimentos en conjunto con los contaminantes, y que tienen como destino final los cuerpos de agua superficiales.

¿De dónde proviene la contaminación difusa?

La contaminación difusa proviene del agua que escurre sobre el suelo, producto de la lluvia. El agua golpea la superficie de la tierra, disuelve y acarrea un conjunto de contaminantes naturales o producidos por el hombre, que pueden incluir: aceite y desechos por desgaste de vehículos en vialidades urbanas, productos químicos de zonas agrícolas, excremento de actividades pecuarias, lavado de zonas de actividades mineras y materiales tóxicos de áreas urbanas y suburbanas (figura 1). Estos escurrimientos encuentran su camino cuesta debajo de la cuenca hacia los cuerpos de agua (arroyos, ríos y lagos), ya sea de modo directo o a través de sistemas de drenaje.

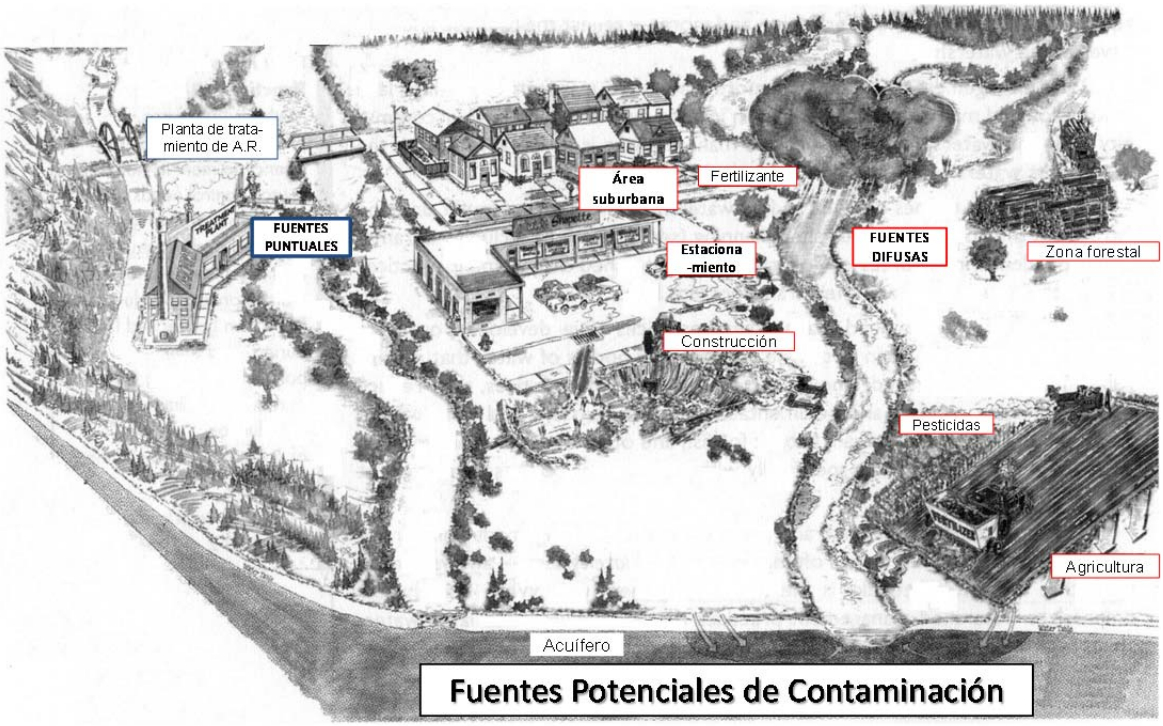

Figura 1. Actividades en la cuenca y usos del suelo que contribuyen tanto a la contaminación puntual como difusa en ríos y lagos (modificado de Holdren *et al*., 2001).

Novotny (2003) describe algunas características sobre la contaminación difusa:

- Individualmente, son fuentes menores de contaminación, pero colectivamente son significativas a lo largo de una cuenca.
- Son el resultado de actividades ligadas al uso del suelo.
- Los impactos de calidad del agua son evaluados a nivel de cuenca.
- Están fuertemente influenciadas por la lluvia.
- La extensión de las emisiones difusas de desechos (contaminantes) se relaciona con ciertos eventos climáticos incontrolables, así como por condiciones geográficas y geológicas, y pueden diferir mucho de lugar en lugar y de año en año.
- Los desechos de contaminación difusa más importantes, sujetos de manejo y control, son: sólidos suspendidos, nutrientes (fósforo y nitrógeno), microorganismos fecales y compuestos tóxicos.

¿Por qué la contaminación difusa y puntual se estudia a nivel de cuenca?

Una cuenca es un área que delimita la superficie en donde la lluvia y el agua superficial drenan hacia un colector, tal como un arroyo, río o lago. Lo que suceda cuando el agua se transporta sobre la tierra y el río determina, en gran medida, la calidad del agua del cuerpo receptor. Muchos de los problemas de un cuerpo de agua –aguas turbias, malezas acuáticas, espuma verde, muerte de peces por falta de oxígeno disuelto, entre otros–, son reflejo de los diferentes usos en la cuenca. Por lo anterior, la restauración y el manejo en el caso de un lago o embalse se traduce en trabajar tanto con el lago como con su cuenca (Holdren *et al*., 2001).

¿Por qué la contaminación difusa es una preocupación?

Los aspectos de contaminación difusa, uso del suelo y de eutroficación tienen una estrecha relación entre ellos. La eutroficación de un lago (o sea, el enriquecimiento de un cuerpo de agua por nutrientes, como fósforo y nitrógeno), provocan alteración en la calidad del agua del mismo, con el incremento resultante de crecimiento de algas (florecimientos masivos de cianobacterias (Tomasini-Ortiz, *et al*., 2012), o el incremento en el costo de tratamiento del agua potable suministrada.

Los contaminantes generados por contaminación difusa que más destacan se presentan en la tabla 1 y figura 2.

Tabla 1. Fuentes de contaminación difusa importantes.

Contaminante	Ejemplo de su origen	Problema ambiental
Fósforo	Erosión del suelo, fertilizantes agrícolas, contaminación de escorrentía urbana (detergentes y materiales orgánicos).	Eutroficación de las aguas dulces, degradación ecológica, incremento en el costo del tratamiento de agua potable, crecimientos de algas nocivos.
Nitrógeno	Fertilizantes agrícolas, emisiones vehiculares, depositación atmosférica.	Eutroficación (especialmente de aguas costeras), contaminación de fuentes de agua potable, acidificación.
Sólidos suspendidos	Escorrentía de tierra de labrado, erosión en zonas altas, acumulación de sólidos en superficies urbanas impermeables, construcción.	Destrucción de la zona de rápidos, sedimentación en estanques naturales, transportador de nutrientes y compuestos tóxicos.
Grasas y aceites e hidrocarburos	Mantenimiento vehicular, disposición de aceites al agua, derrames por almacenamiento y manejo, emisiones vehiculares y escorrentía de carreteras, emisiones industriales.	Toxicidad, contaminación de sedimentos de ríos urbanos, contaminación de agua subterránea, nocivo (en aguas superficiales), sabor (en aguas de abastecimiento humano).
Desechos orgánicos biodegradables	Desechos agrícolas, lodos residuales, disposición de efluentes en el suelo.	Demanda de oxígeno, enriquecimiento de nutrientes.
Pesticidas	Aplicación municipal para controlar las malezas cercanas a las carreteras, agricultura, mantenimiento privado de pastos.	Toxicidad; contaminación a las fuentes de agua potable; afectación de la biodiversidad en ríos, lagos y mares.
Microrganismos fecales	Falla en sistemas de tanques sépticos, heces animales en pueblos y ciudades, conexiones cruzadas ilegales de sistemas separados de alcantarillado.	Riesgo a la salud, incumplimiento con los estándares recreativos (cerrado de playas).
Metales pesados	Escorrentía urbana, aplicación en el suelo de agua y lodos residuales.	Toxicidad.

Fuente: Novotny, 2003, y Campbell *et al*., 2004.

Figura 2. Cómo manejamos el uso de suelo en una cuenca tiene un gran impacto aguas abajo en la calidad del agua. Exceso de sedimentos en el río Guani (Pátzcuaro, Mich.), durante la época de lluvias.

Novotny (1999) relata lo siguiente:

> Hasta la década de los 50s, la mayoría de la agricultura se realizaba en pequeñas granjas, que utilizaban fertilizantes orgánicos y esencialmente la producción de desechos era fácilmente asimilada por los suelos y los cuerpos de agua receptores. Durante el período posterior a 1950, se ha producido un cambio mundial de modernización, con granjas de monocultivo y operación intensiva. La producción agrícola se ha incrementado dramáticamente, sin embargo, para sostener dicha productividad, las granjas están usando grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas químicos. Al mismo tiempo, la deforestación ha ocurrido en una gran escala desde la década de los 50s y la tierra deforestada ha sido convertida a un uso de tierra agrícola (principalmente en los países en vías de desarrollo) y urbano (tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo).

De acuerdo con un inventario de calidad del agua realizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés), las fuentes de contaminación difusa más importantes en los cuerpos de agua superficiales son generados por actividades agrícolas y, en segundo lugar, por las descargas puntuales municipales (tabla 2 y figura 3). Además, a nivel mundial, se ha reconocido el gran impacto de las fuentes difusas agrícolas y urbanas.

Tabla 2. Principales fuentes de afectación de la calidad del agua de cuerpos superficiales.

Clasificación	Ríos	Lagos
1	Agricultura	Agricultura
2	Fuentes puntuales municipales	Fuentes puntuales municipales
3	Cambios en el hábitat de los ríos	Escorrentía urbana

Fuente: Novotny, 2003.

Figura 3. Escorrentía en tierra agrícola. Las actividades agrícolas se consideran el problema más importante de contaminación difusa.

Cada vez más se reconoce la contaminación difusa (o no puntual) como la principal causa de problemas para la calidad del agua, tanto en aguas superficiales como subterráneas. Mientras que la contaminación que resulta de las fuentes puntuales es relativamente más fácil de regular y controlar, con frecuencia las fuentes difusas permanecen como la fuente dominante de contaminación. De acuerdo con Carpenter *et al*., 1998 y Campbell *et al.* (2004), la contaminación

difusa es la actividad pendiente en el tema del control de la contaminación del agua, y que, en la década de los años setenta, fue reconocida como un problema global relativamente reciente.

Por otro lado, en México se establece el control de la contaminación difusa como un objetivo de la Agenda 2030. Para la Comisión Nacional del Agua (Conagua), uno de los principales retos es el ordenamiento de los usos del suelo con el fin de reducir los niveles de pérdidas de suelo por erosión hídrica, lo que a su vez mejorará la calidad del agua del país.

¿Qué se puede hacer para controlar la contaminación difusa?

Debido al reconocimiento creciente de la importancia de la contaminación difusa, desde inicios de la década de los años ochenta, en Estados Unidos surgió el desarrollo de las llamadas Mejores Prácticas de Manejo –en inglés, *Best Management Practices*, (BMP)–, inicialmente usadas con un enfoque para la conservación del suelo y evitar su erosión (Novotny, 2003).

Las BMP son métodos, medidas o prácticas seleccionadas e implementadas para cumplir con la necesidad de controlar fuentes de contaminación difusa. Las BMP incluyen controles de procedimiento (consisten de asesoría técnica y prácticas de trabajo para disminuir la contaminación) y estructurales (elementos físicos que capturan o previenen que los contaminantes se movilicen). Las BMP pueden ser aplicadas antes, durante y después de la contaminación, y producen actividades que reducen o eliminan la introducción de los contaminantes provenientes de fuentes difusas hacia los cuerpos de agua (Holdren *et al*., 2001; Novotny, 2003).

Importancia internacional de la contaminación difusa

En Estados Unidos 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

(http://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm)

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 (Arreguín-Cortés *et al*., 2000). En dicha región, organizaciones tales como la Conagua y el IMTA, en México (Izurieta-Dávila *et al*., 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 Eutroficación, 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. La próxima conferencia sobre contaminación difusa será 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.
(http://www.iwahq.org/7k/networks/specialist-groups/list-of-groups/diffuse-pollution.html).
Resalta la activa participación del Reino Unido, Estados Unidos, Francia, Alemania, Suecia, Sudáfrica, Japón y Australia (IAWQ, 1996).

Conclusiones

En el mundo, la solución de los problemas de contaminación difusa es una actividad importante para controlar la calidad del agua. La identificación de fuentes difusas de contaminación, tomar acciones para mitigar su impacto negativo en los recursos hídricos y tomar medidas de protección y ordenamiento de los usos del suelo, son aspectos importantes por resolver. Actualmente, países con un amplio margen de características geográficas y situaciones económicas tratan de resolver el problema de la contaminación difusa, y de desarrollar varios criterios del manejo integrado de cuenca que incluya la idea común de sustentabilidad.

En América Latina y en México, el control de la contaminación del agua se lleva a cabo básicamente por medio del monitoreo y control de fuentes puntuales y cumplimiento de estándares de calidad del agua en el tratamiento de aguas

residuales y saneamiento. No obstante y excepto por unos pocos estudios, la contaminación difusa no se incluye y pocas veces es reconocida o evaluada. Por lo tanto, en la región no se han adoptado muchas de las tecnologías disponibles en la literatura y existen pocos casos de estudio disponibles. A nivel mundial, la contaminación difusa es un tema de gran interés; sin embargo, en América Latina hay pocos investigadores involucrados en el tema y no son fácilmente identificables.

Por último, se plantea promover el desarrollo de actividades relacionadas con el control y evaluación de dicha fuente de contaminación en agua, suelo y aire. Para lograr el objetivo de la Agenda del Agua 2030: lograr una buena calidad del agua en los cuerpos receptores, se requiere incluir el tema de la contaminación difusa con el fin de implementar el manejo del agua, la tierra y los recursos relacionados de un modo integral y con un enfoque de cuenca.

Referencias

Arreguín-Cortés, F., Gómez-Balandra, A., e Izurieta-Dávila, J. (2000). "Contaminación difusa". *Tláloc* **7(19)**: 8-10, julio-septiembre.

Campbell *et al.* (2004). *Diffuse Pollution: An Introduction to the Problems and Solutions*. IWA Publishing. Cornwall, United Kingdom. 322 pp.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., and Smith, V.H. (1998). "Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen". *Ecological Applications* **8(3)**: 559-568.

Holdren, C., Jones, W. and J. Taggart (2001). *Managing Lakes and Reservoirs*. North American Lake Management Society and Terrene Institute, in cooperation with the Office of Water Assessment and Watershed Protection Division U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Madison, Winsconsin, 382 pp.

IAWQ (International Assessment on Water Quality) (1996). *Nature's Way*. IWA Publishing and Diffuse Pollution Specialist Group. (video en DVD).

Izurieta-Dávila, J., Mijangos-Carro, M.A., Rivera, P., Torres, V., Chavarría, J. (2007). *Diagnóstico de la contaminación por fuentes no puntuales en México*, IMTA (proyecto interno).

Novotny, V. (1999), "Diffuse Pollution from Agriculture-A Worldwide Outlook". *Wat. Sci. Tech*. **39(3):** 1-13.

_____, (2003). *Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA. 864 pp.

Kundzewicz, Z., Hattermann, F. & Krysanova, V. (2010). “Model-supported Implementation of the Water Framework Directive”. *Water21*: abril 25-26.

Tomasini-Ortiz, A.C., Moeller-Chávez, G., Sánchez-Chávez, J.J., y Bravo-Inclán, L.A. (2012). “Cianobacterias y cianotoxinas en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México”. *Revista AIDIS* **5(2)**: 93-101.

Otros sitios web recomendados

SEPA. Scottish Environment Protection Agency (SEPA). Sitio: http://www.sepa.org.uk/water/diffuse_pollution.aspx . También se recomienda ver la lista de “*Best Management Practices*”, incluida en el sitio: http://apps.sepa.org.uk/bmp/

University of Connecticut, CT Nemo. *Protecting natural resources through better land use planning*. Sitio: http://nemo.uconn.edu/

U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). *Water: Pollution and Prevention Control*. Sitio: http://water.epa.gov/polwaste/ . Así como el sitio de “*Nonpoint source pollution*”. Sitio: http://www.epa.gov/owow_keep/NPS/index.html

16th International Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, del 18 al 23 de agosto de 2013, Beijing, China. Sitio: http://dipcon.rcees.ac.cn/index.asp