

CONTAMINACIÓN DIFUSA DE LAS AGUAS

Las aguas no marinas, o sea, las aguas continentales, constituyen un recurso natural renovable, aunque limitado y crecientemente escaso. Se encuentran afectadas por un permanente conflicto de intereses pues son esenciales para la mantención de la vida y también para las actividades humanas. Si se toma en cuenta que el 71% de la superficie planetaria es líquida, podría concluirse erróneamente que la Tierra es rica en agua. En realidad la gran mayoría de los seres vivos –incluidas las personas– requiere de aguas con baja carga de sales, cuya dotación no excede del 3% de las aguas planetarias, según la American Water Works Association (AWWA).

De este 3%, sólo un sexto (0,5%) es accesible para nosotros. Las restantes cinco partes son de difícil acceso pues corresponden a los casquetes polares y a glaciares. En cuanto al consumo humano, la escasez es aún mayor, puesto que apenas el 0,6% del 3% de agua disponible (0,1% del agua dulce y 0,003% del agua total del planeta) presenta las características adecuadas para este fin (figura 1): se trata de aquella que se encuentra en lagos, ríos y otros espacios que la contienen, llamados "acuíferos" (datos de AWWA y OMS).

Una falsa seguridad

En general, porque se cuenta con agua potable solo con abrir una llave, la gente asume que no hay problemas de disponibilidad. La existencia de un ciclo cerrado y repetido (figura 2) genera la falsa



La contaminación difusa tiende a afectar toda una cuenca hidrográfica, incluyendo el área marina asociada.

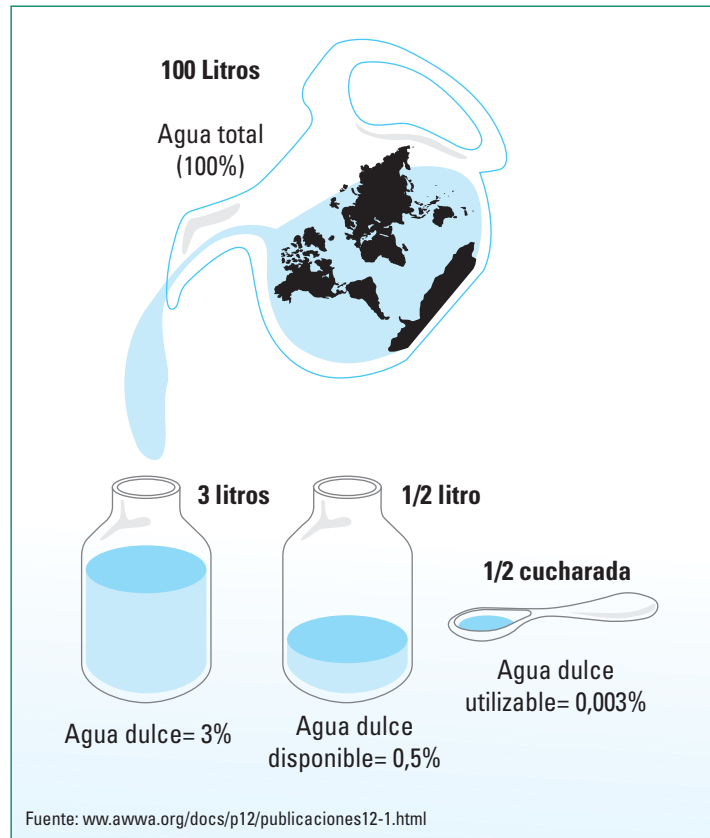
impresión de que es posible acceder a este recurso cada vez que se requiere.

Sin embargo, el fuerte crecimiento poblacional y un acelerado desarrollo económico que recién empieza a internalizar los criterios de desarrollo sostenible ("crecer sin destruir la base natural"), han desencadenado el principal proceso de inutilización de las aguas continentales: la contaminación ambiental. Ésta corresponde a la pérdida parcial o total de sus calidades naturales, como consecuencia de la incorporación –directa o indirecta, voluntaria o accidental– de materias (sólidas, líquidas, gaseosas) o energía (calor, radiaciones), en cantidad tal que sobrepasa las capacidades naturales de absorción y autodepuración.

A pesar de la abundancia de agua en la Tierra, aquella realmente aprovechable para los organismos vivos, incluido el ser humano, es muy escasa. En el sector rural, donde los procesos productivos dependen tanto de ella, está amenazada por un proceso de contaminación difícil de describir, pero no por eso menos dañino.

Sergio González M.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
sgonzale@inia.cl
INIA La Platina

Figura 1. Proporción de las aguas dulces, en el total de las aguas de la Tierra.



La contaminación hídrica impone una serie de consecuencias negativas en los cuerpos/cursos de aguas, que resultan en una menor disponibilidad de agua dulce de calidad adecuada. Entre ellas:

- Alteración, degradación o muerte de las distintas formas de vida acuática.
- Transmisión de enfermedades entre seres vivos (personas incluidas), por contacto e ingesta de aguas contaminadas.
- Reducción de los usos potenciales del agua (vida acuática, riego, recreación, otros).
- Aumento del costo de producción de agua potable.
- Pérdida de belleza escénica y del uso turístico o recreativo.

La contaminación difusa de aguas

Los procesos contaminantes hídricos son de dos tipos:

- Los originados por fuentes fijas: cuando existen sitios puntuales

de descargas –generalmente continuas– de aguas residuales (las que salen de una industria, por ejemplo).

- Los originados por fuentes no fijas: cuando existe una multiplicidad de pequeñas fuentes de descargas, cuyos aportes no son localizados ni continuos, y cuyo acceso a los cursos o cuerpos de agua es por derrame o filtración a través de los suelos.

Esta última modalidad es la llamada "contaminación difusa". Está directamente vinculada a las actividades agrícolas y silvícolas, y trae aparejada una larga lista de impactos ambientales negativos.

Se podría partir diciendo que la contaminación difusa de aguas es aquel proceso de cambio de la composición natural de un cuerpo/curso de agua, como consecuencia de la recepción de múltiples descargas de aguas residuales, dentro de un escenario que posee las siguientes características:

- Las acciones causales ocurren en predios agrícolas y están asociadas a actividades de producción (léase, cultivos, ganadería, silvicultura) o de deforestación.
- Las actividades se repiten más o menos periódicamente, aunque no siempre desde los mismos sitios.
- No existen puntos fijos de descargas de aguas residuales, sino que éstas tienden a derramar o percolar desde áreas diversas, actuando de manera discontinua y no periódica.

- Las actividades pueden ser ejecutadas incluso a bastante lejanía de los cuerpos/cursos de aguas que afectan.
- Individualmente, cada acción es de baja magnitud, por lo que su aporte individual a la contaminación resulta imperceptible.
- La no ocurrencia de una acción no se refleja en una mejoría inmediata de la calidad hídrica.

La contaminación difusa se genera por la sumatoria de pequeños aportes individuales desde sitios diversos –cada uno con un aporte imperceptible– y que se repiten periódicamente por períodos largos de tiempo, generando efectos acumulativos. Una característica básica de esta contaminación es que sus impactos no son locales sino que tienden a afectar toda una cuenca hidrográfica, incluyendo el área marina asociada. Un esquema simplificado se presenta en la figura 3.

La alteración de la composición hídrica se debe a la incorporación de sustancias y partículas removidas de los suelos, desde sitios donde ocurren las actividades de deforestación y de producción vegetal o animal (cultivos, ganadería, madera, fibras), que están basadas en la cultivación de los suelos. La movilidad y dispersión ambiental de estas sustancias y masa de partículas es intensificada por el riego.

En un proceso de contaminación difusa, la magnitud de los cambios en las aguas de una cuenca depende del aporte desde las áreas cultivadas, de la localización de las aguas y del tiempo transcurri-

do. En el caso de las aguas superficiales, se estima que los principales cambios tienen que ver con:

- Un significativo incremento en la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente) disueltos en las aguas, acelerando el proceso de eutroficación, lo que es especialmente importante en cuerpos cuyas aguas residen por largo tiempo.
- Una presencia de residuos de plaguicidas, algunos disueltos y otros insolubles pero adheridos a materias sólidas en suspensión o sedimentables.
- Un significativo aumento de la carga de sólidos en suspensión (correspondientes a partículas –minerales y orgánicas– removidas desde los suelos por procesos erosivos) y sedimentables. Ello acarrea un aumento de la turbidez de las aguas y de sus capacidades abrasivas cuando están en movimiento. El fenómeno acrecienta el problema de los nutrientes y residuos de plaguicidas, ya que muchas de estas partículas adsorben partículas de fertilizantes y plaguicidas.
- Reducción significativa del oxígeno disuelto, generando condiciones anóxicas.

Las aguas que fluyen a través del suelo y subsuelo, ya filtradas y libres de los sólidos en suspensión, llegan hasta las napas. La contaminación difusa se manifiesta aquí como un aumento de concentración de formas disueltas de nutrientes (básicamente nitrógeno) y plaguicidas (básicamente herbicidas hidrosolubles) y en la

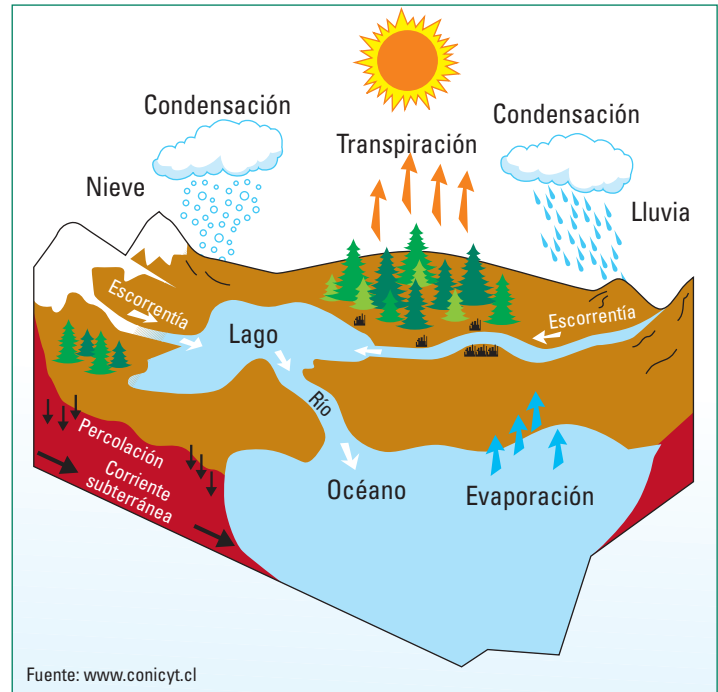
reducción del oxígeno disuelto.

Vulnerabilidad de las aguas dulces

Si bien la contaminación difusa depende de decisiones tomadas a nivel predial, las características y magnitudes del daño ambiental están condicionadas por el espacio por donde fluyen las aguas. En otras palabras, son dependientes no sólo de las acciones humanas, sino también de la vulnerabilidad o fragilidad de los recursos hídricos en un sitio dado. Esta vulnerabilidad debe entenderse como:

- Facilidad de acceso a cuerpos subterráneos por parte de aguas lixiviadas desde la superficie de la tierra (en otras palabras, una comunicación abierta entre superficie y napa).
- Fragilidad de los suelos a la

Figura 2. Ciclo hidrológico.



- erosión hídrica.
- Facilidad de acceso de las aguas de escorrentía a cauces superficiales de aguas.

Por la existencia de grados de vulnerabilidad diferentes, el impacto de una misma acción (por ejemplo, aplicación de fertilizantes nitrogenados solubles) a la contaminación difusa es distinto si se realiza en sitios diferentes.

Figura 3. Esquema simplificado del proceso de contaminación difusa de aguas continentales.

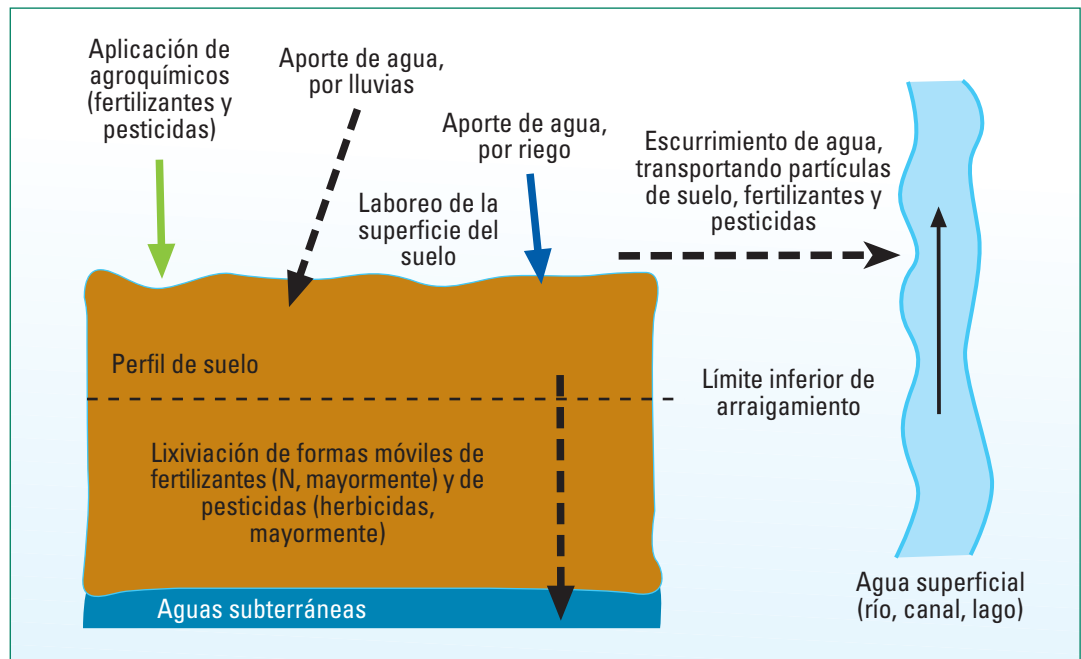
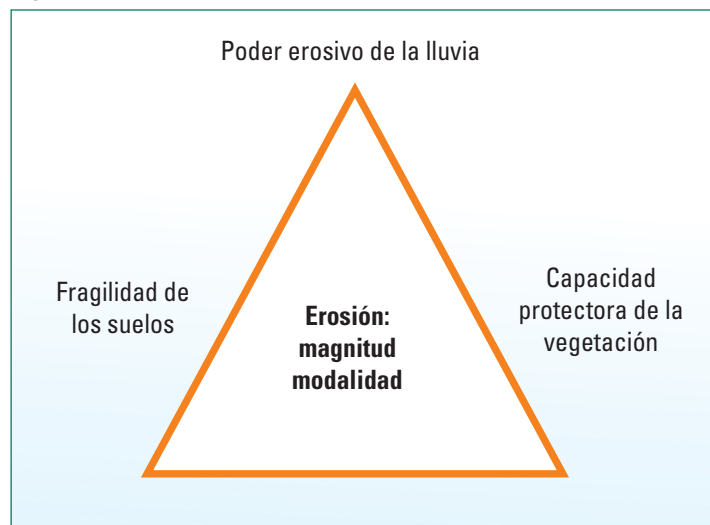


Figura 4. Factores de la erosión por lluvia.



La medida en que los cuerpos/cursos de agua son alcanzados por residuos de la actividad agrícola es específica de cada sitio. Depende de un sinnúmero de factores interrelacionados que facilitan, retardan o imposibilitan el acceso a ellos de las aguas con residuos.

En un lugar dado, el balance entre infiltración y escorrentía depende principalmente de la forma de la tierra (pendientes, relieve), de la capacidad de infiltración (por textura y estructura), de la intensidad y duración de las lluvias, de la cobertura vegetal y de las prácticas agrícolas (cuadro 1). En sitios más bien planos, con texturas arenosas, el movimiento hídrico dominante será la lixiviación; en sitios con pendientes, texturas más finas y suelo descubierto, será la escorrentía.

Si, en su movimiento descendente a través del suelo, el agua se encuentra con capas de permeabilidad restringida, empezará a moverse lateralmente, pudiendo aflorar nuevamente pendiente

abajo o mantenerse en la zona de raíces. Las napas superficiales están más expuestas a la contaminación que las profundas, ya que el recorrido del contaminante es menor, disminuyendo las posibilidades de que el suelo pueda actuar como filtrante, absorbente o químicamente reactivo con el compuesto intruso. El tipo de napa también influye: una napa abierta es más frágil que una confinada.

El relieve, la pendiente y el tipo y densidad de la cubierta vegetal son factores que condicionan la tasa de escorrentía del agua sobre el suelo, lo que, a su vez, determina la energía de suspensión, el movimiento de sedimentos en suspensión y el tiempo para que el agua infiltre en determinada superficie.

La lluvia es un factor natural de erosión, que ha venido modelando la superficie del planeta por millones de años. Las características de una lluvia condicionan su potencial erosivo, pero también sus efectos serán diferentes según sea la fragilidad o susceptibilidad a la erosión de los suelos receptores y la calidad protectora de la cubierta vegetal (figura 4).

Causas de la contaminación difusa

La contaminación difusa de las aguas continentales se produce como una consecuencia inevitable de la intervención humana para establecer y mantener sistemas agropecuarios y silvícolas. Su impacto ambiental negativo será mayor, más grave y menos reversible mientras menos se respeten las limitaciones que presentan los cuerpos naturales a un uso intensivo (capacidad de uso de los sue-

los, tiempos de renovación de aguas, por ejemplo) y mientras menos se integren las restricciones de resguardo ambiental en las actividades prediales.

Las prácticas silvoagropecuarias que más pueden contribuir a la contaminación difusa de las aguas son:

- La aplicación de fertilizantes. El efecto será máximo si se trata de fertilizantes minerales de alta solubilidad en suelos de texturas arenosas. Especialmente importantes son los nitrogenados (por ser el nitrógeno el nutriente más móvil), aunque los fosforados también hacen su aporte.
- La aplicación de plaguicidas de origen sintético. La contaminación difusa será máxima con plaguicidas solubles aplicados directamente a los suelos.
- El pastoreo directo de masas ganaderas que excedan la capacidad de talajeo de los suelos.
- La disposición —como riego— a campo abierto de residuos orgánicos animales (purines, por ejemplo), en suelos con alta capacidad de infiltración.
- El laboreo y otras acciones que desnudan la superficie de los suelos, como tala de bosques o incendios forestales, en suelos susceptibles de erosión hídrica.
- El riego, como potenciador o sinergizante de la contaminación difusa.

Soluciones

Para minimizar e, idealmente, eliminar la contaminación difusa, la estrategia se basa en la formulación de normas de calidad ambien-

Cuadro 1. Factores que facilitan la contaminación de las aguas

| Factor ambiental | Condicionantes | | |
|-------------------------------|--|---|--|
| Clima | Intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones | Velocidad del viento | Temperatura |
| Morfología del terreno | Relieve y pendiente | Longitud y forma de laderas | |
| Suelos | Velocidad de infiltración Sujeción del suelo | Propiedades mineralógicas Rugosidad de la superficie | Profundidad de la napa de agua |
| Hidrología | Tipo y velocidad de flujo | Cercanía a cursos de aguas | |
| Cubierta vegetal | Deforestación | Función de pantalla protectora | Altura de la cubierta vegetal, que intercepta la lluvia. Esto determina cuán cerca o lejos de la superficie golpea la gota de lluvia contra el follaje |
| Tecnología | Uso del suelo | Tipo de cultivo | Técnicas o métodos inadecuados |
| | Eficiencia de la maquinaria utilizada en el agro | Proporciones y aplicaciones usadas (abonos, productos fitosanitarios) | Prácticas de eliminación de malezas o rastrojos de cultivos |
| Socioeconómico | Presión demográfica | Falta de percepción de la fragilidad del suelo y de la progresiva degradación | Costo y mantenimiento de infraestructuras de conservación |

Porta, J.; López-acevedo, M. y Roquero, C. 1994. Cap. 23. Degradación de suelos por erosión hídrica: conservación de suelos y aguas. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

tal y procedimientos de fiscalización y sanción de los puntos de descargas. Superar el problema implica acciones sostenibles a nivel individual, o sea adoptar códigos de buenas prácticas, con la condición de que sean sitio-específicas.

Se debe apuntar a la gestión del productor agrícola, ya que la solución pasa por cambios conductuales que aseguren que el manejo de suelos y aguas no sea erosivo ni contaminante.

La existencia de una red de comunicación entre todos los compartimentos ambientales hace que los procesos desencadenados por prácticas no sostenibles, por ejemplo erosión y eutrofización, también se encuentren en estrecho vínculo. La superación de uno (por ejemplo, erosión) contribuye significativamente a la superación de otros (léase, sedimentación, eutrofización). Los códigos de buenas prácticas agrícolas deben entregar información suficiente para que cada productor agropecuario o

silvícola pueda prevenirlos.

El cambio conductual operará sólo si hay una toma de conciencia acerca de la responsabilidad asumida al trabajar con recursos que, junto con ser productivos, son también vitales para sostener la vida. Si bien otros sectores de la sociedad también son responsables del desarrollo sostenible, hay que reconocer que la aplicación de las tecnologías y la elección de productos agroquímicos dependen del agricultor. **Ta**

GLOSARIO

Anoxia: falta de oxígeno.

Escorrentía: proceso por el cual el agua fluye sobre la superficie del suelo.

Eutrofización: proceso natural de cambios que van experimentando las aguas contenidas en algún cuerpo hídrico, que significa su cambio final en pantano y su posterior desecamiento. Su avance es tan lento como para no ser perceptible al ojo humano.

Eutrofización: aceleramiento del proceso de eutrofización al aumentar la concentración de nutrientes, especialmente fósforo. Se producen cambios perceptibles al ojo humano: aumento de la turbiedad, agotamiento del oxígeno disuelto, crecimiento de vegetación pantanosa en las orillas. Muchos de los lagos chilenos se encuentran bajo procesos activos de eutrofización.

Hidrosoluble: sustancia que se disuelve en agua.

Lixiviación: arrastre de iones (de fertilizantes y pesticidas, entre otros) por el agua hasta más abajo de la zona radicular, proceso que puede producir contaminación de las aguas subterráneas.

Napa de agua: capa de agua existente bajo la superficie de la tierra.

Percolación: movimiento de un líquido en un medio poroso, como es el suelo.