

# Guía del ciudadano sobre la reducción química *in situ*



## ¿Qué es la reducción química *in situ*?

En la reducción química *in situ*, o “ISCR”, por sus siglas en inglés, se utilizan sustancias químicas denominadas “agentes reductores” para facilitar la conversión de los contaminantes en formas menos tóxicas o menos móviles. Este método se describe como *in situ* ya que se lleva a cabo en el subsuelo, sin tener que excavar el suelo ni bombear las aguas subterráneas a la superficie para la limpieza. Con la ISCR se pueden limpiar varios tipos de contaminantes disueltos en las aguas subterráneas. También se puede utilizar para limpiar los contaminantes denominados “líquidos densos en fase no acuosa” o “DNAPL”, por sus siglas en inglés, que no se disuelven fácilmente en las aguas subterráneas y que pueden ser una fuente de contaminación durante mucho tiempo. La ISCR se utiliza más comúnmente para limpiar el cromo metálico y el solvente industrial tricloroetano, o “TCE”, que es un DNAPL.

## ¿Cómo funciona?

Cuando se agregan los agentes reductores en la tierra y las aguas subterráneas contaminadas, se produce una reacción química que convierte a los contaminantes en otras formas. Por ejemplo, una forma muy tóxica del cromo denominado “cromo hexavalente”, o “cromo 6”, se puede convertir en cromo 3 cuando se inyectan agentes reductores en el agua subterránea contaminada. El cromo 3 es una forma mucho menos tóxica del metal. El cromo 3 es también menos móvil, ya que no se disuelve tan fácilmente en el agua.

Algunos agentes reductores comunes son los metales de valencia cero, que son metales en su forma pura. El metal más utilizado en la ISCR es el hierro de valencia

cero, o “ZVI”, por sus siglas en inglés. El ZVI debe molerse en pequeños gránulos para su uso en la ISCR. En algunos casos, se utilizan micro o nanopartículas (sumamente pequeñas). El tamaño de las partículas más pequeñas aumenta la cantidad de hierro disponible para reaccionar con los contaminantes. Otros agentes reductores comunes son los polisulfuros, el ditionito de sodio, el hierro ferroso y los materiales bimetálicos, que se componen de dos metales diferentes. El material bimetálico más común usado en la ISCR está recubierto en hierro con una fina capa de paladio o plata.

Hay dos maneras de poner los agentes reductores en contacto con la tierra y las aguas subterráneas contaminadas: la inyección directa y la construcción de una barrera permeable reactiva, o “PRB”, por sus siglas en inglés.

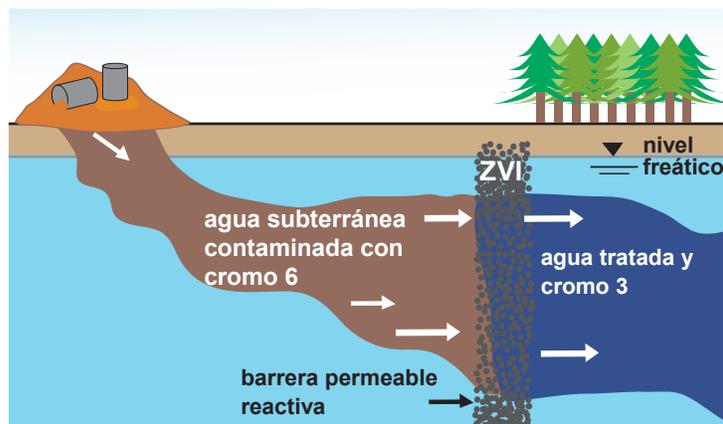
La **inyección directa** implica mezclar el agente reductor con agua (o, a veces, aceite vegetal) para crear una suspensión, que se bombea por hoyos perforados directamente en la tierra y las aguas subterráneas contaminadas. Este método se suele utilizar para tratar zonas de origen altamente contaminadas, incluidos los DNAPL. El ZVI en escala nano se suele utilizar en la inyección subterránea de hierro.

Una barrera **PRB** es un muro construido en el subsuelo, por lo general excavando una zanja y llenándola con un agente reductor. Las limaduras de hierro, que son gránulos más grandes de ZVI, son de uso común. Debido a que el muro es permeable, las aguas subterráneas fluyen a través de la barrera PRB, lo que permite que los contaminantes reaccionen con el agente reductor; las aguas tratadas fluyen y salen por el otro lado. Se utiliza una barrera PRB para tratar los contaminantes disueltos en las aguas subterráneas. Sólo trata las aguas que fluyen a través de ella. (Ver la *Guía del ciudadano sobre barreras reactivas permeables* [EPA 542-12-015S].)

## ¿Cuánto tiempo lleva?

Con la ISCR se puede tardar tan solo unos pocos meses para limpiar una zona de origen mediante la inyección directa, y con las barreras PRB se puede tardar varios años. El tiempo real de la limpieza dependerá de varios factores que varían de un sitio a otro. Por ejemplo, con la ISCR se tarda más tiempo cuando:

- la zona de origen es grande.
- los contaminantes están atrapados en zonas de difícil



Dibujo del tratamiento de agua contaminada con una barrera PRB construida con ZVI.

acceso tales como fracturas o arcilla.

- el suelo o la roca no permite que el agente reductor se difunde rápidamente y de manera uniforme o alcance a los contaminantes con facilidad.
- el flujo de las aguas subterráneas es lento.

## ¿Es inocua la ISCR?

El uso de la ISCR representa un riesgo bajo para la comunidad circundante. Los trabajadores usan vestimenta protectora para manipular agentes reductores, y cuando se manipulan adecuadamente, estas sustancias químicas no son perjudiciales para el medio ambiente ni para las personas. Debido a que la tierra y las aguas subterráneas contaminadas se limpian en el subsuelo, con la ISCR no se expone a los trabajadores ni a otras personas en el lugar a la contaminación. Si se hallara tierra contaminada al excavar la zanja de la PRB, los trabajadores deberán usar vestimenta protectora. También se cubre toda la tierra suelta contaminada para que el polvo y los contaminantes no se liberan a la atmósfera antes de deshacerse de ellos. La tierra y las aguas subterráneas son analizadas con regularidad para asegurarse de que la ISCR esté surtiendo efecto.

## ¿De qué manera puede afectarme?

Es posible que las empresas y los residentes cercanos al lugar observen un incremento del tráfico de camiones cuando se entreguen plataformas de perforación, maquinaria para remover la tierra y agentes reductores. También es posible que los residentes oigan el funcionamiento de los equipos durante las inyecciones o la instalación de las barreras PRB. Sin embargo, una vez concluidas las inyecciones y las instalaciones de las barreras PRB, con la ISCR no se requiere ningún equipo ruidoso. Los trabajadores de limpieza de vez en cuando visitan el sitio para recoger muestras del suelo y de las aguas subterráneas a fin de asegurarse de que la ISCR esté surtiendo efecto.

## ¿Por qué se usa la ISCR?

Con la ISCR se pueden tratar algunos tipos de contaminantes, incluidos los DNAPL que son difíciles de limpiar utilizando otros métodos. Se puede destruir la mayor parte de los contaminantes *in situ* sin necesidad de bombear agua subterránea para tratarla ni de excavar el suelo para el transporte a un vertedero o establecimiento de tratamiento. Con esto se puede ahorrar tiempo y dinero. Además, no se necesita energía para hacer funcionar una barrera PRB porque se basa en el flujo natural de las aguas subterráneas. La ISCR es un método relativamente nuevo para la limpieza de sitios de desechos peligrosos, pero se lo está empleando cada vez más en los sitios *Superfund* en todo el país.



*Inyección de un agente reductor en un hoyo perforado en el subsuelo.*

## Ejemplo

La ISCR se utilizó en el tratamiento de la tierra y las aguas subterráneas contaminadas con cromo 6 en el sitio *Superfund* de la Macalloy Corporation, en Carolina del Sur. Las fugas y la eliminación de desechos en la antigua fábrica de aleación de hierro-cromo contaminaron las aguas subterráneas que desembocan en un arroyo cercano.

En diciembre de 2005, se construyeron cinco barreras PRB (y más adelante, otras cuatro) para contener y tratar las aguas subterráneas antes de que pudieran desembocar en el arroyo. La tierra que se excavó de las zanjas se mezcló con grava y una combinación de hierro ferroso y ditionito de sodio. La mezcla se colocó de nuevo en las zanjas para formar las barreras PRB.

Un examen realizado en 2010 demostró que están disminuyendo en el sitio las concentraciones de cromo 6 y el alcance de la contaminación. Se están cumpliendo las metas de limpieza en la mayoría de los pozos muestreados. Se espera que las barreras PRB sigan reduciendo el cromo 6 en los próximos cinco años.

## Para más información

Para más información sobre esta tecnología y otras de la serie Guía del ciudadano, consultar:

[www.cluin.org/remediation](http://www.cluin.org/remediation)

[www.cluin.org/products/citguide](http://www.cluin.org/products/citguide)

[www.cluin.org/ISCR](http://www.cluin.org/ISCR)

*NOTA: Esta hoja informativa tiene el propósito único de brindar información general al público. No tiene el propósito, ni debe servir de fundamento para crear ningún derecho ejecutable por ninguna parte en litigio con los Estados Unidos, ni para endosar el uso de productos ni servicios brindados por vendedores específicos. La Agencia también se reserva el derecho de cambiar esta hoja informativa en cualquier momento sin aviso al público.*