

RESULTADOS DE ENSAYO ISCO-LIFE+ EN BAILIN

ÍNDICE

Sección

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	CONCEPTOS BÁSICOS	2
3.1.	¿Qué es la oxidación química in situ (ISCO)?	
3.2.	¿Por qué se ha seleccionado la técnica de oxidación química?	
3.3.	¿Qué es un ensayo piloto?	
3.4.	¿Dónde se ha realizado el ensayo piloto de Bailín?	
3.5.	¿Cómo se ha realizado el ensayo piloto de Bailín?	
3.6.	¿Cuándo se ha realizado el ensayo piloto de oxidación química?	
3.7.	¿Se están realizando controles en el río Gállego?	
3.8.	¿Se han incrementado las concentraciones en las aguas superficiales, río Gállego / Barranco de Bailín?	
3.9.	¿Qué resultados se han obtenido del ensayo?	
3.10.	¿Presupuesto del Ensayo de oxidación química in situ (ISCO)?	
3.11.	¿Cuáles son las perspectivas del ensayo ISCO?	

1. INTRODUCCIÓN

La presente nota técnica expone las consideraciones básicas sobre la ejecución del ensayo piloto de oxidación in situ ISCO (In Situ Chemical Oxidation) realizado durante el mes de julio en el vertedero de Bailín. Se presentan de manera divulgativa los principales conceptos en relación con el ensayo de oxidación, y se plantean una serie de preguntas más frecuentes que pueden despertar el interés en relación al desarrollo del ensayo y a los resultados del mismo. Se hace especial hincapié en relación con las condiciones iniciales del acuífero y los receptores sensibles como el río Gállego y el barranco de Bailín.

2. ANTECEDENTES

El ensayo piloto de oxidación in situ ISCO forma parte del proyecto LIFE DISCOVERED, cofinanciado por la Unión Europea y en él participan el Gobierno de Aragón, la Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental (SARGA), y la Asociación Internacional de HCH y Pesticidas (IHPA), quienes se asociaron para participar en la convocatoria del Programa de Medio Ambiente LIFE+.

Este proyecto LIFE DISCOVERED tiene como principal objetivo la ejecución del ensayo piloto en campo de la técnica de oxidación química (ISCO), para comprobar si dicha técnica es viable para la remediación de la contaminación producida por una mezcla de compuestos orgánicos persistentes (COP) y compuestos densos, volátiles y semivolátiles dentro del emplazamiento que comprende el antiguo vertedero de Bailín y su entorno, en Sabiñánigo (Huesca).

El proyecto se pone en marcha en 2014 con la planificación y el diseño de protocolos, previamente la técnica de oxidación química se había probado en laboratorio. Tras los resultados prometedores de los estudios y ensayos de laboratorio, era necesario valorar si la técnica de oxidación química mediante persulfato con activación alcalina resultaría igual de efectiva en condiciones reales, es decir, en el propio acuífero de Bailín.

La consultora AECOM URS ha participado en el proyecto y primeramente presentó los informes técnicos previos “*Diagnóstico del área objetivo*”, “*Características de la celda de recirculación*”, y “*Diseño del ensayo piloto ISCO*”. En 2015 se realizaron unos ensayos previos en la zona seleccionada con el fin de ajustar los parámetros hidráulicos que se utilizaran durante la ejecución del ensayo piloto de oxidación en julio de 2016. El resultado de dichos trabajos y la propuesta definitiva del diseño del ensayo se recogen en el informe “*Asistencia técnica para la ejecución y supervisión de los ensayos de inyección y bombeo y trazadores y trabajos anexos. Proyecto DiscoveredLife 12 ENV/ES/000761*”. En todos estos informes se pueden consultar toda la información técnica, detallada y específica asociada al diseño y ejecución del ensayo piloto de oxidación química del proyecto del Discovered LIFE de Bailín.

3. CONCEPTOS BÁSICOS

3.1. ¿Qué es la oxidación química in situ (ISCO)?

La oxidación química es un método de remediación que utiliza sustancias químicas denominadas *oxidantes* que en contacto con los contaminantes los destruyen o los convierten en otros menos nocivos. En el caso de Bailín los principales contaminantes a tratar en la zona de ensayo son el HCH Total (Lindano y sus isómeros), benceno, y clorobenceno.

Se describe como *in situ* ya que se lleva a cabo en el lugar, sin tener que excavar suelo ni extraer agua subterránea para su tratamiento en superficie; es decir las reacciones químicas tendrán lugar en el propio acuífero.

3.2. ¿Por qué se ha seleccionado la técnica de oxidación química?

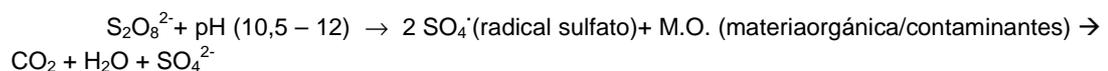
En enero de 2010, AECOM URS presentó un informe preliminar de alternativas de remediación para el subsuelo del vertedero de HCH de Bailín que incluía un estudio detallado de tecnologías potencialmente aplicables para el saneamiento del subsuelo.

A partir de este estudio, se evaluaron y seleccionaron las técnicas más prometedoras, planteando y diseñando una estrategia de ensayos (laboratorio y piloto) para las opciones identificadas con mayor probabilidad de éxito.

En las siguientes fases del estudio, se desarrollaron diversos ensayos de laboratorio que culminaron en la selección de las mejores metodologías para su aplicabilidad en un ensayo piloto en campo. Una de las técnicas seleccionadas cuyos resultados en el laboratorio demostró tener mayor potencial para el saneamiento de la zona de pluma en disolución fue el de la oxidación química (ISCO).

Entre otros aspectos, los ensayos de oxidación en el laboratorio, permitieron seleccionar el tipo de oxidante y activador óptimo para destruir los contaminantes que circulan por las fracturas del acuífero rocoso de Bailín; asimismo se estimaron las concentraciones óptimas para obtener la destrucción de todos los contaminantes de interés.

El oxidante seleccionado tras los ensayos fue el Persulfato Sódico, junto con NaOH como activador. A continuación se presenta la reacción básica que se producirá durante el ensayo



3.3. ¿Qué es un ensayo piloto?

Tras los resultados prometedores de los estudios y ensayos de laboratorio, se consideró necesario valorar si la técnica de oxidación química mediante persulfato con activación alcalina resultaría igual de efectiva en las condiciones de campo. Este paso de ensayo piloto se basa en seleccionar una pequeña zona afectada del emplazamiento donde probar si realmente es viable la técnica a escala de campo.

La clave para que el oxidante destruya los contaminantes es conseguir **establecer contacto** entre oxidante y contaminantes. Además, **se tiene que conseguir poner la masa adecuada del oxidante** durante el tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

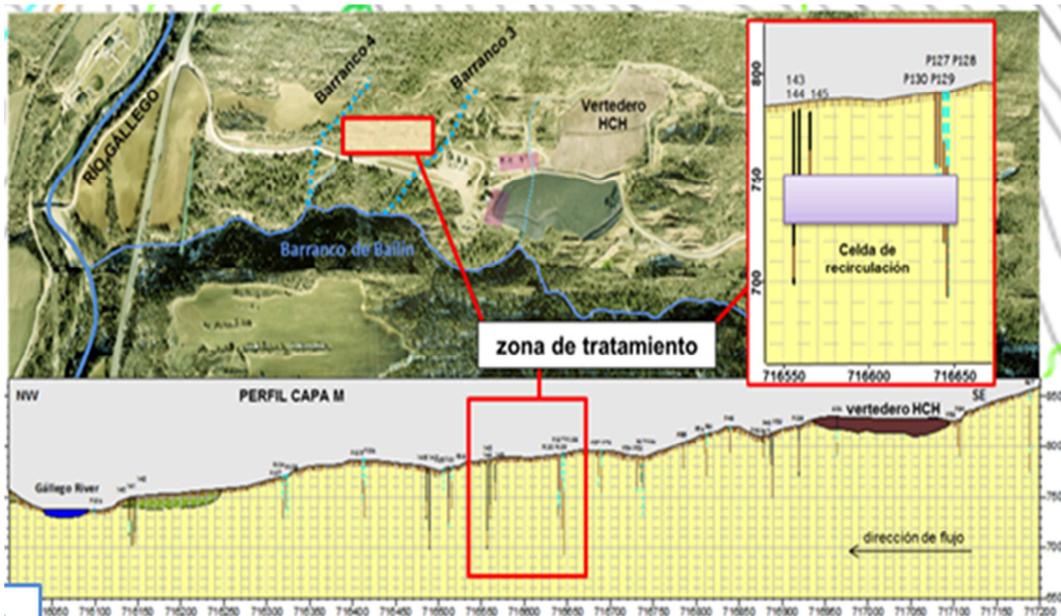
Estas premisas que a priori parecen sencillas, son fáciles de conseguir en un medio controlado como un laboratorio, sin embargo la complejidad del acuífero fracturado de Bailín constituían un verdadero desafío para su implantación en campo.

Por ello, se realizaron entre 2014 y 2015 pruebas y diseños intermedios con el fin de reducir al máximo las incertidumbres asociadas con la implantación en campo.

3.4. ¿Dónde se ha realizado el ensayo piloto de Bailín?

El primer paso antes de valorar si la técnica de oxidación es viable, consiste en seleccionar una zona donde hacer una prueba real considerando los resultados obtenidos en el laboratorio e integrándolos con el modelo del subsuelo de Bailín. Este tipo de ensayos han de realizarse en zonas con un grado de conocimiento detallado que permita reducir las variables que pudieran introducir incertidumbres en el diseño e interpretación del ensayo.

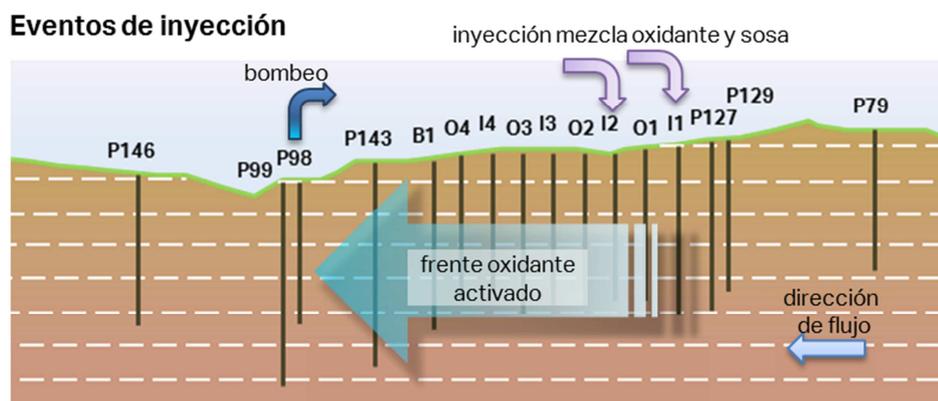
La zona seleccionada, a partir del conocimiento del modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico, corresponde a una de las zonas donde se encuentra canalizada la pluma de afección en fase disuelta que se dirige hacia el río Gállego. Se seleccionó esta zona por ser una de las zonas con mayor densidad de información y donde el agua subterránea se encuentra a una profundidad suficiente para que no se produzca flujo trasversal hacia el barranco de Bailín. Esta zona de ensayo se encuentra a unos 500 m del río Gállego y a 150 m del barranco de Bailín.



3.5. ¿Cómo se ha realizado el ensayo piloto de Bailín?

Como se ha comentado anteriormente, la clave de esta tecnología es conseguir poner en contacto el oxidante con los contaminantes para que pueda destruirlos. Para ello se diseñaron unos sondeos de inyección que han permitido introducir un volumen de disolución con la concentración adecuada de oxidante en el acuífero. Esta disolución circula por las mismas fracturas por las que circula el agua subterránea contaminada de modo que al ponerse en contacto, destruya los contaminantes. Según se van produciendo las reacciones de oxidación, el persulfato (oxidante) se va consumiendo hasta desaparecer.

Existe otro sondeo aguas abajo de la inyección, desde donde se bombea y extrae parte del agua inyectada, lo que minimiza el volumen de agua que pasa fuera de la zona de ensayo. Entre los sondeos de inyección y bombeo existen sondeos de control que sirven para estudiar la evolución de las reacciones de oxidación y comprobar cómo se va consumiendo el oxidante y como se van degradando los contaminantes



3.6. ¿Cuándo se ha realizado el ensayo piloto de oxidación química?

El conjunto de los trabajos relacionados con el ensayo piloto en campo se han realizado durante el mes de julio de 2016. Los trabajos de campo han durado aproximadamente un mes, y posteriormente se han analizado los datos obtenidos y se ha redactado el informe correspondiente en enero de 2017.

Por otra parte, una vez finalizadas las inyecciones, se han mantenido controles periódicos para estudiar la evolución de la calidad de las aguas subterráneas y poder valorar la viabilidad final como técnica de remediación global en Bailín.

3.7. ¿Se realizan controles en el río Gállego?

SARGA, como dirección facultativa de los trabajos, realiza controles periódicos en el río.

Estas muestras del río se valoran dentro del contexto global de la afección en el entorno de Sabiñánigo, en el que existen varios focos que afectan históricamente a la calidad del río (Bailín, Sardas, Inquinosa, embalse, sedimentos río) y por tanto, ante un hipotético repunte puntual que pudiera detectarse en las muestras del río, es necesario contrastar esas distintas variables para determinar relaciones causa – efecto.

De acuerdo a los estudios detallados de descarga de masa en las condiciones actuales que se vienen realizando en el seguimiento de Bailín, se considera poco probable un impacto al río en concentraciones apreciables. Dado que el propósito del ensayo es oxidar los contaminantes, la posibilidad de una eventual afección al río es aún más improbable.

3.8. ¿Se han incrementado las concentraciones en las aguas superficiales, río Gállego / Barranco de Bailín?

Con el modelo conceptual hidrogeológico desarrollado desde 2008, los estudios detallados de fracturación y con ensayos hidráulicos previos al ensayo de oxidación realizados en 2015, se ha comprobado como no se produce flujo subterráneo transversal hacia el barranco en la zona del ensayo. La heterogeneidad geológica de la alternancia de areniscas y limolitas y el patrón de la distribución de las fracturas en profundidad en relación con la profundidad del nivel piezométrico en la zona de ensayo imposibilita el flujo hacia el barranco de Bailín; de hecho esto ha sido uno de los criterios para la selección del tramo a ensayar.

Por otro lado, y como se ha comentado en el apartado anterior, incluso si se llegara a producir algún flujo subterráneo en ese sentido, el propósito de la oxidación es la destrucción de los contaminantes hasta que se agote el oxidante, y por tanto no se produciría un incremento la evolución histórica de las concentraciones.

El fundamento de la oxidación química es la destrucción de los contaminantes y no un incremento de su concentración. Por tanto, aún en el caso en que el ensayo no fuese exitoso, lo peor que podría suceder es que las concentraciones en el acuífero y las que llegaran al río se mantuviesen en el rango de las actuales.

Por otra parte, los oxidantes que se introducen para la oxidación no son contaminantes en si mismos y las concentraciones a las que se inyectan se consumen al oxidar los contaminantes de interés, la materia orgánica, etc. Además hay que tener en cuenta que gran parte del volumen inyectado (14 m³) se recupera con bombeo, y lo que no fuera posible recuperar, en el caso de que aún existiera oxidante residual, podría seguir actuando en los 500 m de acuífero existente antes de llegar al río Gállego, lo que redundaría en un efecto beneficioso adicional, reduciendo aún más la descarga de masa de los contaminantes hacia el río Gállego.

3.9. ¿Qué resultados se han obtenido?

El objetivo del ensayo ha sido probar que la técnica desarrollada en laboratorio es viable en su escalado a campo. Los dos objetivos principales del ensayo era comprobar que el persulfato es capaz de destruir los contaminantes en la zona de ensayo, y por otra parte recopilar la información necesaria para plantear la aplicación a mayor escala.

Se ha comprobado que el ensayo ISCO ha reducido la contaminación del emplazamiento.

Los resultados del ensayo han sido un éxito y se ha alcanzado una destrucción del 99% en los residuos de HCH y del 95 al 99 % en el resto de residuos como benceno y clorobenceno.

Los isómeros de HCH han presentado ratios de eliminación del 99% en todos los sondeos ubicados en la celda de tratamiento, como consecuencia de los procesos de deshidrohalogenación en medio básico. Los subproductos de la reacción como los triclorobencenos presentan distintos rendimientos de oxidación en función de la ubicación del sondeo dentro de la celda. Los mejores resultados en P98 y P143, son del orden del 90% y en algunos sondeos donde el persulfato se consume rápidamente, como en O2, y no llega a producirse su oxidación completa, se observan incrementos sobre la concentración de base. En cualquier caso, la suma de diclorobencenos y triclorobencenos representa aproximadamente tan solo un 10% del total de los compuestos de interés; además desde el punto de vista de la toxicidad, estos compuestos son menos tóxicos que compuestos mayoritarios como el benceno y el HCH.

En el caso del benceno y clorobenceno, se observa que las mayores reducciones corresponden a los sondeos centrales P98 y P143, con un rendimiento superior al 97%, mientras que en los sondeos de la parte alta de la celda, influenciados por el aporte de afección exterior, los rendimientos se sitúan en torno al 95% para el benceno y el 80% para el clorobenceno.

Se han inyectado unos 14 m³ de disolución de resultado y se ha recuperado prácticamente en su totalidad mediante sondeos de control situados aguas abajo de la zona de inyección.

El líquido bombeado se ha analizado y enviado a depuradora de filtro de carbono. La sustancia oxidante se va agotando según va destruyendo los contaminantes y la materia orgánica. Por lo que no se ha producido ningún efecto en el río, tal como se ha comprobado en los sondeos de control situados junto al cauce del río Gállego.

En el mes que ha durado el ensayo, se han destruido de 5,5 Kg a 6,3 Kg de contaminantes. Esta cantidad es equivalente a lo que se mueve, mediante el agua subterránea, por las grietas del estrato vertical de roca, en un periodo de unos 10 años.

Actualmente estos contaminantes se extraen mediante 127 sondeos operativos y se depuran mediante filtro de carbono activo, con tratamiento físico químico previo.

3.10. ¿Presupuesto del Ensayo de oxidación química in situ (ISCO)?

El ensayo ha tenido una inversión de 1,43 millones de euros en cuatro años, cofinanciados al 50% por el Gobierno de Aragón y la Unión Europea, a través del proyecto LIFE DISCOVERED.

3.11. ¿Cuáles son las perspectivas del ensayo ISCO?

La oxidación in situ ha sido un éxito porque se ha permitido la destrucción de la fase densa disuelta en el agua subterránea a unos 40 metros de profundidad.

Una vez agotada la fase densa bombeable, el siguiente reto es definir su aplicación a gran escala y abordar también la destrucción de fase densa adherida a las paredes de las fisuras de la roca.

Una vez finalizado el ensayo, se han mantenido controles periódicos para estudiar la evolución de la calidad de las aguas subterráneas y poder valorar la viabilidad final como técnica de remediación global en el antiguo vertedero de Bailín.

Aplicar la oxidación química in situ a todo el estrato vertical rocoso de Bailín de unos 5 metros de ancho y unos 700 metros de longitud costaría de 7 a 10 millones de euros con una duración de los trabajos de unos cinco años.

La técnica ISCO supone un gran avance para combatir la contaminación subterránea de la zona del antiguo vertedero de Bailín. Sin embargo, dada la magnitud del problema, no supone la erradicación del lindano en la totalidad de las zonas que se ven afectadas.