



This project is funded by the Life Programme
of the European Union



LAYMAN REPORT

INFORME LAYMAN







Index

Índice

Background	
Antecedentes.....	1
Project features	
Datos del proyecto.....	3
Test	
Ensayo.....	5
Phases	
Fases.....	6
Chronology	
Cronología.....	7
Objectives & Results	
Objetivos y Resultados.....	10

Co-funded by the European Union. The views and opinions expressed are solely the responsibility of the author(s) and do not necessarily reflect those of the **European Union or CINEA**. Neither the European Union nor the granting authority can be held liable for them.

Cofinanciado por la Unión Europea. Las opiniones expresadas son exclusivamente responsabilidad del autor o autores y no necesariamente reflejan las de la **Unión Europea o CINEA**. Ni la Unión Europea ni la autoridad concedente pueden ser responsables de las mismas

Background Antecedentes

Sabiñánigo is a municipality with a long industrial tradition. INQUINOSA was based in Sabiñánigo and produced more than 900 tons of lindane per year between 1975 and 1989. The production of this insecticide was very inefficient; for each ton of lindane, more than 8 tons of toxic waste were generated.

It is estimated that INQUINOSA generated around 115,000 Tm of toxic solid waste, which was deposited without any protective measures in the landfills of Sardas and Bailín. In addition to this very low water-soluble solid waste (0.03 mg per liter of water), a volume of around 4,000 Tm of dense liquid waste (DNAPL), much more soluble in water, was dumped.

Sabiñánigo es un municipio de larga tradición industrial. INQUINOSA se asentó en Sabiñánigo y estuvo produciendo más de 900 Tm al año de lindano entre 1975 y 1989. La producción de este insecticida fue muy ineficiente, por cada tonelada de lindano se generaban más de 8 Tm de residuos tóxicos.

Se estima que INQUINOSA generó en torno a 115.000 Tn de residuos sólidos tóxicos, que se depositaron sin ninguna medida de protección en los vertederos de Sardas y Bailín. Además de estos residuos sólidos muy poco solubles en agua (0.03 mg por litro de agua) se vertió un volumen en torno a 4.000 Tm de residuos líquidos densos (DNAPL) mucho más solubles en agua.



Inquinosa factory Fábrica Inquinosa



DNAPL



Residue surge on surface
Surgencia de residuo en superficie

The Sardas and Bailín landfills did not have any waterproofing measures, which allowed the water in contact with the waste to contaminate surface and groundwater. However, the presence of DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquid) poses the greatest risk to the water due to its high pollutant load. DNAPL is a mixture of more than 28 chlorinated compounds, with a higher density than water and not miscible with it; from landfills, it has infiltrated deep below the groundwater and has reached depths of more than 40 meters.

Los vertederos de Sardas y Bailín no contaban con ninguna medida de impermeabilización lo que facilitó que las aguas en contacto con los residuos contaminaran las aguas superficiales y subterráneas. Con todo, la presencia de DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquid, Fases densas líquidas no acuosas) supone el mayor riesgo para las aguas por su elevada carga contaminante. El DNAPL es una mezcla de más de 28 compuestos clorados, con mayor densidad que el agua y no miscible con esta; se ha infiltrado desde los vertederos profundizando por debajo del agua subterránea y alcanzando profundidades de más de 40 metros.

After the shutdown of the factory and the non-compliance with the control obligations by INQUINOSA's managers for more than 30 years, the Government of Aragon has assumed the responsibility, by carrying out numerous actions for the control and elimination of these wastes.

In 2016, the **DISCOVERED LIFE** project demonstrated the feasibility of eliminating pollutants in solution by injecting an oxidant. Sodium persulfate was used under alkaline conditions (adding caustic soda) in a section of the Bailin aquifer without the presence of DNAPL, degrading between 90 and 99% of the pollutant compounds (from benzene to the entire chlorinated series up to HCH) dissolved in the water.

Since its detection in the Bailin aquifer in 2004, DNAPL has been extracted by pumping in numerous wells, until 2019 when pumping extraction was considered no longer efficient. It was estimated that a volume of approx. 4 m³ of DNAPL remained impregnated in the rock fractures or trapped in poorly communicated areas of the aquifer, prolonging the intense contamination of the waters that come into contact with the residue. Therefore, alternative extraction and/or degradation techniques for the pollutant had to be considered.

The objective of the **LIFE SURFING** project is to destroy the residual DNAPL by combining two remediation techniques, the use of surfactants (industrial soaps) and oxidants.

Tras el abandono de la fábrica e incumplimiento e las obligaciones de control por parte de los responsables de INQUINOSA, desde hace más de 30 años, el Gobierno de Aragón ha asumido la responsabilidad llevando a cabo numerosas actuaciones para el control y eliminación de estos residuos.

En 2016 el proyecto **DISCOVERED LIFE** demostró la viabilidad de eliminar los contaminantes en disolución mediante la inyección de un oxidante. Se utilizó persulfato sódico en condiciones alcalinas (adiccionando sosa caustica) en un tramo del acuífero de Bailín sin presencia de DNAPL, degradando entre el 90 y 99 % de los compuestos contaminantes (desde el benceno a toda la serie clorada hasta el HCH) disueltos en el agua.

Desde que se detectó el DNAPL en el acuífero de Bailín, en 2004, se estuvo extrayendo mediante bombeo en numerosos pozos, hasta que se consideró que esta técnica era ineficiente. Se estimó que un volumen en torno a 4 m³ de DNAPL se mantenía impregnado en las fracturas de la roca o entrampado en zonas mal comunicadas del acuífero, prolongando la intensa contaminación de las aguas que entran en contacto con el residuo, por lo que había que considerar otras técnicas de extracción y/o degradación del contaminante.

El objetivo del proyecto **LIFE SURFING** es destruir el DNAPL residual combinando dos técnicas de remediación, el uso de surfactantes (jabones industriales) y oxidantes.



Residues from the manufacture of lindane cause serious effects on human health and the environment, including several compounds that are persistent in the environment, bioaccumulative, toxic, and teratogenic agents, some are carcinogenic agents which act as endocrine disruptors.

Various agreements and regulations accepted by the Spanish state, including the Aarhus Protocol and the Stockholm Convention, prohibit their use and propose their definitive and irreversible elimination.

Many countries have been affected by this problem due to the manufacture and intense use of lindane as a pesticide in the second half of the 20th century.

Los residuos de la fabricación de lindano provocan graves efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, incluyen varios compuestos que son persistentes en el medio, bioacumulativos, tóxicos, teratogénicos, algunos carcinógenos y actúan como disruptores endocrinos.

Diversos acuerdos y normativas asumidos por el estado español, entre otros el Protocolo de Aarhus y el Convenio de Estocolmo, prohíben su uso y plantean la eliminación de los mismos de forma definitiva e irreversible.

Multitud de países se ven afectados por esta problemática debido a la fabricación e intenso uso del lindano como plaguicida en la segunda mitad del siglo XX.

Project features Datos



Name Nombre

SURFING: "SURFactant enhanced chemical oxidation for remediatiNG DNAPL"

SURFING: "Oxidación química mejorada con SURFACTANTE para remediar DNAPL"

Reference Referencia

LIFE17 ENV/ES/000260

Duration Duración

1st January 2019 - 30th June 2022 (extended until December 2023)

1 Enero 2019 - 30 Junio 2022 (prorrogado hasta Diciembre 2023)

Budget Presupuesto

1,182 M €
UE
FUNDING

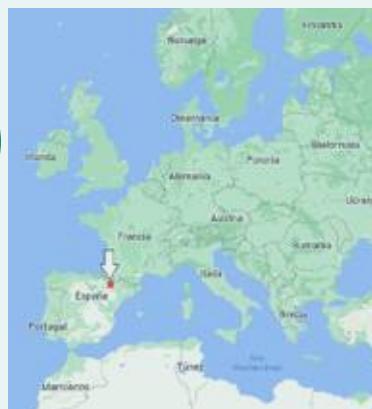
2,081 M €
TOTAL
BUDGET

42+18
MONTHS
DURATION
2019-2023

Location Localización

Bailín ravine. Huesca. Spain.

Barranco de Bailín. Huesca.España



Coordinating beneficiary

Beneficiario coordinador



Government of Aragon (GA)

Faced with the abandonment of contaminated sites, the GA assumed responsibility for their control and decontamination. It has extensive historical knowledge of the sites and expertise in pollution control. It has assumed the coordination of the project, the dissemination of its results and is responsible for the scientific-technical planning and analysis of the results.

Gobierno de Aragón (GA)

Ante el abandono de los espacios contaminados, el GA asumió la responsabilidad de su control y descontaminación. Dispone de un gran conocimiento histórico de los emplazamientos y una amplia experiencia en el control de la contaminación. Ha asumido la coordinación del proyecto, la difusión de sus resultados y es el responsable de la planificación científico-técnica y del análisis de los resultados.

Associated beneficiaries Beneficiarios asociados



Stichting International HCH & Pesticides Association (IHPA)

It offers its international experience in the mediation and problem resolution related to pesticides and other POPs for more than 30 years. In the framework of the Life Surfing test, it has been in charge of the dissemination and transferability activities, as well as the organization of the 14th International HCH and Pesticides Forum that took place in Zaragoza.

Aporta su experiencia internacional en la mediación y resolución de problemas relacionados con plaguicidas y otros COPs, durante más de 30 años. En el marco del ensayo Life Surfing se ha encargado de tareas de divulgación y transferibilidad de los resultados y de la preparación del 14º edición del Foro Internacional de HCH y Pesticidas en Zaragoza.



Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental S.L.U. (SARGA)

SARGA, as transversal support to the Government of Aragon in the control and monitoring of HCH pollution for years, has been in charge of the engineering design, contracting, execution and implementation of the required infrastructure and consumables as well as the organization in the test development field and their monitoring. It has also carried out the dissemination of the project and the organization, jointly with the IHPA and GA, for the 14th HCH and Pesticides Forum in Zaragoza.

Sociedad Aragonesa de Gestión Agroambiental S.L.U. (SARGA)

SARGA, como apoyo transversal al Gobierno de Aragón en el control y seguimiento de la contaminación por HCH durante años, se ha encargado del diseño de ingeniería, contratación, ejecución e implementación de las infraestructuras y consumibles necesarios así como de la organización en campo del desarrollo de los ensayos y su monitorización. También ha llevado a cabo la difusión del proyecto y la organización junto al IHPA y GA, del 14º Foro de HCH y Pesticidas en Zaragoza .



Complutense University of Madrid (UCM)

The INPROQUIMA group of the UCM has been responsible, jointly with the GA, for the experimental design of the pilot test and the analysis of the results. Most of the laboratory-scale tests have been performed in its facilities and it has provided support in the field tests and analytical monitoring. It has also handled scientific dissemination with publications in high impact scientific journals, presentations and conferences.

Universidad Complutense de Madrid (UCM)

El grupo INPROQUIMA de la UCM ha sido el responsable, con el GA, del diseño experimental del ensayo piloto y del análisis de resultados. En sus instalaciones se han llevado a cabo gran parte de los ensayos a escala de laboratorio y ha dado apoyo en los ensayos en campo y en la monitorización analítica. También ha abordado la difusión científica con publicaciones en revistas científicas de alto impacto, en charlas y congresos.



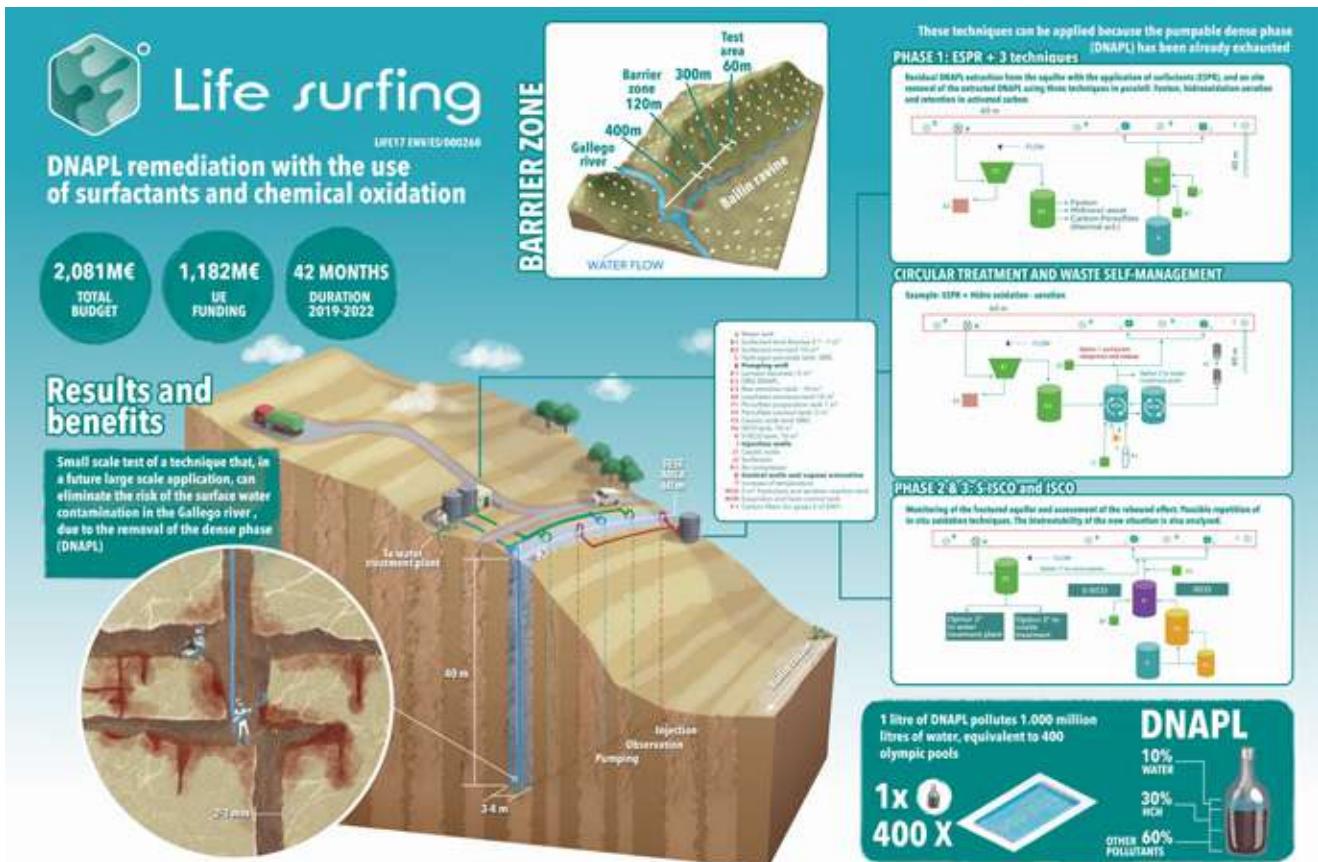
Stuttgart University (US)

VEGAS, research centre for subsoil remediation at the University of **Stuttgart (USTUTT)**, is a benchmark German research centre in all aspects related to soil rehabilitation and remediation technologies for contaminated soils. **VEGAS** has transferred the technology to other conditions, such as different hydrogeological situations and different dense pollutants. They have developed medium and large scale laboratory tests under controlled conditions, using the flume infrastructure available in **VEGAS**.

Universidad de Stuttgart (US)

VEGAS, centro de investigación para la remediación del subsuelo, de la Universidad de **Stuttgart (USTUTT)**, es un centro líder de investigación alemán en todos los aspectos de las tecnologías de rehabilitación y remediación de suelos contaminados. **VEGAS** ha transferido la tecnología a otras condiciones, como situaciones hidrogeológicas y otros contaminantes densos. Han realizado experimentos a media y gran escala de laboratorio bajo condiciones controladas, utilizando las infraestructuras de bancadas disponibles de **VEGAS**.

Test Ensayo



What is the pilot test?

The objective of the test was to demonstrate the feasibility of a technique that first enhances the on-site extraction and treatment of residual DNAPL using surfactants. Subsequently, the goal is to destroy the remaining contaminant within the rock itself by combining surfactants with oxidants. To achieve this, a pilot test was designed and implemented at the Bailín landfill, and studies were conducted for its transferability to spaces with different geological conditions and other dense phases, thus making it applicable to other sites.

Following an analysis of the site based on the compiled documentation, a test cell is proposed in the designated layer M, where the presence of DNAPL is detected along a 300-meter stretch, reaching depths up to 40 meters, with a variable width between 2 and 4 meters. This layer connects the aquifer to the Gállego River, which poses a risk that will not be resolved until the residual DNAPL is eliminated.

¿En qué consiste el ensayo?

El objetivo del ensayo ha sido demostrar la viabilidad de una técnica que permite en primer lugar mejorar la extracción y tratamiento on site del DNAPL residual mediante el uso de surfactantes, y posteriormente, destruir el contaminante remanente en la propia roca mediante el uso combinado de surfactantes con oxidantes. Para ello, se ha diseñado y desarrollado una prueba piloto en el vertedero de Bailín y se han realizado estudios para su transferencia a espacios con distintas condiciones geológicas y sobre otras fases densas, de manera que pueda ser aplicable a otros emplazamientos.

Tras un análisis del emplazamiento conforme a la documentación recopilada, se propone una celda de ensayo localizada en la denominada capa M, en la que se detecta la presencia de DNAPL a lo largo de 300 metros, y que alcanza profundidades de hasta 40 metros, con una anchura variable entre 2 y 4 metros. Esta capa conecta el acuífero con el río Gállego, lo que supone un riesgo que no se resolverá hasta que no se elimine el DNAPL residual.

Phases Fases

2019 2020 2021 2022 2023

PHASE 0/ FASE 0

- TEST DESIGN DISEÑO DEL ENSAYO
✓ LABORATORY TESTS, BENCH-SCALE TESTS, AND DOSAGES ENSAYOS LABORATORIO, ENSAYOS DE BANCADA Y DOSIFICACIONES
- DESIGN AND ENGINEERING DISEÑO E INGENIERIA
- IMPLEMENTATION OF INFRASTRUCTURES AND NEW BOREHOLES EJECUCIÓN INFRAESTRUCTURAS Y NUEVOS SONDEOS
- PRELIMINARY TRACER TEST ENSAYO PRELIMINAR TRAZADORES

PHASE 1/ FASE 1

- SEAR (SURFACTANT ENHANCED AQUIFER REMEDIATION) (REMEDIACIÓN ACUÍFEROS MEJORADA POR SURFACTANTES)
✓ SEAR 1
✓ SEAR 2
- ON-SITE TREATMENT (TRATAMIENTO ON-SITE)

PHASE 2/ FASE 2

- S-ISCO (ENHANCED IN SITU CHEMICAL OXIDATION WITH SURFACTANTS) (OXIDACIÓN QUÍMICA IN SITU MEJORADA CON SURFACTANTES)

ANALYSIS, DEVELOPMENT, AND INTERPRETATION OF RESULTS
ANÁLISIS, DESARROLLO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS



PHASE 0

From 2019 to 2022, laboratory and bench-scale tests were carried out with the aim to define the optimal blend of reagents, surfactants, and appropriate treatments for the extracted products. The design and engineering of the test were done. Despite the challenges caused by the pandemic, equipped infrastructures and new boreholes were executed.

PHASE 1

2022. Two enhanced surfactant-based remediation (SEAR) field tests were conducted, extracting the maximum possible volume of surfactant emulsion and DNAPL through pumping. Various elimination methods were tested on these emulsions, including Fenton, alkaline hydrolysis with aeration, and retention on activated carbon followed by degradation with oxidants

PHASE 2

2022. This phase involved the injection of a mixture of oxidant (activated sodium persulfate with caustic soda) and surfactant (emulse®) to eliminate both dissolved contaminants and any residual DNAPL remaining in the aquifer after washing in the SEAR phase.

Initially, the application of In-Situ Chemical Oxidation (ISCO) treatment was considered in a subsequent Phase 3 to treat a potential "rebound," which occurs when contaminants embedded in the rock equilibrate with groundwater, leading to an increase in pollution. Subsequent monitoring of the water has shown that concentrations have remained low.

All phases were executed in accordance with protocols and subsequent monitoring.

FASE 0

De 2019 a 2022. Se procedió a la ejecución de los ensayos de laboratorio y de bancada, con el objetivo de definir la mezcla óptima de reactivos, surfactantes y los tratamientos adecuados de los productos extraídos. Se realizó el diseño e ingeniería del ensayo. A pesar de los problemas derivados de la pandemia, se ejecutaron las infraestructuras equipadas y los nuevos sondeos.

FASE 1

2022. Se han realizado dos ensayos de remediación mejorada con surfactantes (SEAR) en campo, extrayendo mediante bombeo el mayor volumen posible de emulsión de surfactante y DNAPL. Sobre estas emulsiones se han testeado distintos métodos de eliminación: Fenton, hidrólisis alcalina con aireación y retención en carbón activo y posterior degradación con oxidantes.

FASE 2

2022. Ha consistido en la inyección de una mezcla de oxidante (persulfato sódico activado con soda) y surfactante (emulse®) para eliminar en el acuífero tanto los contaminantes disueltos como el DNAPL residual que pudiera quedar tras el lavado en la fase SEAR.

Inicialmente se planteó la aplicación de un tratamiento ISCO en una posterior fase 3 para tratar un posible "rebote", llamado así cuando tras una limpieza del acuífero queda contaminante embebido en la roca que se equilibra con el agua subterránea y produce un incremento de contaminación. El seguimiento posterior de las aguas ha mostrado que las concentraciones se han mantenido bajas.

Todas las fases fueron ejecutadas conforme a protocolos y con su consecuente monitorización.

Chronology Cronología

2019 • 2020



Tests to establish laboratory scale conditions for the use of oxidants, surfactants and other reagents as well as their application at the field scale.

Bench scale tests for the treatment of surfactant emulsions and DNAPL that can be extracted from the aquifer.

Ensayos para establecer a escala de laboratorio las condiciones de uso de oxidantes, surfactantes y otros reactivos y su aplicación a escala de campo.

Ensayos a escala de bancada para el tratamiento de emulsiones de surfactantes y DNAPL que pueda extraerse del acuífero.



Implementation of infrastructures for the field test (accesses, boreholes, injection and pumping equipment, safety barrier equipment). Initial hydrogeological and tracer tests to establish the functioning of the aquifer and the conditions under which the definitive tests are expected to be conducted.

The field test is carried out on a vertical sandstone stratum, along the first 60 meters where DNAPL is considered to be present. In addition, the entire tested layer is controlled up to the Gállego river and a barrier zone is set up before the river to eliminate pollutants that may be mobilized during the test.

Implantación de infraestructuras para el ensayo de campo (accesos, sondeos, equipos de inyección y bombeo, equipos en barrera de seguridad). Primeros ensayos hidrogeológicos y de trazadores para establecer el funcionamiento del acuífero, así como las condiciones, en las que previsiblemente se desarrollaran las pruebas definitivas.

El ensayo en campo se desarrolla sobre un estrato vertical de arenas, a lo largo de los primeros 60 metros en los que se considera que existe presencia de DNAPL. Además, se controla toda la capa ensayada hasta el río Gállego, para ello se dispone de una zona de barrera antes del río donde eliminar los contaminantes que puedan movilizarse durante el ensayo.



2021-2022:

Tracer tests were conducted in the field, delimiting and analyzing hydrogeological parameters, risks, and reaction times. This helped to establish the optimal strategy for the development of pilot tests in the field.

2022:

Enhanced Surfactant-based Aquifer Remediation (SEAR).

The trial was conducted in two consecutive stages, SEAR-1 and SEAR-2, within the study cell section. Tests were carried out at the "On Site" location with pumped liquids and extractions, to determine the treatability of the products and pollutants.

2021-2022:

Se ejecutaron ensayos de trazadores en campo, acotando y analizando los parámetros hidrogeológicos, los riesgos y tiempos de reacción, estableciendo la estrategia óptima para el desarrollo de las pruebas piloto en campo.

2022:

Remediación del acuífero mejorada con surfactantes (SEAR).

Se realizó el ensayo en dos etapas consecutivas, SEAR-1 y SEAR-2, en el tramo de la celda de estudio.

Se realizaron ensayos en el emplazamiento "On Site" de los líquidos bombeados y extracciones, que determinaron la tratabilidad de los productos y contaminantes.



2022:

Prior to the S-ISCO test, a tracer test was conducted to confirm the initial situation after the SEAR execution. This facilitated the assessment of flow rates, injection times, plume mobilization and the operation of the barrier zone.

In October 2022, the S-ISCO test was executed with its subsequent follow-up and monitoring according to the protocol.

During this phase and throughout 2023, the information generated in the S-ISCO test was analyzed.

2022:

Previo al ensayo S-ISCO se realiza un ensayo de trazado para confirmar la situación de partida tras la ejecución del SEAR. Con esto se consiguió valorar caudales, tiempos de inyección, movilización de la pluma y funcionamiento de la zona de barrera.

En octubre de 2022, se procedió a ejecutar el ensayo S-ISCO con su seguimiento y monitorización conforme protocolo.

En esta fase y durante 2023, se realizó el análisis de la información generada en el SISCO.





The 14th International HCH and Pesticides Forum took place in Zaragoza (Spain), from February 21st to 24th, 2023, where 361 experts on persistent organic pollutants, obsolete pesticides and hazardous chemical waste participated, representing 68 nationalities.

The program was structured in fourteen thematic sessions during three consecutive days, in three parallel rooms and on the fourth day, there was a visit to the sites of Inquinosa, Sardas and Bailín.

El 14^a Foro Internacional de HCH y Pesticidas tuvo lugar en Zaragoza (España), del 21 al 24 de febrero de 2023, en el cual participaron 361 expertos en contaminantes orgánicos persistentes, plaguicidas obsoletos y residuos químicos peligrosos, procedentes de 68 nacionalidades.

El programa se estructuró en catorce sesiones temáticas durante tres días consecutivos en tres salas en paralelo y una visita el cuarto día a los emplazamientos de Inquinosa, Sardas y Bailín.



Thematic sessions are available at the following links:

Las sesiones temáticas se encuentran disponibles en los siguientes enlaces:

- Presentations Presentaciones
<https://www.hchforum.com/presentations/>
- Videos (English/ Español)
[@14thhchpesticidesforum](https://www.hchforum.com)



Objectives & Results

Objetivos y Resultados

Objective

The LIFE SURFING project arose as an opportunity to field test two decontamination techniques, the use of surfactants (SEAR) and the joint application of surfactants and oxidants (SISCO); while they are well known on a laboratory scale, in simple geological media and with dense phases (DNAPL) with little complexity; they have never been tested in a fractured and heterogeneous aquifer such as Bailín and with a very complex DNAPL, in our case with more than 28 organochlorine compounds.

We also considered the possibility of applying it on a large scale to eliminate the dense phase in Bailín, as well as assessing the option to apply this methodology in granular media (sands, gravels, clays) with this or other DNAPLs.

➤ Results

The main result of the project is the demonstration that the combination of SEAR and SISCO technologies is viable in a site such as Bailín, in a fractured environment with a complex dense phase. The results indicate that it is not feasible to eliminate the residual dense phase; that it is not viable to extract it with physical means, leaving the aquifer in a lower risk condition. Likewise, this facilitates options for "final" cleanup by more sustainable techniques such as microbiological treatment.

The technique can be applied on a large scale in these environments and in other types of aquifers and it is transferable to other contaminated sites, especially those affected by residues from lindane manufacture in Europe and the rest of the world.

The results related to the project objectives include:



Objetivos

El proyecto LIFE SURFING surgió como una oportunidad para probar en campo dos técnicas de descontaminación, el uso de surfactantes (SEAR) y la aplicación conjunta de surfactantes y oxidantes (SISCO). Si bien son conocidas a escala de laboratorio, en medios geológicos sencillos y con fases densas (DNAPL) poco complejas, nunca habían sido probados en un acuífero fracturado y heterogéneo como el de Bailín y con un DNAPL muy complejo, en este caso con más de 28 compuestos organoclorados.

También se contemplaba valorar la posibilidad de aplicarlo a gran escala para acabar con la fase densa en Bailín, así como contemplar la posibilidad de aplicar esta metodología en medios granulares (arenas, gravas, arcillas) con este o con otros DNAPLs.

➤ Resultados

El principal resultado del proyecto es la demostración de que la combinación de las tecnologías SEAR y SISCO son viables en un emplazamiento como el de Bailín, en medio fracturado y con una fase densa compleja. Los resultados señalan que puede eliminarse la fase densa residual que no es viable extraer con medios físicos, dejando el acuífero en condiciones de menor riesgo. Además se abren opciones para proceder a una limpieza "final" mediante técnicas más sostenibles como el tratamiento microbiológico.

La técnica puede aplicarse a gran escala en estos medios y en otro tipo de acuíferos y es transferible a otros espacios contaminados, especialmente a aquellos afectados por residuos de la fabricación de lindano en Europa y en el resto del mundo.

Los resultados relacionados con los objetivos del proyecto son:

1

Select the appropriate reagents and their combination for efficient washing and elimination of Bailín DNAPL under the conditions expected in the field.

Seleccionar los reactivos adecuados y su combinación para que el lavado y la eliminación del DNAPL de Bailín sea eficiente en las condiciones esperadas en campo.



In the laboratory, E-mulse 3® was selected as a surfactant because of its easy handling, good solubilization and mobilization rates of Bailín DNAPL, good behavior in alkaline conditions, compatibility with the selected oxidant and good reaction rate with DNAPL.

Three techniques for treating emulsions generated in DNAPL washing with surfactant (Fenton oxidation, alkaline hydrolysis with aeration and adsorption in activated carbon and subsequent oxidation) have been tested on the laboratory and bench scale, making it possible to pre-treat highly contaminated fluids, reuse already treated fluids and recover activated carbon.

The behavior of oxidant and surfactant mixtures has been evaluated to optimize the destruction of pollutants with the lowest reagent consumption.

En el laboratorio se ha seleccionado como surfactante el E-mulse 3® por los siguientes motivos: facilidad de manejo, buenas tasas de solubilización y movilización del DNAPL de Bailín, buen comportamiento en condiciones alcalinas, compatibilidad con el oxidante seleccionado y buena velocidad de reacción con el DNAPL.

Se han testado a escala de laboratorio y bancada tres técnicas de tratamiento de las emulsiones generadas en el lavado de DNAPL con surfactante (Oxidación Fenton, hidrólisis alcalina con aireación y absorción en carbón activo y posterior oxidación), lo que permite pretratar fluidos muy contaminados, reutilizar los fluidos ya tratados y recuperar carbón activo.

Se ha evaluado el comportamiento de las mezclas de oxidantes y surfactantes para optimizar la destrucción de los contaminantes con el menor consumo de reactivos.

2

Know the detailed operation of the aquifer for efficient and safe reagent applications. Design infrastructures and equipment to meet these objectives.

Conocer el funcionamiento en detalle del acuífero para que las aplicaciones de reactivos sean eficientes y seguras. Diseñar infraestructuras y equipos para cumplir estos objetivos.



Seven hydrogeological and six tracer tests have been carried out, adapted to the characteristics of the heterogeneous and fractured Bailín aquifer. This prior research is essential to design the tests, guarantee the contact between the reagents and the contaminants, know their evolution in time and space and adopt measures to guarantee the absence of effects on the receiving environment, in this case, the Gállego river.

An area downstream from the test area was selected to establish a "safety barrier", where the combined action with injection of soda, oxidant, application of heat and aeration, allowed the plume originating from the test area to degrade before reaching the river.

Se han realizado 7 ensayos hidrogeológicos y 6 de trazadores, adaptados a las características del acuífero heterogéneo y fracturado de Bailín. Esta investigación previa es imprescindible para diseñar los ensayos, garantizar el contacto entre los reactivos y los contaminantes, conocer su evolución en el tiempo y en el espacio y adoptar medidas para garantizar la ausencia de afecciones al medio receptor, en este caso el río Gállego.

Se seleccionó una zona aguas abajo del área de ensayo, para establecer una "barrera de seguridad", donde la acción combinada con inyección de sosa, oxidante, aplicación de calor y aireación, permitió degradar la pluma proveniente del área de ensayo antes de alcanzar el río.

3

Reduce the risk to health and the environment, generated by persistent organic pollutants (POPs), by eliminating residual DNAPL.

Reducir el riesgo para la salud y el medio ambiente, generado por los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), mediante la eliminación del DNAPL residual.



In the overall tests, 240 kg of DNAPL have been removed from the aquifer (pumped or eliminated in situ).

The removed contaminant load could disable 2400 Hm³ (2,400,000,000,000 liters) of water for potable use.

With this technique, and only considering the HCH contained in the DNAPL mass removed from the aquifer, the tested layer has been prevented from discharging under the most unfavorable conditions, the mass equivalent of a period of 500 years of natural discharge into the Gállego river.

En el conjunto de los ensayos se han eliminado del acuífero (bombeado o eliminado in situ) 240 kg de DNAPL.

La carga contaminante eliminada podría inutilizar para uso de boca 2400Hm³(2.400.000.000.000 litros)

Con esta técnica, y sólo considerando el HCH contenido en la masa de DNAPL, retirado del acuífero, se ha evitado que la capa ensayada descargue en las condiciones más desfavorables, el equivalente en masa a un periodo de 500 años de descarga natural al río Gállego.

4

Analyze the large-scale applicability of the technique from a technical, economic and environmental point of view.

Analizar la aplicabilidad a gran escala de la técnica desde un punto de vista técnico, económico y ambiental.



The large-scale application of this technique has proven viable in Bailín. It is feasible within a period of 5 years to minimize the presence of dense phase in the aquifer, which would effectively mean ceasing to be in a permanent risk situation.

The technique is confirmed to be adaptable to other locations; currently (2023), it has been successfully applied in the Sardas detrital aquifer, with different geological conditions.

To remove the equivalent mass extracted in this test with a single oxidation test, it would have been necessary to treat the sandstone surface more than 50 times.

From an environmental perspective, the application of this methodology does not generate risks for the receiving channel. The surfactant used is biodegradable and after the use of soda and persulfate; in a few months, the aquifer has recovered the possibility of implementing a biostimulation treatment.

This technique reduces treatment periods by more than 10 times, estimating a reduction of more than 50 years in the duration of the contamination period of surface waters.

The treatment of polluted fluids in Bailín, using techniques tested on site, makes it possible to minimize external waste treatments, reuse the treated fluids and recover the active carbon used.

La aplicación a gran escala de esta técnica se ha demostrado viable en Bailín. Es viable en un plazo de 5 años minimizar la presencia de fase densa en el acuífero, lo que supondría de hecho dejar de estar en situación permanente de riesgo.

La técnica se confirma adaptable a otros emplazamientos, aplicándose con éxito, en estos momentos (2023), en el acuífero detritico de Sardas, de condiciones geológicas distintas.

Para eliminar la masa equivalente, extraída en esta prueba, con un solo ensayo de oxidación, habría sido necesario tratar la superficie de arenisca más de 50 veces.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de esta metodología no genera riesgos sobre el cauce receptor. El surfactante utilizado es biodegradable y tras el uso de soda y persulfato el acuífero ha recuperado en unos meses la posibilidad de abordar un tratamiento de bioestimulación.

Esta técnica, reduce en más de 10 veces los tiempos de tratamiento, estimando una reducción de más de 50 años, la duración del periodo de contaminación de las aguas superficiales.

El tratamiento en Bailín de los fluidos contaminados, mediante las técnicas testadas on site, permite minimizar los tratamientos externos de residuos, reutilizar los fluidos tratados y recuperar el carbón activo utilizado.

5

Disseminate the results of the project to stakeholders, as well as raise general public awareness about the problem of this type of pollution, paying special attention to the project environment, affected by the pollution.

Difundir los resultados del proyecto a las partes interesadas, así como concienciar al público en general sobre la problemática de este tipo de contaminación, prestando especial atención al entorno del proyecto, afectado por la contaminación.



Designed for different types of groups, various activities have been organized to raise awareness about the techniques used during the pilot test.

For this purpose, the following activities have been carried out:

- 11 sessions for the general public.
- 25 sessions for expert groups and project partners.
- 6 workdays with social, technical and political committees throughout the duration of the project.
- 14th International HCH and Pesticides Forum.

Diseñadas para distintos tipos de colectivos, se han organizado diversas actividades enfocadas a dar a conocer las técnicas utilizadas durante el ensayo piloto.

Para ello, se han realizado:

- 11 sesiones para público general.
- 25 sesiones para grupos de expertos y socios del proyecto.
- 6 jornadas con comités sociales, técnicos y políticos durante toda duración del proyecto.
- 14º Foro Internacional de HCH y Pesticidas.



The main disseminations elements that were used as the project progressed have been:

- Educational posters and roll-ups.
- Audiovisual media (project video, short videos).
- Social Networks (X, Youtube).
- Website.
<https://lifesurfing.eu>
- Evaluation surveys.

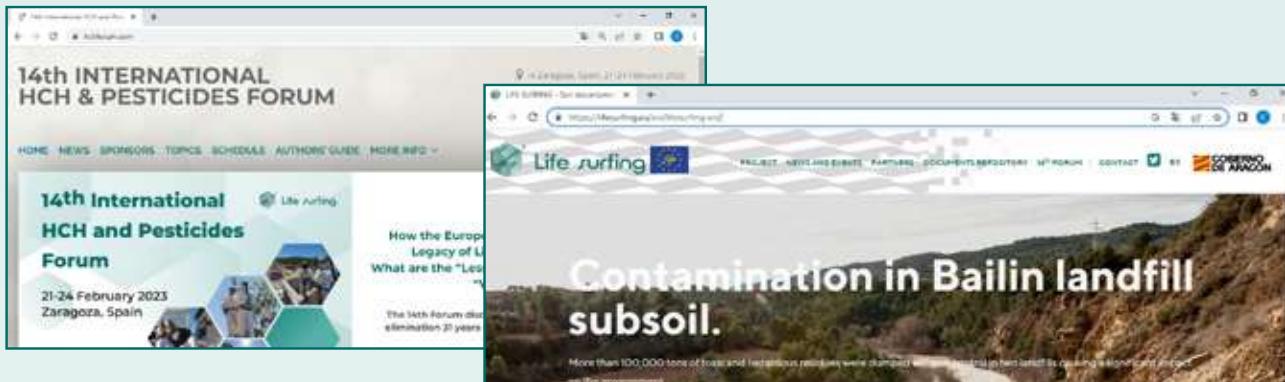
Los principales elementos de difusión que se han empleado a medida que avanzaba el proyecto han sido:

- Posters y roll-ups didácticos.
- Medios audiovisuales (vídeo del proyecto, vídeos cortos).
- Redes Sociales (X, Youtube).
- Página web.
<https://lifesurfing.eu>
- Encuestas de evaluación



Website Webs

<https://lifesurfing.eu>



Press & Social Networks Prensa y Redes Sociales

Events Eventos



6

Innovate the application of the surfactant-enhanced chemical oxidation technology in DNAPL pollutants.

Innovar la aplicación de la tecnología de oxidación química mejorada con surfactantes en los contaminantes DNAPL.



Ten specialized articles indexed in the JCR database have been developed, acknowledging the LIFE Project, published in high-impact journals 7 in Q1 and 2 in Q2 which have been presented at international conferences (AquaConSoil, 14th International HCH and Pesticides Forum).

These articles are available on the website:

<https://lifesurfing.eu>

Se han elaborado 10 artículos especializados indexados en la base de datos del JCR con el reconocimiento al Proyecto LIFE, publicados en revistas de alto impacto, 7 en Q1 y 2 en Q2, los cuales se han presentado en congresos internacionales (AquaConSoil, 14º Foro Internacional de HCH y Pesticidas)

Dichos artículos se encuentran disponibles en la web:

<https://lifesurfing.eu>

7

Analyze replicability and transferability of the technique to other locations, by defining a strategy to multiply the impact of the results obtained for their use at other sites.

Analizar la replicabilidad y transferibilidad de la técnica a otros lugares, mediante la definición de una estrategia que permita multiplicar el impacto de los resultados obtenidos para su uso en otros emplazamientos.



A Replicability and Transferability Plan has been prepared, which examines measures to facilitate the application of the S-ISCO technique at other sites with similar environmental issues. To achieve this, guidelines and implementation under specific conditions have been studied, particularly in porous aquifers, by evaluating surfactants and their solubility, as well as the selection of oxidizing agents and their degradation. The design process of the hydraulic system, injection equipment, and monitoring has also been investigated.

In this case and thanks to the results obtained in the LIFE SURFING project, a real example of transferability of the project was possible through a field-scale test, in the contaminated environment of the Sardas landfill, where techniques have been applied. SEAR and S-ISCO in granular medium, with geological characteristics completely different from those of the Bailín site, where the project was executed.

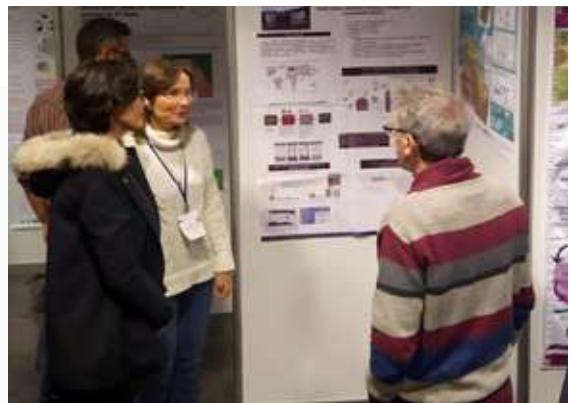
Se ha realizado un Plan de Replicabilidad y transferibilidad, que estudia las medidas para facilitar la metodología aplicada con la técnica S-ISCO a otros emplazamientos con problemas ambientales similares. Para ello, se han estudiado las pautas e implementación en condiciones específicas, en especial en acuíferos porosos a través de la evaluación de surfactantes y su solubilidad, así como la elección de agentes oxidantes y su degradación. También se ha estudiado el proceso de diseño del sistema hidráulico, equipos de inyección y monitorización.

En este caso, y gracias a los resultados obtenidos en el proyecto LIFE SURFING, se ha podido realizar un ejemplo real de transferibilidad del proyecto a través de un ensayo a escala de campo, en el entorno contaminado del vertedero de Sardas, donde se han aplicado técnicas SEAR y S-ISCO en medio granular, con características geológicas completamente distintas a las del emplazamiento de Bailín, donde se ejecutó el proyecto.

8

Create a network to share, exchange and transfer knowledge and experiences for projects related to sites affected by organochlorines, POPs, POP pesticides and other pesticides.

Crear una red para compartir, intercambiar y transferir conocimientos y experiencias para proyectos relacionados con sitios afectados por organoclorados, COP, plaguicidas POP y otros plaguicidas.



In addition to the 14th International Forum mentioned above, it has participated in work networks whose objective is to exchange knowledge and experiences such as:

The European LINDANET project, consisting of a work network created to share, exchange and transfer knowledge and experiences at the European level related to sites affected by lindane contamination.

The European LIFEPOPWAT project, a pilot project that promotes the application of technology based on artificial wetlands for the treatment of water polluted with pesticides.

The European HCH in EU project, whose objective has been to evaluate and address the presence of lindane in Europe.

In all these projects, experiences and knowledge have been exchanged through meetings, webinars or conferences.

Además del 14º Foro Internacional mencionado anteriormente, se ha participado en redes de trabajo cuyo objetivo es el de intercambiar conocimientos y experiencias como:

El proyecto europeo LINDANET, consistente en una red de trabajo creada para compartir, intercambiar y transferir conocimientos y experiencias a nivel europeo relacionados con emplazamientos afectados por la contaminación por lindano.

Proyecto europeo LIFEPOPWAT, proyecto piloto que promueve la aplicación de tecnología basada en humedales artificiales para el tratamiento de aguas contaminadas con pesticidas.

Proyecto europeo HCH in EU, cuyo objetivo ha sido evaluar y abordar la presencia de lindano en el ámbito europeo.

En todos estos proyectos se han realizado intercambio de experiencias y conocimientos a través de reuniones, webinars o conferencias.





<https://lifesurfing.eu>

lifesurfing@aragon.es



Project funded by the European Union
Proyecto financiado por la Unión Europea