



COMUNICACIÓN TÉCNICA

Evaluación del riesgo de contaminación de suelos off-site debido al almacenamiento de hidrocarburos en Cantabria.

Autor: Javier Pinedo Alonso

Institución: Universidad de Cantabria

e-mail: pinedoj@unican.es

Otros Autores: Raquel Ibáñez Mendizábal (Depto. de Ingeniería Química, Universidad de Cantabria); Pedro Gómez Rodríguez (APRIA SYSTEMS LTD); Inmaculada Ortiz Uribe (Depto. de Ingeniería Química, Universidad de Cantabria).

RESUMEN

El suelo constituye uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables. La protección ambiental del suelo tiene una creciente importancia para la sociedad, tanto por seguridad y calidad ambiental, como por sus repercusiones económicas. El Real Decreto 9/2005, de 14 de enero (RD 9/2005), tiene como objeto establecer una relación de actividades susceptibles de causar contaminación en el suelo, así como adoptar criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Dos de los códigos CNAE incluidos dentro de estas actividades son el G47.3.0 y G46.7.1. El objeto de este estudio, financiado en la convocatoria 2008 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, MARM(Ref:276/PC08/2-01.2), es la investigación del riesgo ambiental de la contaminación de suelos off site por almacenamiento de hidrocarburos, en base a 8 emplazamientos situados a menos de 3000 metros de espacios de gran importancia medioambiental y con alto riesgo potencial de causar contaminación. Tareas: 1. Desarrollo de metodología para la determinación de los puntos de muestreo off-site de emplazamientos potencialmente peligrosos de causar contaminación por hidrocarburos. Los puntos de muestreo abarcan las potenciales vías de migración de los contaminantes: aguas subterráneas, aguas superficiales y suelo. 2. Diseño y realización de campañas de muestreo en los emplazamientos seleccionados. Para ello se ha tomado como base la norma ISO 10381-1, Soil quality- Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. 3. Análisis de muestras y determinación de contaminantes característicos. Hidrocarburos totales del petróleo (TPHs): identificación y cuantificación mediante GC/FID. Compuestos orgánicos volátiles (COVs): identificación P&T/GC/MS y cuantificación HS/GC/ECD. Resultados: se han evaluado 8 emplazamientos, estableciendo una comparación entre los valores medidos y los Niveles Genéricos de Referencia (NGR), siendo de 50 mg/kg para TPH (RD9/2005). A partir la relación [TPHs]/NGR, se ha elaborado una jerarquía del nivel de peligro potencial que suponen las actividades de almacenamiento de hidrocarburos estudiadas para ecosistemas, de tal forma que sirvan como indicador del potencial riesgo que implican para dichos ecosistemas. Emplazamientos: Bezana: [TPHs]/NGR < 1. No es necesaria una evaluación de riesgos. Villaescusa, Renedo, Miengo: $1 < [TPHs]/NGR < 1,4$. Evaluación de riesgos necesaria. Ampuero, Arnuelo, Ramales de I a Victoria: $1,4 < [TPHs]/NGR < 2$; Evaluación de riesgos necesaria. Ruiloba: [TPHs]/NGR > 2. Evaluación de riesgos necesaria. Los autores agradecen al MARM la financiación concedida al proyecto (Ref:276/PC08/2-01.2).

Palabras Clave: Contaminación; suelos; TPH; hidrocarburos

1. INTRODUCCIÓN

El suelo constituye uno de los medios receptores de la contaminación más sensibles y vulnerables. En la Cumbre de Río de 1992 se estableció el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1993) en el cual se reconoce la creciente importancia de la protección de los suelos y así como sus potenciales usos en el contexto de un desarrollo sostenible, enfatizando los casos de contaminación procedente de acciones o actividades de origen antropogénico. En el marco de la Unión Europea, el Parlamento Europeo insiste a la Comisión para que desarrolle una estrategia temática para la protección del suelo, siendo necesarias la adopción de una serie de medidas que eviten, limiten o reduzcan el impacto sobre el suelo de las actividades humanas.

Para poder realizar con exactitud la protección de suelos es preciso definir lo que se entiende tanto por suelo como por suelo contaminado (RD 9/2005):

- **Suelo:** capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y que constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. No tendrán tal consideración aquellos permanentemente cubiertos por una lámina de agua superficial
- **Suelo contaminado:** aquél cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, y así se haya declarado mediante resolución expresa.

Existen muchos tipos de actividades antropogénicas que pueden tener como resultado la contaminación de los suelos, entre las que se encuentran las relativas al tratamiento de metales para equipos y máquinas, toda la industria de la papelería, los gases desprendidos de los vehículos o una amplia gama de productos derivados de hidrocarburos, pinturas, otros productos químicos, etc. La actividad de almacenamiento de combustibles (hidrocarburos derivados del petróleo) es una de las actividades más peligrosas para el medioambiente, y ha dado lugar a diversos casos de suelos contaminados. Tal es así que las autoridades nacionales competentes en materia ambiental lo marcan como unos de los principales objetos de atención (RD 9/2005).

La protección ambiental del suelo tiene una creciente importancia para la sociedad, tanto por seguridad y calidad ambiental como por sus repercusiones económicas. En este sentido, ya en la Ley de Residuos 10/1998 (ley 10/1998) se hacía referencia a la obligación del causante de acometer las labores de limpieza de un suelo contaminado, o bien, en este orden, por el propietario del suelo. Sin embargo, el gran impacto de estas actividades de almacenamiento ha provocado el desarrollo de nuevas normativas para la protección del suelo. Así en España, el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero (RD 9/2005), tiene como objeto establecer una relación de actividades susceptibles de causar contaminación en el suelo, así como adoptar criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Dentro del mismo RD se incluye explícitamente en su ámbito de aplicación este tipo de actividades a través de códigos CNAE específicos (Anexo I del RD) tal y como se recoge en la tabla 1, y adicionalmente mediante la indicación de volúmenes de combustibles almacenados (artículo 3.2 del RD).

Tabla 1. Códigos de la clasificación nacional de actividades económicas (CNAE)

CNAE 93 Rev 1	ACTIVIDAD ECONÓMICA
G	COMERCIO; REPARACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR, MOTOCICLETAS Y CICLOMOTORES Y ARTÍCULOS PERSONALES Y DE USO DOMÉSTICO
50.5	Venta al por menor de carburantes para la automoción.
51.51	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos similares.
CNAE 2009	ACTIVIDAD ECONÓMICA
G	COMERCIO AL POR MAYOR Y AL POR MENOR; REPARACIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR Y MOTOCICLETAS
47.3.0	Comercio al por menor de combustible para la automoción en establecimientos especializados
46.7.1	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, y productos similares

Además la mayoría de este tipo de actividades son llevadas a cabo en estaciones de servicios, cuyas actividades principales son el comercio al por menor de combustible para la automoción en establecimientos especializados (CNAE G47.3.0) y el comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y productos similares (CNAE G46.7.1). Así mismo existe a nivel Europeo la propuesta de directiva de la UE 2006/0086 (COD) (Propuesta de Directiva del parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco para la protección del suelo y se modifica la Directiva 2004/35/CE) en la cual se incluyen estas actividades como de especial relevancia en la contaminación del suelo.

El elevado número de emplazamientos en España en los que se ubican este tipo de actividades, encabezadas por las anteriormente mencionadas estaciones de servicio, es un indicador del potencial problema de contaminación al que pueden verse afectados los suelos, asociado al almacenamiento de estos hidrocarburos. En España ha existido una evolución creciente de estas estaciones de servicio, la cual se aprecia con claridad si se toma como caso de análisis la Comunidad Autónoma de Cantabria, donde en 1994 existían sólo 39 gasolineras, para las 89 abiertas en 1999 o las 137 del año 2007 (www.cantabriaeconomica.com/14300.htm). En la actualidad este número se ha estancado por la recesión económica, situándose en 140 (<http://cantabria.gasolineras.guia.paginasamarillas.hispavista.com/>). Para la realización de este estudio se han tomado las estaciones de servicio existentes en 2007, ya que son de las que se tienen datos más actualizados y cuyo número viene recogido en la tabla 2.

Tabla 2. Número de actividades relacionadas con el almacenamiento de hidrocarburos en Cantabria.

<i>CNAE 2009 Rev 2</i>	<i>NÚMERO DE EMPLAZAMIENTOS</i>
47.3.0 Venta al por menor de carburantes para la automoción.	137
46.7.1 Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y productos similares.	28

Un problema muy grave asociado a este tipo de contaminación es la posibilidad de migración por parte de los contaminantes. El posible vertido va a afectar a la zona en la que éste se produce, produciendo una contaminación on-site. Sin embargo si la cantidad de vertido es grande, puede producirse una migración de estos contaminantes hacia otros medios receptores, a través de las distintas rutas de exposición, produciendo lo que se conoce como **contaminación off-site**. El problema es aún más relevante cuando esa contaminación es capaz de afectar a zonas de especial interés medioambiental, como son los Espacios Naturales Protegidos (ENP), los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

Dentro del Real Decreto 9/2005 se prevé la necesidad de que las Comunidades Autónomas definan aquellos suelos en los que se considere prioritaria la protección del ecosistema del que forman parte. Para ello, es imprescindible disponer de una serie de estudios previos dentro de los cuales queda enmarcado este trabajo, con el fin de conocer la situación de partida de aquellos suelos que estén siendo afectados significativamente no sólo de forma

directa (on-site), sino también indirectamente (off-site), como resultado de actividades de alto riesgo, como son las que implican el almacenamiento de hidrocarburos.

Los resultados de estos estudios globales ayudarán, adicionalmente, a la toma de decisiones sobre la necesidad o no de abordar la descontaminación de suelos. En este contexto la evaluación del riesgo de contaminación y el desarrollo de la metodología para su evaluación cobran especial importancia, facilitando por otra parte la toma de decisiones en la aplicación metodológica de la evaluación del riesgo de las técnicas de descontaminación.

2. ANTECEDENTES

Partiendo del contexto descrito en la sección anterior, el trabajo presentado en esta comunicación recoge algunos de los resultados más relevantes obtenidos dentro del proyecto que lleva por título “ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS A TRAVÉS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES CARACTERÍSTICOS EN SUELOS Y SU TRANSPORTE A MEDIOS RECEPTORES” (276/PC08/2-01.2) realizado por el departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica de la Universidad de Cantabria en colaboración con la empresa de consultoría técnica e ingeniería medioambiental APRIA Systems y financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, a través de la Concesión de subvenciones convocadas por Orden PRE/1007/2008 de 11 de abril por la que se efectúa la convocatoria del año 2008 para la concesión de las ayudas del programa nacional de proyectos de desarrollo experimental en el marco del plan nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica 2008-2011.

El objetivo global del proyecto es la evaluación de los riesgos de contaminación de suelos off-site medioambientalmente sensibles debido a la presencia de actividades que implican el almacenamiento y trasiego de importantes volúmenes de hidrocarburos tales como unidades de suministro, estaciones de servicio, grandes almacenamientos aeroportuarios, refinerías o estaciones marítimas en zonas próximas al área de interés medioambiental. Para el desarrollo del objetivo se seleccionarán como caso de estudio suelos típicos del norte de España, ubicados en la Comunidad Autónoma de Cantabria, en la que tienen su sede los organismos participantes en la solicitud.

En el desarrollo del proyecto se han acometido con éxito una serie de objetivos de estudio:

1. Geolocalización de las fuentes potenciales de contaminación por HC en la C.C.A.A. de Cantabria, empleando las correspondientes coordenadas UTM (como se ha indicado con anterioridad, 165 emplazamientos)

2. Identificación de las zonas de especial interés medioambiental en la C.C.A.A. Cantabria como son los ENP (8 zonas), LIC (21 zonas) y ZEPA (8 zonas).
3. Evaluación del riesgo de potencial contaminación de cada uno de los 165 emplazamientos, aplicando para ello el modelo conceptual de evaluación de riesgo basado en el PRA.MS, *“Preliminary Risk Assessment Model for the identification and assessment of problem areas for Soil contamination in Europe”*, elaborado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2005).

La aplicación de este modelo matemático da lugar a una serie de valores para cada emplazamiento que deben ser normalizados. A partir de estos valores normalizados se establecen distintas categorías de riesgos, tal y como se muestra en la figura 1:



Figura 1. Rangos para cada una de las categorías de riesgos

Para ambos códigos de emplazamientos CNAE se han considerado los mismos valores barrera, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla 3:

Tabla 3. Número de emplazamientos que existen para cada CNAE en función del riesgo que posean

CNAE	Riesgo			Total
	Alto	Medio	Bajo	
G47.3.0	14	31	82	137
G46.7.1	0	1	27	28

Esto supone que para los emplazamientos de CNAE G47.3.0, el 11% son de alto riesgo, el 24% de medio y el 65% constituyen un riesgo bajo.

Para los emplazamientos con CNAE G46.7.1 sólo el 4% poseen un riesgo medio mientras que el 96% tienen un riesgo bajo. Gráficamente se pueden observar el número de emplazamientos en función de su categoría de riesgos en la figura 2:

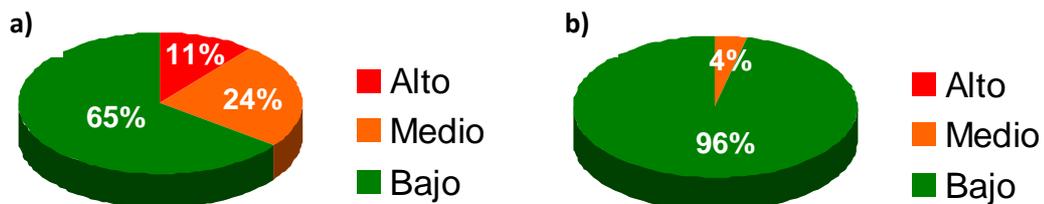


Figura 2. Porcentaje de riesgos alto, medio y bajo para actividades de código CNAE G47.3.0 (a) y G46.7.1 (b).

Para su correcta geolocalización se ha realizado un mapa (figura 3) de la comunidad de Cantabria en el que se observan los distintos casos de la tabla anterior, así como las zonas medioambientalmente más sensibles dentro de la comunidad.

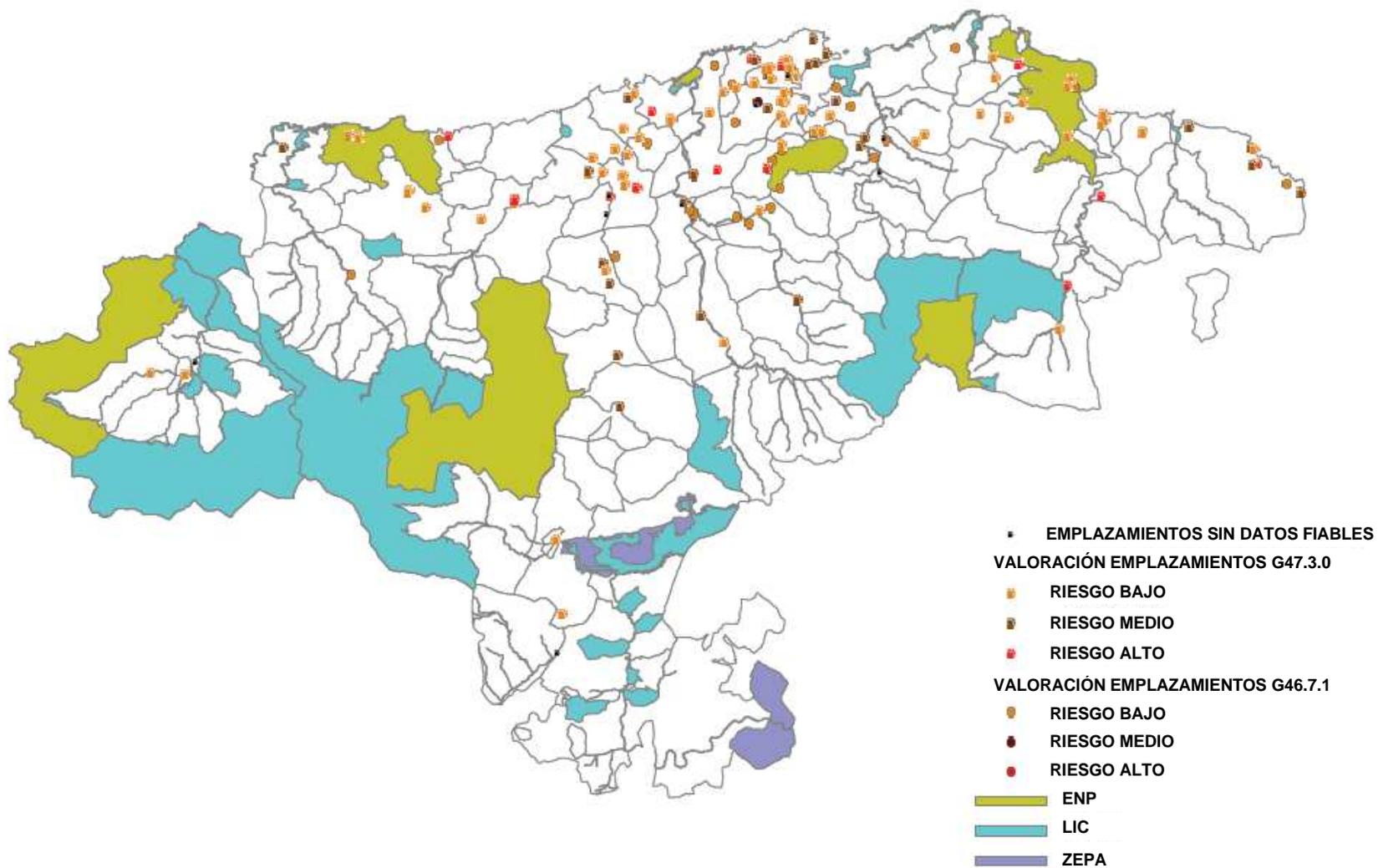


Figura 3. Resultados con los emplazamientos y su riesgo asociado

De todos estos emplazamientos, 8 de ellos poseen un riesgo alto de causar contaminación y además se encuentran a menos de 3.000 de alguna zona medioambientalmente sensible, distancia que se ha considerado en este estudio para determinar el riesgo potencial de contaminación de dichas zonas sensibles. Los resultados más relevantes de esta etapa se han presentado en el Congreso “11th International UFZ- Deltares/TNO Conference on Management of Soil, Groundwater and Sediment” celebrado el 22-24 de septiembre de 2010 (Ibáñez et al, 2010). En la tabla 3 se recogen dichos emplazamientos junto con sus características más importantes.

Tabla 3. Emplazamientos seleccionados para su valoración así como sus características más relevantes.

EMPLAZAMIENTO	VALORACIÓN RIESGO PRA.MS ⁽¹⁾	ESPACIO NATURAL SUSCEPTIBLE DE SER AFECTADO	DISTANCIA (M) ⁽⁴⁾
Arnuelo	287	Parque natural Marismas de Santoña, Victoria y Joyel (ENP) ⁽²⁾	35
Ramales de la Victoria	223	Río Asón (LIC) ⁽³⁾	68
Villanueva de Villaescusa	276	Parque natural del macizo de Peña cabarga (ENP)	428
Ampuero	251	Río Asón (LIC)	603
Bezana	259	Dunas de Liencres y estuario del río PAS (LIC)	849
Ruiloba	270	Parque natural de Oyambre (ENP)	1.841
Miengo	279	Dunas de Liencres y estuario del río PAS (LIC)	2.800
Pielagos	333	Río PAS (LIC)	2.853

(1) Valor obtenido de la aplicación y normalización del algoritmo. Valor máximo: 333

(2) ENP: Espacio Natural Protegido

(3) LIC: Lugar de Importancia Comunitaria

(4) Distancia desde el emplazamiento hasta el espacio natural susceptible de ser afectado.

3. OBJETIVOS

A partir de los resultados obtenidos en anteriores etapas del proyecto (Ibáñez et al, 2010), el objetivo general de la etapa del estudio presentada en esta comunicación es la identificación de los emplazamientos con mayor riesgo de causar contaminación en zonas de gran interés medioambiental dentro de la Comunidad Autónoma de Cantabria debido a actividades de almacenamiento de hidrocarburos, identificando este riesgo a través de la concentración de hidrocarburos y otras especies características en suelos off-site de dichos emplazamientos. El objetivo general se ha desarrollado a través de los siguientes objetivos parciales:

- **Desarrollo de metodología para la determinación de los puntos de muestreo off-site de emplazamientos potencialmente peligrosos de causar contaminación por hidrocarburos en la comunidad autónoma de Cantabria.**
- **Diseño y realización de campañas de muestreo en los emplazamientos seleccionados.**
- **Análisis de muestras y determinación de contaminantes característicos.**

4. METODOLOGÍA

Los objetivos propuestos se han desarrollado a través de la metodología de trabajo propuesta a continuación. Para la selección de los puntos de muestro off-site en cada emplazamiento se ha desarrollado la siguiente metodología de trabajo:

1. Se emplean las coordenadas GPS de cada uno de los emplazamientos para geolocalizar el mismo, mediante el programa informático **SigPac**, a partir del cual se obtienen imágenes aéreas de la zona, así como obtener información relativa al emplazamiento, tales como el polígono y la parcela. Con estos datos se puede obtener el catastro de la parcela, número identificativo y característico de cada una de ellas. (<http://www.sedecatastro.gob.es/>).
2. Delimitadas las parcelas colindantes se determina la localización exacta de la zona medioambientalmente sensible (LIC, ENP, ZEPA) más cercana.
3. Se evalúa el medio físico, la topografía, la pendiente y la hidrología del terreno en estudio. Para ello se emplea tanto el programa SigPac como el programa informático Google Earth. Se puede obtener la cota en la que nos encontramos, pudiendo evaluar así las variaciones de cotas y por lo tanto la variación de la pendiente en el plano.
4. A la hora de seleccionar los puntos de muestreo, se ha buscado un compromiso entre la dirección en la que se encuentra la zona medioambientalmente sensible y la pendiente y topografía existente en el emplazamiento y alrededores, obteniendo para cada uno de los casos unas zonas o parcelas de mayor interés para la realización del muestreo. Sin embargo no es posible fijar los puntos concretos de muestreo sobre el mapa ya que en la visita de campo para inspeccionar el emplazamiento suelen existir impedimentos para el muestreo, tales como zonas rocosas, carreteras, parcelas cerradas en las que no ha sido posible ponerse en contacto con el propietario, etc.
5. Una vez realizada una inspección del campo de muestreo y se han descartado ciertas zonas, ya es posible establecer los puntos de muestreo que se consideran van a ser de mayor relevancia para la caracterización del emplazamiento.
6. Este estudio corresponde a una fase de la investigación exploratoria preliminar, por lo que el número de puntos de muestreo no es elevado, el estudio está más encaminado a la determinación de la existencia o no de contaminantes en el suelo, que en la cuantificación y exhaustiva delimitación de rangos de concentraciones, para las cuales un posterior estudio de investigación detallada para cada uno de los emplazamientos podría ser necesario efectuar.

En la Figura 4 se ha esquematizado la metodología desarrollada para la selección de puntos de muestreo de **suelos off-site** de emplazamientos potencialmente peligrosos de causar contaminación por hidrocarburos.

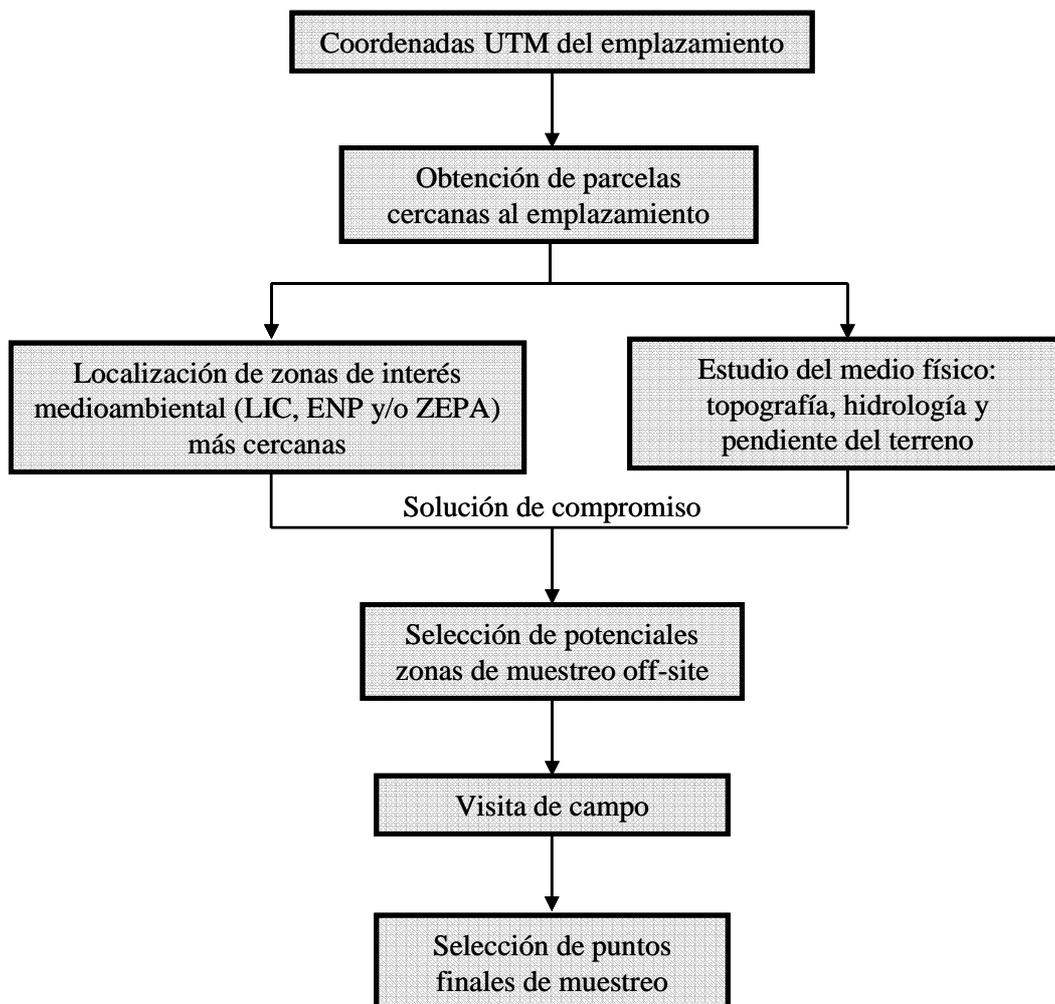


Figura 4. Esquema simplificado de la metodología desarrollada para la determinación de los puntos de muestreo de suelos off-site

Por otro lado, En la figura 5 se muestra el esquema de actuación empleado para la obtención de los puntos de muestreo para el caso de que la ruta de exposición sean las aguas subterráneas.

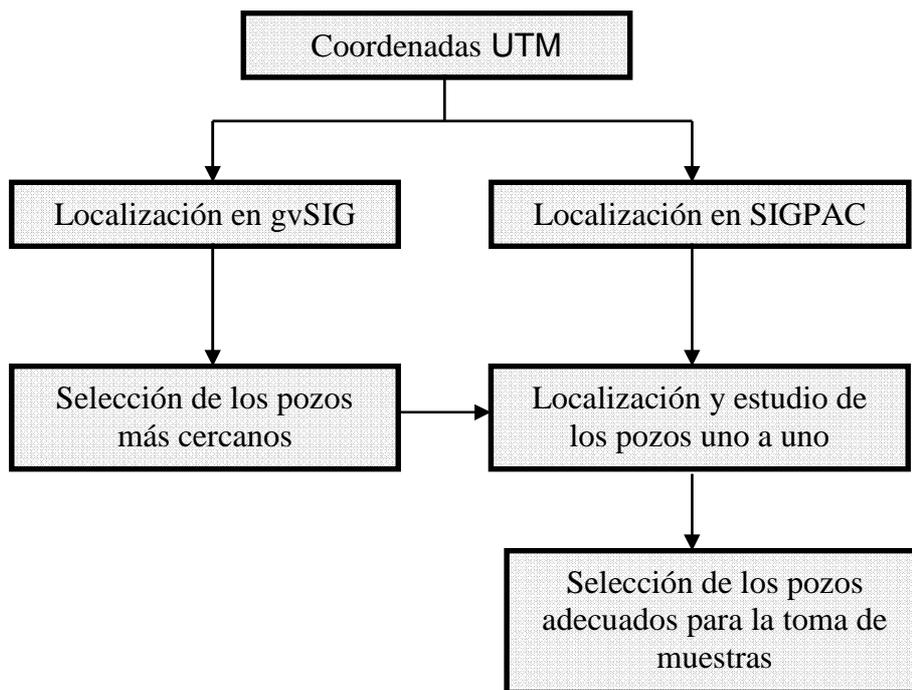


Figura 5. Esquema de actuación para la obtención de los puntos de muestreo en aguas subterráneas

Así mismo, en la figura 6 se expone la metodología de los puntos de muestreo en aguas superficiales.

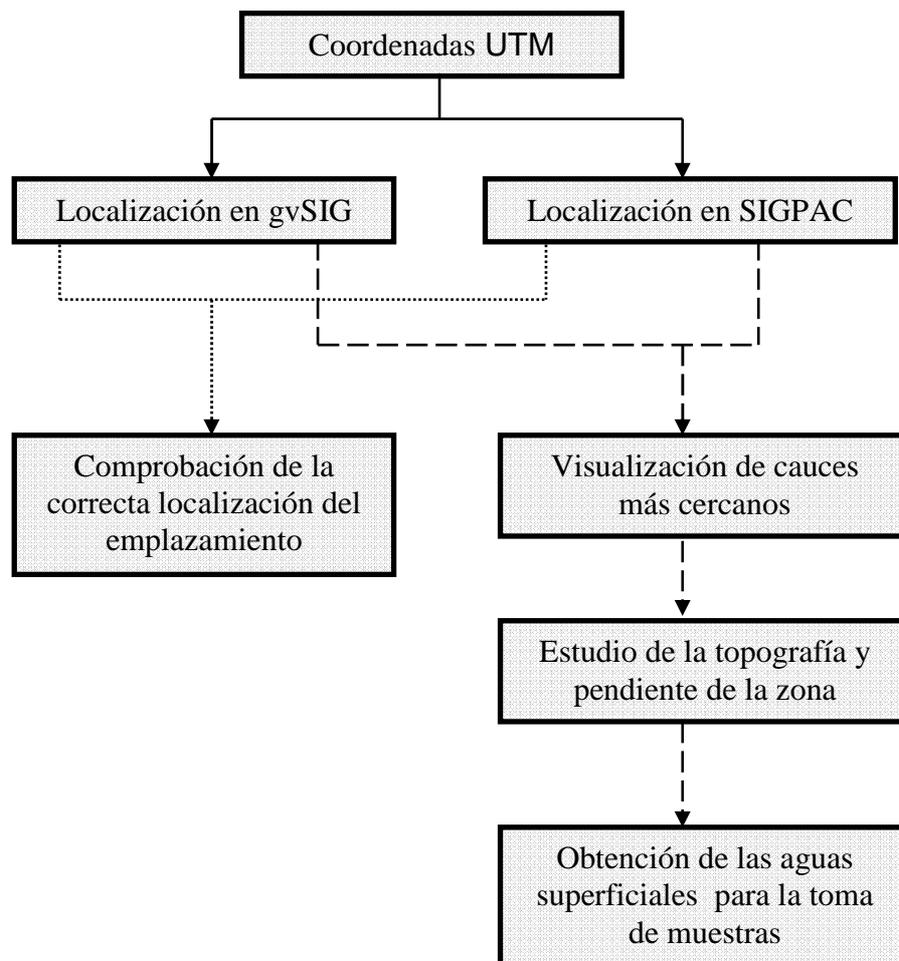


Figura 6. Esquema de actuación para la obtención de los puntos de muestreo en aguas superficiales

Así mismo se ha desarrollado una metodología de muestreo de suelos basada en la norma ISO 10381-1, "Soil quality- Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes", para el muestreo de suelos. También se ha establecido protocolo para el muestreo en aguas superficiales y subterráneas.

1. Localización del punto de muestreo. Este puede comprender un foco de contaminación puntual o una zona más o menos amplia en donde se desea caracterizar el(los) parámetro(s) de ensayo. Una vez localizado el punto o zona de muestreo, se establece una delimitación de la misma para proceder a la toma de muestras. 
2. En el punto seleccionado para la toma de muestras se obtienen las coordenadas del punto exacto mediante un GPS portátil.
3. Se deben eliminar rocas, ramas o vegetación que impidan el acceso directo del tomamuestras al suelo. Se coloca la lámina de plástico junto al punto de toma de muestras, para evitar eventual contaminación cruzada del suelo extraído; así como el frasco en que se va a guardar la muestra, correctamente identificado. 
4. Se procede al muestreo del emplazamiento con el tomamuestras. Se introduce el cabezal de perforación en el suelo aplicando torsión sobre el mismo. Una vez que todo el interior del tomamuestras se ha llenado de suelo se procede a su extracción y su descarga en el frasco correspondiente, ayudándose de una cucharilla de laboratorio. Se vuelve a realizar otra toma de muestras en el mismo emplazamiento, llegando finalmente a tomar muestras a una profundidad de entre **20 y 25 cm, esto es, un muestreo superficial**. La cantidad de muestra a tomar debe ser suficiente para poder proceder al ensayo deseado con las réplicas necesarias y poder llevar a cabo repeticiones en caso de necesidad (1Kg de muestra es una cantidad suficiente) 
5. La muestra que se haya podido quedar sobre la lámina de plástico se devuelve al agujero que ha dejado la extracción de muestra, evitando contaminación cruzada.
6. Las muestras se deben etiquetar en el momento de la toma de muestras indicando al menos el nombre de la muestra, la fecha de recogida y el nombre del emplazamiento que está siendo evaluado. Las muestras se deben cerrar bien y se almacenan en la nevera refrigerada con hielos hasta que llegan al laboratorio en donde se almacenan en un lugar fresco y seco hasta su análisis. 

7. Todo el equipo empleado en el muestreo debe limpiarse concienzudamente después de cada punto de muestreo, para evitar así contaminación cruzada entre las muestras. Además se debe utilizar una lámina de plástico diferente para cada punto.
8. Finalmente las muestras etiquetadas se introducen en nevera hasta la realización de su análisis.

Para la correcta realización de la toma de muestras se ha utilizado el material presentado en la tabla 4.

Tabla 4. Material utilizado en la tarea de muestreo de emplazamientos seleccionados.

1	Tomamuestras Mole, de Burkle. Formado por: I. Cabezal de perforación combinado II. Empuñadura con barra de 75 cm.
2	Mapa del área a investigar 1:2000.
3	Fichas de registro para evaluar el emplazamiento de toma de muestras.
4	GPS Garmin modelo Etrex H
5	Recipientes para guardar las muestras. Pueden ser de varios tipos: I. Frasco de vidrio ámbar con tapón de PTFE de 1 ó 2L. II. Frasco de vidrio incoloro con tapa de vidrio y junta de PTFE de 1L
6	Material para etiquetar los recipientes: Etiquetas, Rotulador indeleble
7	Metro
8	Espátula para coger muestra o separar partes de la muestra
9	Nevera para conservación en frío y material de refrigeración (hielos)
10	Material de limpieza del equipo (papel, agua)
11	Láminas de plástico (polietileno) para deposición temporal de los materiales extraídos
12	Cámara de fotos digital

La recogida de muestras de las **aguas subterráneas** colindantes se ha realizado a través de los pozos más susceptibles de sufrir contaminación. Mediante un sistema de bombeo el agua llega a la superficie, por lo que simplemente es necesario colocar el recipiente para la toma de muestras en la salida del agua.

A la hora de efectuar la recogida de muestras de las **aguas superficiales**, es posible encontrarse con dos casos:

1. El agua se encuentra canalizada (fuentes, tuberías). En este caso se recoge la muestra dentro del recipiente en alguna escapatoria de la canalización.
2. El agua se encuentra sobre la superficie del suelo (río, mar). Se procede a la inmersión de recipiente de muestreo dentro del cauce hasta su llenado por completo

Como resultado de esta tarea se han obtenido las muestras de suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas correspondientes a los emplazamientos seleccionados y sobre las cuales se ha realizado la siguiente etapa, consistente en el análisis y determinación de contaminantes característicos. La Figura 7 muestra a modo de ejemplo una muestra de suelo y agua recogidas, correspondientes a uno de los emplazamientos seleccionados, siguiendo la metodología desarrollada en el proyecto.



Figura 7. Fotografía de muestras de suelo y agua recogidas de acuerdo a la metodología y diseño de toma de muestras desarrollado en el proyecto

Las técnicas analíticas de análisis deben ser puestas a punto para poder llevar a cabo el análisis en laboratorio. En la Tabla 5 se recogen a modo de resumen y de manera conjunta las diferentes técnicas analíticas empleadas en las distintas etapas del análisis de cada grupo de compuestos orgánicos:

Tabla 5. Resumen de parámetros característicos identificados en los emplazamientos seleccionados.

GRUPO DE COMPUESTOS	ETAPA DE EXTRACCIÓN	NORMA DE REFERENCIA	ETAPA DE IDENTIFICACIÓN	ETAPA DE CUANTIFICACIÓN
VOLÁTILES	Extracción sólido/líquido por agitación magnética	ISO 15009:2002	P&T/GC/MS	P&T/GC/MS
Halogenados				HS/GC/ECD
Aromáticos				GC/FID
SEMIVOLÁTILES	Extracción Soxhlet	EPA method 8270	GC/MS	GC/MS
PAHs				
Fenoles				
HIDROCARBUROS TOTALES DE PATRÓLEO (TPHs)	Extracción sólido/líquido por agitación magnética	ISO 16703:2004	GC/FID	GC/FID

A modo de ilustración del procedimiento de análisis de muestras, la Figura 8 representa el cromatograma obtenido del análisis de TPHs en uno de los puntos de muestreo seleccionados. La Figura 9 representa a su vez un cromatograma del análisis de compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

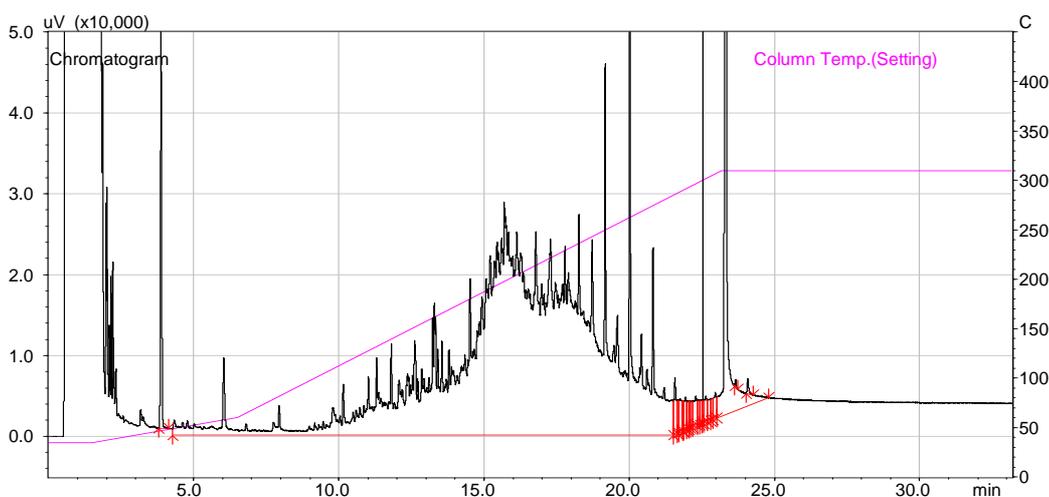


Figura 8. Cromatograma de TPHs para una muestra ejemplo analizada.

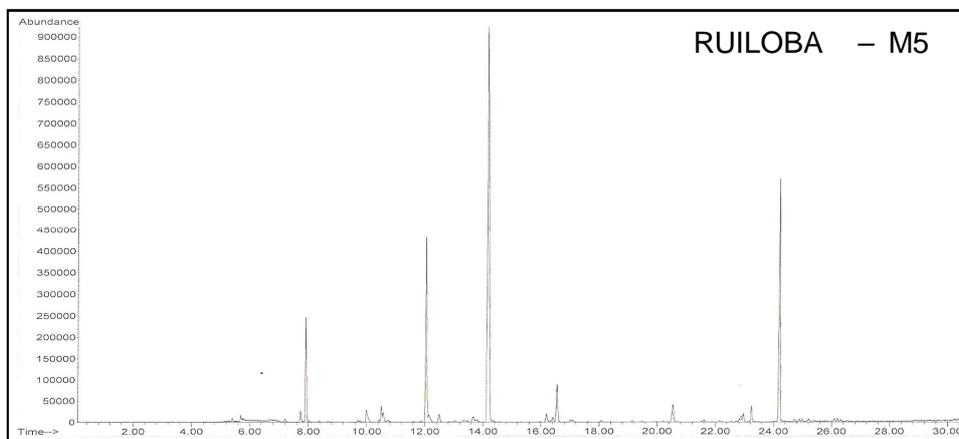


Figura 9. Cromatograma de VOCs para una muestra ejemplo analizada.

5. RESULTADOS

En la Tabla 6 se presenta un resumen global de los principales contaminantes característicos identificados y cuantificados en los emplazamientos estudiados. Es importante señalar que los TPHs y sus fracciones ligeras, medias y pesadas de hidrocarburos son los contaminantes característicos encontrados en todos los emplazamientos en niveles que permiten la cuantificación de las concentraciones presentes en los puntos muestreados. Diversos contaminantes característicos pertenecientes a las familias de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles se han identificado en algunos de los emplazamientos aunque no se ha abordado aún la etapa de cuantificación de los mismos, por lo que no se han utilizado para las etapas posteriores de modelado e identificación de cadena de riesgos que se centra en los parámetros globales TPHs y fracciones de hidrocarburos.

Tabla 6. Resumen de parámetros característicos identificados en los emplazamientos seleccionados.

CONTAMINANTES CARACTERÍSTICOS	EMPLAZAMIENTOS CARACTERIZADOS EN EL ESTUDIO							
	Ruiloba	Bezana	Ampuero	Ramales	Arnuero	Miengo	Villaescusa	Piélagos
TPHS	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)
HC C ₅ -C ₂₀	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)
HC C ₂₀ -C ₃₀	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)
HC C ₃₀ -C ₄₀	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)	Si (C)
diclorometano	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)
Cloroformo	Si (NC)	No	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	No	No	No
Ciclohexano	No	No	No	No	No	No	No	Si (NC)
N-heptano	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)
Metil-butirato	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)
Tolueno	Si (NC)	No	No	No	Si (NC)	No	No	Si (NC)
Metil, 2-metilbutirato	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)
O-Xileno	Si (NC)	Si (NC)	No	No	No	No	No	Si (NC)
n-decano	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)	Si (NC)
pAHs	Si (NC)	No	No	No	Si (NC)	No	No	Si (NC)
PCBs	Si (NC)	No	No	No	Si (NC)	No	No	Si (NC)

Nota: NC: no cuantificable; C: cuantificable.

En la Tabla 7 se recogen los valores medios de TPH (hidrocarburos totales del petróleo), parámetro global que representa la concentración de gasóleo y gasolina presentes en el suelo o agua muestreado, así como la distribución en las diferentes fracciones alifáticas: C₅-C₂₀, C₂₀-C₃₀, C₃₀-C₄₀ representativas de las fracciones ligeras, medias y pesadas de los mismos, obtenidos para cada punto de muestreo dentro de cada emplazamiento seleccionado. Se han señalado en color rojo aquellos valores que se sitúan por encima de 50 mg/kg (valor genérico de referencia según R.D. 9/2005).

Tabla 7. Valores medios de TPHs y fracciones alifáticas correspondientes a los puntos de muestreo seleccionados dentro de los emplazamientos considerados en este estudio.

emplazamiento: Arnuelo

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	457554	4812578	36.8	4.5	28.9	3.4
M2	suelo	457566	4812587	34.8	9.0	18.6	7.2
M3	suelo	457560	4812607	33.2	7.5	23.4	2.3
M4	suelo	457592	4812624	70.8	11.5	53.2	6.0
M5	suelo	457533	4812629	59.0	21.2	14.3	23.5
Concentración (mg/L)							
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M6	agua (sub)	457443	4812622	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M7	agua (sup)	457705	4812620	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M8	agua (sup)	457591	4812638	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

emplazamiento: Ampuero

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	466164	4798632	64.0	23.1	26.0	14.9
M2	suelo	466147	4798563	75.0	16.3	39.0	19.7
M4	suelo	466189	4798606	38.0	20.2	12.8	5.1
M5	suelo	466093	4798736	40.0	22.1	11.2	6.7
M6	suelo	466152	4798657	33.0	11.1	13.0	8.9
M7	suelo	466150	4798705	30.0	13.2	11.1	5.7
M8	suelo	466058	4799290	33.0	8.7	15.5	8.8
Concentración (mg/L)							
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M3	agua (sup)	466168	4798654	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M9	agua (sup)	466084	4799313	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

emplazamiento: Ramales de la Victoria

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	462543	4789076	36.0	7.4	17.0	11.6
M2	suelo	462547	4789105	55.0	17.6	21.8	15.6
M3	suelo	462518	4789121	43.0	12.6	17.1	13.3
M4	suelo	462511	4789081	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M5	suelo	462482	4789118	33.0	7.7	17.7	7.6
M7	suelo	462570	4789100	71.0	14.1	33.0	23.9
M8	suelo	462577	4789083	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Concentración (mg/L)							
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M6	agua (sub)	462479	4789103	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

Tabla 7. (Continuación). Valores medios de TPHs y fracciones alifáticas correspondientes a los puntos de muestreo seleccionados dentro de los emplazamientos considerados en este estudio.

emplazamiento: Villanueva de Villaescusa

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	430410	4801570	34.0	17.5	7.5	9.0
M2	suelo	430433	4801587	55.0	27.6	16.5	10.9
M4	suelo	430484	4801600	29.0	16.7	8.5	3.8
M5	suelo	430506	4801583	20.0	8.9	7.6	3.5
M6	suelo	430463	4801585	28.0	16.3	7.1	4.5
M7	suelo	430671	4801584	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
M8	suelo	430598	4801589	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
				Concentración (mg/L)			
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M3	agua (sup)	430471	4801594	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M9	agua (sup)	430660	4801614	0.93	<LQ	<LQ	<LQ

emplazamiento: Bezana

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	428989	4813190	23.0	15.4	4.6	3.0
M2	suelo	428862	4813247	24.0	13.8	8.2	2.0
M3	suelo	428878	4813204	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
M4	suelo	428803	4813201	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
M5	suelo	428745	4813201	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
M6	suelo	428740	4813146	23	13.1	7.3	2.6
M7	suelo	428849	4813187	39	21.7	3.8	13.5
M8	suelo	428282	4813885	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
				Concentración (mg/L)			
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M9	agua (sup)	428001	4813839	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

emplazamiento: Miengo

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	418288	4807472	30.0	19.0	7.4	3.6
M2	suelo	418248	4807554	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
M3	suelo	418255	4807482	32.0	22.1	5.4	4.5
M4	suelo	418094	4807503	59.0	22.0	24.9	12.1
M5	suelo	417973	4807423	38.0	14.2	16.6	7.2
M6	suelo	417749	4807403	31.0	17.2	8.9	4.9
M7	suelo	420012	4809694	54.0	25.2	16.4	12.4
M8	suelo	420108	4809761	56.0	17.2	25.9	12.9
				Concentración (mg/L)			
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀

M9	agua (sup)	420115	4809751	0.94	<LQ	<LQ	<LQ
----	------------	--------	---------	------	-----	-----	-----

Tabla 7. (Continuación). Valores medios de TPHs y fracciones alifáticas correspondientes a los puntos de muestreo seleccionados dentro de los emplazamientos considerados en este estudio.

emplazamiento: Ruiloba

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	396462	4804896	21.0	5.5	9.8	5.7
M2	suelo	396417	4804857	114.0	40.6	59.2	14.2
M3	suelo	396469	4804852	29.0	16.4	6.0	6.6
M4	suelo	396440	4804852	703.0	382.4	297.2	23.3
M5	suelo	396527	4804907	1160.0	265.3	706.6	188.1
M6	suelo	393439	4804107	<LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Concentración (mg/L)							
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M7	agua (sup)	396492	4804927	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M8	agua (sup)	396351	4804903	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
M9	agua (sup)	393433	4804112	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

emplazamiento: Renedo de Piélagos

muestra	tipo	Coordenadas		Concentración (mg/kg)			
		X	Y	TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M1	suelo	425148	4801407	24.0	14.1	6.0	4.0
M2	suelo	425184	4801495	27.0	16.0	6.3	5.7
M3	suelo	425240	4801477	28.0	17.4	5.5	4.1
M4	suelo	425269	4801364	38.0	15.9	9.5	12.5
M5	suelo	425373	4801181	58.0	21.2	18.6	18.2
M6	suelo	425117	4801174	31.0	17.4	7.1	6.5
M7	suelo	422319	4801276	49.0	19.4	11.7	8.9
M8	suelo	425064	4801163	29.0	18.5	6.9	3.6
Concentración (mg/L)							
				TPHs	HC C ₅ -C ₂₀	HC C ₂₀ -C ₃₀	HC C ₃₀ -C ₄₀
M9	agua (sup)	424462	4800338	0,70	<LQ	<LQ	<LQ
M10	agua (sup)	422294	4801263	0,82	<LQ	<LQ	<LQ

A partir de los valores presentados en la tabla 7 se ha realizado un estudio del riesgo ambiental de las concentraciones de contaminantes analizados en los emplazamientos como caso de estudio a través de la comparación de las concentraciones analizadas con los Valores Genéricos de Referencia (NGR) de los Anexos V y VI del RD 9/2005. También de manera complementaria y orientativa se han considerado los criterios establecidos en la normativa holandesa (Circular on target values and intervention values for soil remediation, febrero 2000) que se indican en la

tabla 8. Hay que tener en cuenta que los valores de la normativa holandesa no son aplicables al territorio nacional y la metodología de evaluación de riesgos utilizada para derivar estos criterios es diferente a la utilizada en el RD 9/2005.

Tabla 8. Valores genéricos de referencia de acuerdo al RD 9/2005 y criterios establecidos en la normativa holandesa

Sustancia	RD 9/2005						Legislación Holandesa(*)			
	NGR protección salud humana			NGR protección ecosistemas			VO y VI (**)		VO y VICS (**)	
	Uso I ⁽¹⁾	Uso II ⁽¹⁾	Uso III ⁽¹⁾	Organismo de suelo	Vertebrado terrestres	Organismo acuático	VO	VI	VO	VI
Gasolina	50 ^(***)	50 ^(***)	50 ^(***)	S.D.	S.D.	S.D.	50	5000	S.D.	S.D.
Gasóleo	50 ^(***)	50 ^(***)	50 ^(***)	S.D.	S.D.	S.D.	50	5000	S.D.	S.D.
HC alifáticos C ₉ -C ₁₄	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
HC alifáticos C ₉ -C ₁₈	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
HC alifáticos C ₁₉ -C ₃₆	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.

NOTA: S.D: sin datos. Todos los valores expresados en (mg/kg de peso seco)

(1): Uso I: uso industrial, Uso II: uso urbano, Uso III: otros usos.

(*) Todos los valores expresados como concentración en suelo Standard (10% de materia orgánica y 25% de arcilla).

(**): VO: valor objetivo, VI: valor de intervención, VICS: valor indicativo de contaminación seria.

(***) Se ha adoptado como valor genérico el referido a Hidrocarburos totales del petróleo (TPHs) que se recoge en el anexo IV del RD 9/2005, establecido en 50 mg/kg

El resumen de los resultados obtenidos al comparar los valores de concentración del parámetro seleccionado como representativo de esta etapa preliminar, la concentración de TPHs, con los valores genéricos disponibles viene recogido en la tabla 9. Se muestran, para cada emplazamiento, aquellos puntos muestreados que superan los valores genéricos de referencia NGR (RD 9/2005) y VO (legislación holandesa). Así mismo se puede observar el cociente de los valores de concentración de TPHs frente a

los valores de intervención de la legislación holandesa, que en ningún caso llegan al valor de 1.0.

En todos los emplazamientos, a excepción de Bezana, se han encontrado muestras que superan los valores NGR, indicando que existe un peligro potencial de contaminación por hidrocarburos en dichos emplazamientos.

Tabla 9. Comparación de valores de concentración de TPHs con valores genéricos de referencia para los emplazamientos seleccionados en el estudio.

Emplazamiento: Arnuelo

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M4	70.8	1.416	1.416	0.01416
M5	59	1.18	1.18	0.0118

Emplazamiento: Ampuero

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M1	64	1.28	1.28	0.0128
M2	75	1.5	1.5	0.015

Emplazamiento: Ramales de la Victoria

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M2	55	1.1	1.1	0.011
M7	71	1.42	1.42	0.0142

Emplazamiento: Villanueva de Villaescusa

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M2	55	1.1	1.1	0.011

Emplazamiento: Bezana

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
□	-----	-----	-----	-----

Emplazamiento: Miengo

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M4	59	1.18	1.18	0.0118
M7	54	1.08	1.08	0.0108
M8	56	1.12	1.12	0.0112

Emplazamiento: Ruiloba

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M2	114	2.28	2.28	0.0228
M4	703	14.06	14.06	0.1406
M5	1116	22.32	22.32	0.2232

Emplazamiento: Piélagos

	TPH (mg/Kg)	Cociente TPH/NGR RD 92005	cociente TPH/ VO	cociente TPH/ VI
M5	58	1.16	1.16	0.116

La Figura 10 permite observar una relación de los emplazamientos con mayor potencial de contaminación. El emplazamiento de Ruiloba muestra unos cocientes [TPHs]/NGR significativamente altos. Para poder discriminar entre el resto de emplazamientos se ha realizado una figura adicional de la que se ha eliminado el emplazamiento de Ruiloba. Se puede apreciar en esta figura que los emplazamientos de Ampuero, Arnüero y Ramales de la Victoria presentan puntos con cocientes mayores de 1.4 veces la concentración del NGR.

Los emplazamientos de Villanueva de Villaescusa, Miengo y Renedo de Piélagos presentan concentraciones en el intervalo [1-1.4] sobre el valor NGR. Como se ha indicado con anterioridad, Bezana es el único emplazamiento que no presenta valores superiores a 1.0.

A partir la relación [TPHs]/NGR, es posible elaborar una **jerarquía del nivel de peligro potencial para los ecosistemas** que suponen las actividades de almacenamiento de hidrocarburos estudiadas, de tal forma que sirvan como indicador del potencial riesgo que implican para dichos ecosistemas que se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Jerarquía de peligrosidad de los emplazamientos estudiados en función de la relación [TPHs]/NGR, así como los espacios ambientales de interés afectados.

<i>Nivel Peligrosidad</i>	<i>Nº Emplaz.</i>	<i>Nombre</i>	<i>Espacio de interés susceptible de ser afectado</i>
[TPHs]/NGR < 1.0	1	Bezana	Dunas de Liencres y estuario del río Pas (LIC)
1.0 < [TPHs]/NGR < 1.4	3	Villanueva de Villaescusa	Parque Natural del macizo de Peña cabarga (ENP)
		Miengo	Dunas de Liencres y estuario del río Pas (LIC)
		Renedo de Piélagos	Río Pas (LIC)
1.4 < [TPHs]/NGR < 2.0	3	Arnuro	Parque Natural de marismas de Santoña, Victoria y Joyel
		Ampuero	Río Asón (LIC)
		Ramales de la Victoria	Río Asón (LIC)
[TPHs]/NGR > 2.0	1	Ruiloba	Parque Natural de Oyambre (ENP)
Niveles superiores al nivel de intervención (legislación holandesa)	0	-----	-----

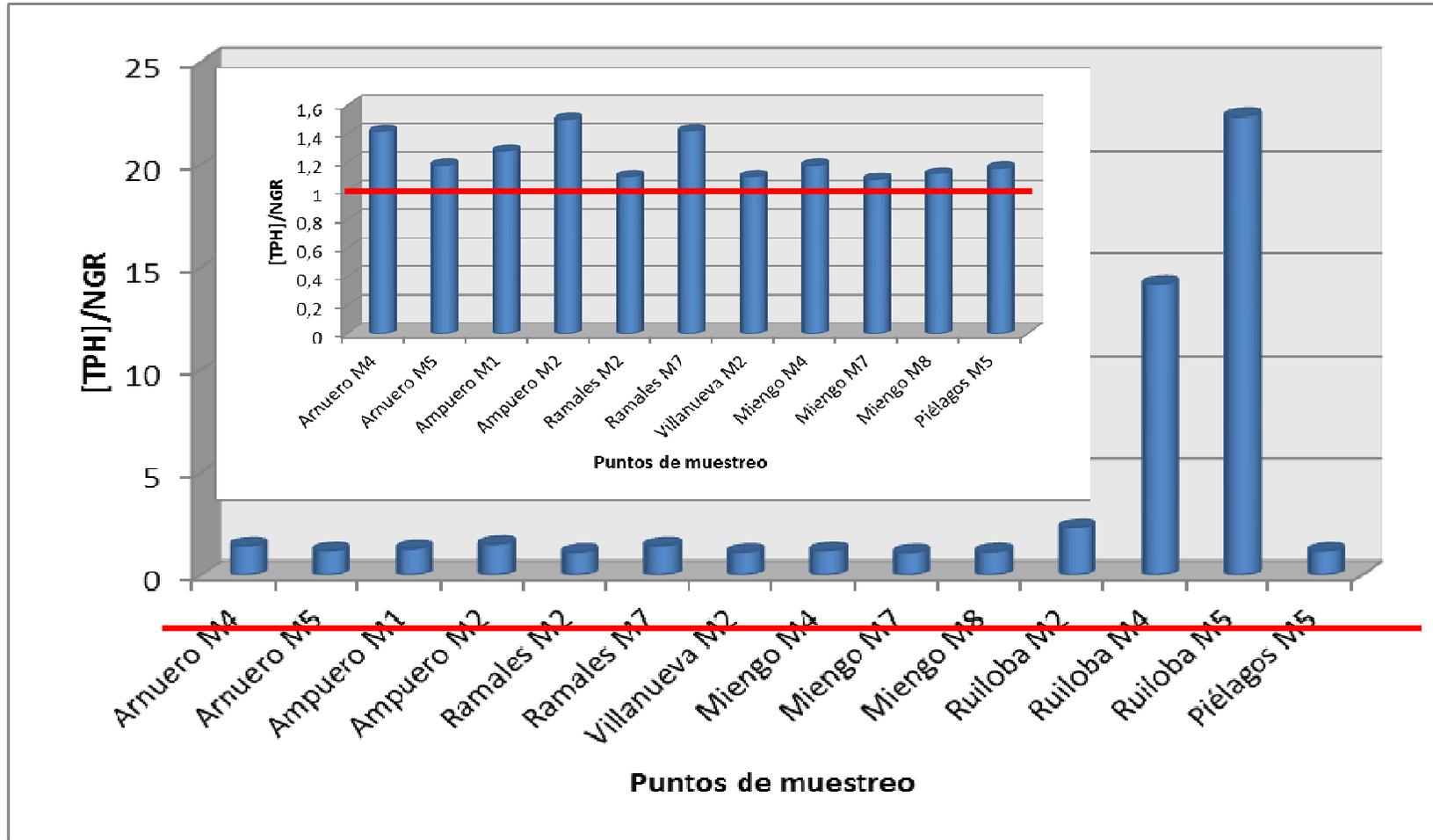


Figura 10. Representación del cociente entre $[TPH] / NGR$ para las muestras correspondientes a los emplazamientos estudiados.

5. CONCLUSIONES

El trabajo parte de unos antecedentes alcanzados en tareas anteriores dentro del proyecto “ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS A TRAVÉS DE LAS CARACTERIZACIÓN DE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES CARACTERÍSTICOS EN SUELOS Y SU TRANSPORTE A MEDIOS RECEPTORES” (276/PC08/2-01.2) financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y medio Rural y Marino . La primera tarea ya realizada fue la aplicación de un modelo conceptual de evaluación de riesgo basado en el PRA.MS, *“Preliminary Risk Assessment Model for the identification and assessment of problem areas for Soil contamination in Europe”*, elaborado por la Agencia Europea de Medio Ambiente, a partir del cual se pudieron seleccionar diferentes categorías de riesgos para cada emplazamiento. Su aplicación ha permitido identificar 8 emplazamientos con actividades de almacenamiento de hidrocarburos con elevado peligro potencial de causar contaminación off-site en suelos de zonas de especial protección en Cantabria (zonas ENP, LIC y ZEPA).que se encuentran a una distancia menor de 3.000 metros respecto al emplazamiento objeto de estudio.

- A partir de dichos antecedentes, se han desarrollado los esquemas de actuación pertinentes para poder obtener los puntos de muestreo más representativos para cada emplazamiento, centrándose básicamente en las vías de migración más probables para nuestro caso de estudio: suelos por contacto directo, aguas superficiales, y aguas subterráneas.
- Se ha planeado y ejecutado el muestreo de acuerdo a protocolo propio, obteniendo las muestras seleccionadas como representativas para cada emplazamiento, siendo almacenadas y tratadas correctamente de acuerdo con las normas existentes y con los diseños de muestreo programados.
- A partir de los resultados obtenidos se observa que en 7 de los 8 emplazamientos estudiados existe al menos un punto de muestreo que posee concentraciones de TPH superiores al Nivel Genérico de Referencia (50 mg/kg).
- El emplazamiento situado en Arnüero posee concentraciones de TPH 1,4 veces superiores al nivel de referencia se encuentra dentro del ENP “Parque Natural Marismas de Santoña, Victoria y Joyel”, por lo que se ha seleccionado este emplazamiento para un posterior estudio de exploración detallada.

- El emplazamiento situado en Ruiloba presenta muestras que superan muy ampliamente los valores NGR (hasta 20 veces), por lo que se ha seleccionado este emplazamiento para un posterior estudio de exploración detallada.
- Resulta necesario cuantificar las concentraciones de VOCs, especialmente las de aquellas sustancias que puedan causar un riesgo para la salud humana o los ecosistemas. Dichos valores cuantitativos deberían posteriormente compararse con los NGR establecidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino a través del proyecto 276/PC08/2-01.2.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation. Dutch Environment Ministry (2000).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica de Río de Janeiro (CDB) Naciones Unidas. Vol 1760, (226-253)
- Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.
- EEA Technical report "Towards an EEA Europe-wide assessment of areas under risk for soil contamination-Review and analysis of existing methodologies for preliminary risk assessment". (2005).
- IHOBE S.A.; Guía Metodológica para la investigación de la contaminación del suelo. Estudio Histórico y diseño de muestreo. Depósito legal: Bi-1687-98 (1998). Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- IHOBE S.A.; Guía Metodológica para la investigación de la contaminación del suelo. Toma de muestras. Depósito legal: Bi-1687-98 (1998). Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.

- IHOBE S.A.; Manual práctico para la investigación de la contaminación del suelo. Depósito legal: Bi-2015 -03 (2002). Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- IHOBE S.A.; Ley 1/2005 Para la prevención y corrección de la contaminación del suelo. Depósito legal: Bi-2027-06 (2006). Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- IHOBE S.A.; Guía técnica para la evaluación y gestión de la contaminación del suelo por tanques de almacenamiento subterráneo. Depósito legal: Bi-2027 -06 (2006). Gobierno Vasco. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- ISO 10381-1:2002, *Soil quality- Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes.*
- ISO 10381-5:2005, *Soil quality- Sampling – Part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination.*
- Ley 10/1998 de 21 de Abril, de residuos, BOE nº 96 de 22 de abril de 1998, pp 13372-13384.
- R. Ibáñez, J. Pinedo, P. Gómez and I. Ortiz. “Study of the environmental risk assessment of hydrocarbons storage activity through the characterization of presence of characteristics pollutants in soil and their transport to receptors in Cantabria Community /Spain”. Congreso: 11th International UFZ- Deltares/TNO Conference on Management of Soil, Groundwater and Sediment (ConSoil 2010) (22-24 Septiembre 2010)
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.