

# MODELO DE OFERTA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL (MORA)

Documento Metodológico



COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE  
DAÑOS MEDIOAMBIENTALES



## ÍNDICE

1.	Introducción.....	1
1.1.	Descripción del proyecto .....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.3.	Estructura .....	2
1.4.	Descripción del modelo económico .....	4
1.4.1.	Criterios de equivalencia definidos en la normativa .....	4
1.4.2.	Características de los criterios de equivalencia.....	6
1.4.3.	Comparativa práctica de los criterios de equivalencia.....	11
1.5.	Premisas para la valoración .....	14
2.	Caracterización de daños .....	15
2.1.	Identificación de los recursos naturales.....	15
2.1.1.	Caracterización del recurso agua .....	16
2.1.2.	Caracterización del lecho del mar y de las aguas continentales .....	19
2.1.3.	Caracterización del recurso suelo .....	19
2.1.4.	Caracterización del recurso ribera del mar y de las rías.....	20
2.1.5.	Caracterización del recurso hábitat .....	20
2.1.6.	Caracterización del recurso especies .....	23
2.2.	Identificación de los agentes causantes de daño .....	24
2.2.1.	Agentes químicos .....	25
2.2.2.	Agentes físicos .....	27
2.2.3.	Agentes biológicos.....	28
2.2.4.	Agente incendio .....	28
2.3.	Identificación de los grados de afección al medio .....	28
2.3.1.	Identificación de las afecciones a los recursos.....	28
2.3.2.	Criterio de equivalencia empleado en el modelo.....	33
2.3.3.	Grados de afección.....	34
2.4.	Identificación de las medidas de reparación.....	36

2.4.1.	Obligaciones de los operadores en cuanto a medidas de prevención, evitación y reparación .....	36
2.4.2.	Tipología de medidas consideradas en el modelo .....	37
2.4.3.	Medidas de evitación .....	38
2.4.4.	Medidas de reparación .....	38
3.	Selección de las técnicas de reparación .....	42
4.	Establecimiento de las funciones para el cálculo del valor de reposición.....	44
4.1.	Asignación de técnicas: Árbol de sucesos y parámetros que intervienen en el mismo .....	44
4.1.1.	Parámetros del modelo.....	44
4.1.2.	Árboles de sucesos .....	52
4.2.	Cálculo de la reparación compensatoria y complementaria .....	52
4.2.1.	El Análisis de Equivalencia de Recursos en MORA.....	53
4.2.2.	Metodología de aplicación del AER.....	55
5.	Procedimiento de valoración de daños .....	63
5.1.	Descripción del procedimiento .....	63
5.2.	Cálculo del valor de los daños.....	67
5.2.1.	Elaboración de presupuestos .....	67
5.2.2.	Coste de prevención y evitación .....	68
5.2.3.	Costes de las medidas reparadoras .....	68
5.3.	Fijación de la cuantía de la garantía financiera .....	70
6.	Análisis de incertidumbre .....	72
7.	Protocolo de actualizaciones .....	73
7.1.	Ajuste del modelo .....	73
7.2.	Actualización de la información de base .....	73
8.	Utilidades del modelo.....	74
9.	Conclusiones.....	75
10.	Bibliografía.....	76

# 1. Introducción

## 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental —en adelante LRMA—, regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y en su caso reparar, los posibles daños medioambientales que pudieran ocasionar en el desarrollo de sus actividades.

Esta Ley establece dos regímenes diferenciados de responsabilidad, según el operador se encuentre o no contenido en su Anexo III.

Los operadores citados en el Anexo III de la LRMA se encuentran sujetos a un régimen de responsabilidad objetiva; y por lo tanto, deben afrontar las tareas de prevención, evitación y reparación de sus posibles daños medioambientales independientemente de que exista o no dolo, culpa o negligencia.

Los restantes operadores se encuentran sujetos a un régimen de responsabilidad subjetiva, estando obligados a aplicar las medidas de prevención y evitación que corresponda, y las medidas de reparación siempre que exista dolo, culpa o negligencia.

En todo caso, la responsabilidad medioambiental es, además, una responsabilidad ilimitada, pues el contenido de la obligación de reparación que asume el operador responsable consiste en devolver los recursos naturales dañados a su estado original, sufragando el total de los costes a los que asciendan las correspondientes acciones preventivas o reparadoras.

Por lo tanto, el conocimiento del valor de los daños medioambientales que potencialmente puede ocasionar cada operador, se convierte en un aspecto crítico desde la entrada en vigor de la LRMA en abril de 2007.

Adicionalmente, la LRMA establece la obligatoriedad por parte de una serie de operadores contenidos en su Anexo III, de constituir una garantía financiera que les permita hacer frente a los costes de reparación de los eventuales daños medioambientales que pudieran ocasionar.

El Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) —elaborado en el seno de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM)—, pretende facilitar la tarea de los operadores a la hora de determinar el valor económico de sus potenciales daños medioambientales. Siendo una herramienta de valoración válida conforme a la metodología establecida tanto en la LRMA como en el Reglamento de desarrollo parcial de la LRMA.

El proyecto MORA aborda la tarea de calcular el valor de reposición de los recursos naturales cubiertos por la normativa de responsabilidad medioambiental: suelo, agua, hábitat, especies, y ribera del mar y de las rías, aplicando para ello métodos económicos basados en la curva de oferta. En este sentido, MORA analiza las distintas actuaciones que sería necesario implementar en cada una de las diferentes hipótesis de daños al medio ambiente, y valora sus correspondientes costes de reparación.

El proyecto considera una extensa gama de hipótesis de accidente y de medidas reparadoras con el fin de ofrecer una herramienta de asistencia integral para la monetización de los daños producidos al medio ambiente; si bien la valoración se desglosa según el tipo de medida a adoptar y el tipo de daño ocasionado.

## 1.2. OBJETIVOS

El proyecto MORA persigue el objetivo principal de estimar el orden de magnitud del coste de reposición —expresado en unidades monetarias—, de los recursos naturales cubiertos por la LRMA.

Este objetivo general puede desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la literatura científica y técnica disponible sobre reparación de daños medioambientales.
- Elaborar un catálogo de posibles técnicas, aplicables para la reposición de los recursos naturales cubiertos por la LRMA.
- Diseñar un mecanismo de selección de las mejores técnicas disponibles basado en los criterios establecidos por la normativa.
- Diseñar un modelo económico que aporte las herramientas necesarias para sistematizar la valoración de daños al medio ambiente, conforme a la normativa de responsabilidad medioambiental.

## 1.3. ESTRUCTURA

El proyecto se asienta en la normativa sobre responsabilidad medioambiental actualmente en vigor. En concreto, la base normativa es la siguiente:

- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (LRMA)
- Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental; en adelante, “el Reglamento”.
- Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

La estructura del proyecto se resume en los apartados:

### 1. Caracterización de daños

La metodología diseñada toma como punto de partida la caracterización de los elementos constitutivos del modelo: recursos naturales afectados, agentes causantes del daño, grado de afección a los recursos y medidas de reparación a aplicar.

#### 1.1. Identificación de los recursos naturales

Los elementos del modelo que actúan como receptores del daño son los recursos naturales cubiertos por la LRMA: agua, suelo, hábitat, especies silvestres, y ribera del mar y de las rías.

En este apartado se realiza un estudio detallado de los mismos, indicándose la información cartográfica recopilada y procesada para la caracterización de cada recurso.

### 1.2. Identificación de los agentes causantes del daño

Los elementos del modelo que degradan el estado original de los recursos naturales se denominan agentes causantes del daño. Éstos se han clasificado según grupos homogéneos cuyas características determinarán la forma de realizar la simulación de los accidentes medioambientales.

### 1.3. Identificación del grado de afección

La identificación del grado de afección de cada agente sobre cada recurso se realiza con un doble fin. Por un lado, sirve para establecer los recursos naturales a los que afecta cada agente de forma relevante; por otro, puede tomarse como base con el fin de establecer el tipo de equivalencia a la que se debe acudir para realizar la valoración de daños.

### 1.4. Identificación de las medidas reparadoras

Las medidas reparadoras tienen como principal objetivo subsanar el daño producido por un determinado accidente.

Dentro de éstas, las medidas de reparación primaria están encaminadas a aproximar lo máximo posible el recurso dañado a su estado original.

Con el fin de compensar a la sociedad por el tiempo que transcurre desde que se inicia la reparación primaria hasta que ésta surte efecto, la normativa prescribe la realización de medidas de reparación compensatoria.

Por último, las medidas de reparación complementaria se conciben como aquéllas que deben realizarse en caso de que el agente provoque un daño irreversible; esto es, siempre que no sea posible retornar el recurso a su estado original.

## 2. Selección de las técnicas de reparación

Las técnicas que sería necesario aplicar para llevar a cabo las medidas de reparación —primaria, compensatoria y complementaria—, dependen de tres factores: el agente causante del daño, el recurso afectado y las características del territorio donde se produce el daño.

### 2.1. Fuentes de información empleadas

En este punto se exponen los resultados obtenidos tanto de la revisión bibliográfica, como de las consultas realizadas a técnicos de las diferentes Administraciones Públicas expertos en la reparación de daños medioambientales.

### 2.2. Catálogo de técnicas de reparación

La información sobre las técnicas de recuperación se ha recopilado y organizado en función del recurso objeto de reparación, dando lugar a una base de datos en la cual se recogen las principales características de cada una de las técnicas consideradas en el modelo.

### 2.3. Procedimiento de selección de técnicas

El procedimiento seguido con el fin de seleccionar la técnica más adecuada para cada circunstancia —combinación de agente causante del daño, recurso afectado y las

características del territorio— sigue las indicaciones establecidas en el punto 1.3. del Anexo II de la LRMA.

### 3. Establecimiento de las funciones de cálculo del valor de reposición

En este apartado se concreta la metodología para el cálculo del coste de reposición conforme a las directrices marcadas por la normativa.

### 4. Procedimiento de valoración de daños

El procedimiento de valoración de daños adoptado en MORA se describe en un apartado específico, en el cual se enumera y detalla tanto la información a emplear como los pasos a seguir.

### 5. Análisis de incertidumbre

Con el fin de evaluar la sensibilidad del procedimiento de selección de técnicas y determinar la robustez del mismo, se ha realizado un estudio de sensibilidad pormenorizado del proceso.

### 6. Protocolo de actualización

Dado que el presente proyecto ofrece como resultado valoraciones teóricas —previas a que el daño ocurra— se ha definido un protocolo de actualización en el cual se indican los aspectos que deben ser objeto de seguimiento y actualización, así como el procedimiento para llevarlo a cabo a partir de los datos de accidentes reales que se vayan produciendo desde la publicación del proyecto.

## 1.4. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ECONÓMICO

### 1.4.1. CRITERIOS DE EQUIVALENCIA DEFINIDOS EN LA NORMATIVA

La existencia de un daño al medio ambiente plantea la cuestión de definir y dimensionar la reparación a adoptar. El objetivo consiste en indemnizar a la sociedad por el daño ocasionado. Para ello se debe diseñar una reparación en la cual se concrete qué, cómo y cuánto reparar; empleando para ello criterios de equivalencia.

En el Anexo II de la LRMA se prescribe el empleo preferente de los criterios de equivalencia del tipo recurso-recurso o servicio-servicio. Esta prescripción es objeto de desarrollo en el Anexo II del Reglamento, donde se establece la jerarquía de los criterios de equivalencia (Tabla 1).

Tabla 1. Preferencia de los criterios de equivalencia.

Preferencia	Criterio de equivalencia
1º	Recurso-recurso
1º	Servicio-servicio
2º	Valor-valor
3º	Valor-coste

Fuente: Anexo II del Reglamento.



La selección del criterio de equivalencia considera los siguientes factores:

- a. El tipo de los recursos naturales o servicios de los recursos naturales que se han perdido y los que se pueden ganar mediante la reparación.
- b. La calidad de los recursos naturales o servicios de los recursos naturales que se han perdido y los que se pueden ganar mediante la reparación.
- c. La posibilidad de utilizar la misma unidad de medida para estimar las pérdidas y las ganancias de los recursos naturales o de los servicios de los recursos naturales.
- d. El lugar donde se llevará a cabo la reparación.
- e. El coste de la reparación.

### **El criterio recurso-recurso**

Se trata del criterio preferente junto con el servicio-servicio, por lo que debe ser empleado salvo causa justificada.

Siguiendo este criterio, los recursos naturales dañados se valoran a partir del proyecto que proporciona recursos del mismo tipo, cantidad y calidad que los dañados.

En este caso, la unidad de medida utilizada para determinar los recursos naturales dañados y los que podrán obtenerse a través de la reparación es el propio recurso, al asumir que existe una sustitución plena entre una unidad de recurso dañada y la que puede obtenerse mediante la reparación.

Por lo tanto, el criterio de equivalencia recurso-recurso requiere que exista un grado de sustitución pleno entre el tipo y la calidad de los recursos naturales dañados y los que podrán obtenerse a través de la reparación complementaria o compensatoria.

### **El criterio servicio-servicio**

El criterio de equivalencia servicio-servicio valora los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a partir del proyecto que proporciona servicios del mismo tipo, cantidad y calidad, o calidad ajustable, que los dañados.

La unidad de medida utilizada para determinar los recursos naturales o servicios de los recursos naturales dañados y aquéllos que podrán obtenerse a través de la reparación, se expresa en relación con el volumen, la masa o la superficie del recurso afectado, y con un parámetro que represente la variación de la calidad o el nivel de provisión de servicios de dicho recurso en el tiempo. Asimismo, existe la posibilidad de realizar la medición en porcentaje de servicio dañado o en unidades de servicio perdido.

En este caso, la extensión dañada y la que es objeto de reparación pueden ser diferentes dado que la finalidad es ajustar el nivel de provisión o la diferencia de calidad de los servicios entre los recursos dañados y los que se generen a través de la reparación.

Para la aplicación del criterio servicio-servicio será necesaria, además de la información exigida para aplicar una equivalencia de tipo recurso-recurso, la relativa a la variación de la calidad o del nivel de provisión de servicios de los recursos dañados y de los que se podrán obtener a través de la reparación.

### **El criterio valor-valor**

El criterio valor-valor se define como la valoración monetaria en la que se asume que el valor social de los recursos naturales y los servicios de los recursos naturales dañados es equivalente al valor social de los beneficios ambientales de otros recursos o servicios generados a través del proyecto de reparación.

### **El criterio valor-coste**

El último orden de preferencia corresponde al criterio valor-coste, el cual consiste en una valoración monetaria que asume que el valor social del daño medioambiental equivale al coste del proyecto de reparación.

Conforme a lo dispuesto en la normativa, este criterio únicamente es aplicable en caso de que no sea posible estimar el valor social de los recursos naturales o los servicios de los recursos que podrán generarse a través del proyecto de reparación o cuando dicha valoración no pueda realizarse en un plazo o con unos costes razonables.

## **1.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CRITERIOS DE EQUIVALENCIA**

Como se ha indicado anteriormente, la normativa de responsabilidad medioambiental permite el empleo de cuatro tipos de criterios de equivalencia encaminados a determinar la reparación que debe corresponder a cada daño.

Estos criterios presentan características diferenciadas en cuanto a los siguientes aspectos:

### **1. Modelo económico**

#### **a) Modelos basados en la curva de demanda**

Los modelos económicos más usualmente empleados hasta la fecha para la valoración de los recursos naturales, se fundamentan en enfoques de demanda. Esto es, el estudio se realiza desde el punto de vista del consumidor o demandante de los bienes y servicios.

En esta línea de trabajo se enmarcó la “Valoración de los Activos Naturales de España” (VANE) realizada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) en el año 2010. Este proyecto ofreció como resultado la evaluación económica de una serie de servicios prestados por la naturaleza, siendo representados mediante coberturas digitales *raster* en las cuales se recoge el valor que cada servicio supone para la sociedad, expresado en euros por hectárea y año.

La función matemática objeto de análisis en este tipo de modelos es la curva de demanda, en la cual se representa el precio que estarían dispuestos a pagar los consumidores para cada cantidad de un determinado bien o servicio; o dicho de otra forma, representa las distintas cantidades de bienes o servicios que los consumidores estarían dispuestos a retirar del mercado para cada precio de los mismos.

Tradicionalmente los bienes y servicios se agrupan en dos categorías: públicos y privados.

Los bienes públicos son aquéllos que cumplen las dos condiciones siguientes:

- i) No existe rivalidad por su consumo. El bien puede aprovecharse por todos los individuos sin que el consumo por parte de uno de ellos afecte al consumo del bien por parte de los demás.

- ii) No puede limitarse el acceso de una persona al disfrute del mismo.

Un ejemplo de servicio público es la mitigación del efecto invernadero que realizan los bosques al fijar CO<sub>2</sub> atmosférico.

Por el contrario, los bienes privados son los que no tienen las características anteriores. Un ejemplo típico es una manzana. Si alguien la consume ya no puede ser utilizada por los demás, y se puede limitar el acceso a la manzana, por ejemplo, poniéndole precio —forma típica de limitar el acceso a los bienes en la llamada sociedad de mercado u occidental—.

Otra forma de clasificar los bienes es distinguir entre: bienes de uso y bienes de no-uso. Los primeros son aquellos que deben usarse para obtener la utilidad que producen. El bienestar que proporciona una puesta de sol —se trata de un bien público, ya que cumple claramente las dos características que definen este tipo de bienes—, no es posible obtenerlo si no se contempla. Por el contrario, existe otro tipo de bienes que producen bienestar sin que ni siquiera sea necesario utilizarlos; estos bienes son los de no-uso. Saber que existe una población de águila imperial produce bienestar a algunas personas sin que piensen usar en el futuro a esta especie —tampoco a través de su contemplación—. Sería, en cierta forma, un valor intrínseco de esta especie —su valor de existencia— y se justifica por motivos generalmente altruistas, JOHANSSON (1990).

En la naturaleza pueden existir bienes de uso, tanto públicos —uso recreativo— como privados —producción de materias primas—, así como bienes públicos de no uso —diversidad biológica—.

La importancia que la sociedad concede a cada tipo de bien es una función del incremento o detrimento del bienestar que éste le produce, por ello es importante contar con indicadores de la variación del bienestar.

Existen diversos indicadores cuantitativos que pueden tomarse como referencia con el fin de expresar la variación en el bienestar de la sociedad ante un cambio en los recursos naturales (AZQUETA, 1994). Los principales son los siguientes:

- Excedente del consumidor. El excedente del consumidor se define como la diferencia entre la cantidad que un consumidor estaría dispuesto a pagar por un bien y la que realmente paga. En el caso de que no exista precio de mercado —circunstancia usual en el medio natural—, la disposición a pagar del consumidor por un servicio ambiental es igual al excedente del consumidor.
- Variación compensatoria. La variación compensatoria viene dada por la cantidad monetaria que, ante un cambio producido, una persona debería pagar para que su nivel de bienestar permaneciera inalterable.
- Variación equivalente. La variación equivalente es la cantidad monetaria que se debería otorgar a una persona para que alcanzara el mismo nivel de bienestar en el que se encontraba previamente a ocurrir el cambio.

La cuantificación del bienestar producido por los recursos naturales se realiza empleando herramientas de análisis económico, concretadas en una serie de métodos de valoración.

A continuación se va a proceder a enumerar y describir brevemente los métodos de valoración económica, tanto los de bienes privados como los de bienes públicos —a pesar de que los primeros no son específicos de la economía ambiental— ya que ambos tipos de bienes se generan en los ecosistemas:

- Métodos para bienes privados

Los métodos de valoración de activos privados, según el esquema propuesto por BALLESTERO (1991), pueden resumirse en dos grupos. En el primero están los métodos que pretenden determinar los precios de mercado; en el segundo los que intentan estimar un valor para aplicarlo a una finalidad concreta.

1) Métodos que pretenden determinar el precio de mercado

- Sintéticos. Los valores de los activos con precio desconocido se calculan con los precios de otros activos conocidos por analogía de sus características.
- Analíticos. El valor de un activo se determina capitalizando la renta que genera. La tasa de descuento que se aplica para ello es una tasa financiera cuyo valor puede estimarse razonablemente por medio del mercado de capitales, ROMERO (1994).

2) Métodos finalistas y subjetivos

- Valor finalista de capitalización. Se trata de la misma técnica que en el método del valor analítico, pero en este caso la tasa no es de mercado.
- Valor-coste. Existen varias modalidades, pero en síntesis, se trata de valorar un activo en función del sacrificio realizado para obtenerlo.
- Valor de transformación. Si un activo puede transformarse en otro, su valor puede calcularse como el valor del activo final menos el coste de transformación.
- Valor de subrogación. Se asigna al activo que se quiere valorar el precio de mercado de otro activo, en el supuesto de que el primero pueda sustituir al segundo sin pérdida de eficacia económica.
- Valor complementario. Si se tiene un activo de valor A y se vende una parte por un precio B, el valor del activo que queda es la diferencia C ( $C=A-B$ ).
- Valor subjetivo. Es el precio que un operador otorga a un activo por puras razones de economicidad.

- Métodos para bienes públicos

En la literatura se describen cuatro tipos clásicos de métodos de valoración de activos públicos. Todos ellos tratan de estimar las rentas anuales y obtienen el valor por capitalización de las mismas. Tres de ellos son métodos indirectos o de preferencias reveladas, y el cuarto es un método directo o de preferencias declaradas.

- Método de los Costes de protección o Evitados/Inducidos. El deterioro de la calidad ambiental se valora por el coste que supone la protección adicional contra aquél. En caso de una mejora de la calidad, ésta se valora por el ahorro de los costes de protección necesarios.
- Método del Coste del Viaje. El método se basa en inferir la disposición a pagar (DAP) por acceder a un lugar, a partir de la observación de los costes de desplazamiento en los que incurrir los visitantes.

- Método de los Precios Hedónicos. Este método consiste en estimar el precio de un activo natural en función de los precios de los componentes que definen su atractivo.
- Método de la Valoración Contingente. Las diversas variedades de este método directo valoran la DAP, o la compensación exigida, preguntando directamente a los individuos. La variable de referencia es la DAP del conjunto de la población por mejorar o mantener un activo natural —alternativamente, la compensación exigida por permitir un deterioro, o pérdida del mismo—, estimada a partir de una encuesta a una muestra representativa de la población.

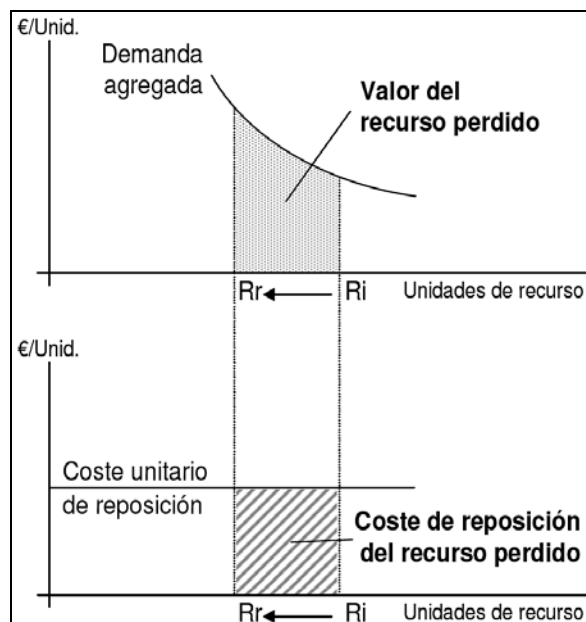
**b) Modelos basados en la curva de oferta**

El otro gran grupo de modelos son aquéllos que fundamentan la evaluación económica en el análisis de la curva de oferta.

Los modelos de oferta, a diferencia de los modelos de demanda, son independientes del punto de vista del consumidor —en concreto, del punto de vista de la sociedad afectada por la variación en la calidad de los recursos naturales—.

En la Figura 1 se muestra como la curva de demanda —gráfico superior— refleja la disposición a pagar de la sociedad por un determinado servicio, y cambia con la cantidad de servicio existente, aumentando cuanto menor es la cantidad de servicio disponible. Sin embargo, el coste de reposición —gráfico inferior— representa el coste de recuperar una unidad de recurso natural.

**Figura 1. Valoración del daño según el modelo de demanda y el modelo de oferta.**



Fuente: HAMPTON, S. y ZAFONTE, M., 2002.

Si se produce una pérdida de un determinado recurso —debida a un daño medioambiental, cuya cantidad inicial era  $R_i$ , de tal forma que la cantidad final del recurso sea  $R_r$ , el valor de la pérdida si se atiende a la función de demanda, vendrá representado por la variación del excedente del consumidor —el bienestar perdido—, que no es más que la superficie bajo la función de demanda limitada por  $R_i$  y  $R_r$  —superficie punteada en la Figura 1—. Sin embargo, si se optara por la función del coste de reposición, el valor de la pérdida sería el

resultado de multiplicar las unidades perdidas por el coste de recuperar una unidad, es decir la superficie bajo la línea del coste unitario de reposición limitada por  $R_i$  y  $R_r$  —superficie rayada en la Figura 1—.

Por lo tanto, en los modelos basados en la curva de oferta, la valoración económica del daño se realiza atendiendo a los costes que conlleva la recuperación efectiva de los recursos o los servicios afectados desde el estado dañado hasta su estado original.

## 2. Unidades de medida

Las unidades de medida empleadas en la valoración del daño pueden clasificarse en dos tipos según su naturaleza:

- Monetarias. Las unidades en las cuales se realiza la valoración tienen carácter monetario —euros, dólares, libras, etc.—.
- No monetarias. En este caso la valoración se realiza en unidades físicas de recurso —metros cúbicos, toneladas, hectáreas, etc.—, o en unidades de servicio prestado.

## 3. Recurso generado por la reparación

La LRMA establece como recursos naturales objeto de cobertura: las especies silvestres y los hábitats, el agua, la ribera del mar y de las rías y el suelo.

El recurso natural recuperado con motivo del proyecto de reparación difiere según el criterio de equivalencia empleado. De esta forma, en algunos casos se exige la recuperación plena en cuanto al tipo y la calidad del recurso afectado (recurso-recurso), mientras, existen otros criterios que no establecen este requerimiento (servicio-servicio, valor-valor y valor-coste).

## 4. Servicios generados

Los servicios ambientales, definidos en la LRMA, son las funciones que desempeñan los recursos naturales en beneficio de otro recurso natural o del público.

El proyecto de reparación proporcionará a la sociedad una serie de servicios ambientales. No obstante, dichos servicios no tienen por qué ser necesariamente los mismos que los que originalmente prestaba el recurso dañado, ya que dependiendo del criterio de equivalencia se permite que éstos se modifiquen.

## 5. Valor del recurso generado por la reparación

El valor social se define en el Reglamento como la expresión monetaria del bienestar o de la utilidad que generan los recursos naturales o los servicios ambientales que éstos prestan.

Al igual que en los casos anteriores, el valor del recurso original antes del daño y el del recurso final obtenido tras la reparación, no tiene que coincidir necesariamente, admitiéndose una modificación en dicho valor bajo determinados criterios de equivalencia.

## 6. Coste de reposición del recurso generado por la reparación

Los costes en los que se debe incurrir para resarcir a la sociedad por el daño medioambiental causado no tienen por qué ser iguales en todos los enfoques de equivalencia. De hecho, éstos dependen del criterio aplicado; teniendo prioridad, como se ha indicado, el tipo recurso-recurso y servicio-servicio.

### 1.4.3. COMPARATIVA PRÁCTICA DE LOS CRITERIOS DE EQUIVALENCIA

Atendiendo a las características descritas en el punto anterior, es posible realizar una descripción comparativa de cada uno de los criterios de equivalencia recogidos en el Reglamento. En la Tabla 2 se resumen las características correspondientes a cada criterio.

**Tabla 2. Comparativa entre los criterios de equivalencia.**

Criterio de equivalencia	Modelo	Unidades	Recurso generado	Servicio generado	Valor generado	Coste reparación
Recurso-recurso	Oferta	Físicas	Igual	Igual	Igual	Igual
Servicio-servicio	Oferta	Físicas	Diferente	Igual	Igual	Diferente
Valor-valor	Demanda	Monetarias	Diferente	Diferente	Igual	Diferente
Valor-coste	Demanda	Monetarias	Diferente	Diferente	Diferente	Diferente

Fuente: Elaboración propia a partir de REMEDE, 2008.

#### *Equivalencia recurso-recurso*

El criterio de equivalencia recurso-recurso se basa en modelos económicos de oferta, ya que persigue el objetivo de recuperar un recurso del mismo tipo y calidad que el dañado mediante la técnica reparadora que corresponda en cada caso.

Las unidades empleadas son de tipo físico. Esto es, tanto el daño ocasionado como la reparación generada en virtud del proyecto de reparación se miden en unidades físicas de recurso: toneladas, metros cúbicos, hectáreas, etc.

Dado que se recupera un recurso del mismo tipo y calidad que el original, se asume que se trata de recursos iguales, a efectos del modelo. Por lo tanto, los servicios prestados por el recurso generado y el recurso original son análogos, así como el valor social de los mismos. Igualmente ocurre con el coste de reposición, el cual dada la analogía entre recursos, puede considerarse similar, asumiéndose por lo tanto que cuesta la misma cantidad de dinero recuperar el recurso original que recuperar el nuevo recurso creado como fruto del proyecto de reparación.

A modo de ejemplo —simplificando y empleando datos ficticios— aplicando este tipo de criterio se obtendrían las siguientes equivalencias entre el daño ocasionado y la reparación a realizar:

Ej 1: En caso de dañar 1 tonelada de suelo, se debería recuperar 1 tonelada de suelo del mismo tipo y calidad.

Ej. 2: En caso de dañar 1 hectárea de pinar de pino silvestre de 20 años de edad, se debería recuperar 1 hectárea de pinar de pino silvestre de 20 años de edad.

#### *Equivalencia servicio-servicio*

El criterio de equivalencia servicio-servicio se basa en modelos económicos de oferta, ya que persigue el objetivo de recuperar los mismos servicios que proporcionaba originalmente el recurso dañado. Para ello deben conocerse y evaluarse tanto los servicios que proporcionaba el recurso previamente al daño, como los servicios que proporcionará el recurso generado tras la reparación. Una vez definidos el tipo y la cuantía del recurso a

generar, la valoración se realiza conforme a los costes que supone proporcionar dicho recurso, acudiendo por lo tanto a la curva de oferta que corresponda.

En este caso, el recurso generado no tiene que coincidir necesariamente con el recurso original, siendo suficiente con que los servicios prestados a la sociedad sean idénticos en ambos casos. Dado que se asume la igualdad de servicios, es posible asumir asimismo que dichos servicios serán igualmente valorados por la sociedad, o lo que es lo mismo, su valor es idéntico.

El coste de reparación del recurso original puede diferir del coste de proporcionar los nuevos servicios, ya que de hecho no es necesario que se trate del mismo recurso en cuanto a tipología y calidad, siendo suficiente únicamente con que los servicios suministrados sean iguales.

A continuación se ofrece un ejemplo —simplificado y con datos ficticios— de la aplicación del criterio de equivalencia servicio-servicio:

Ej 1: En caso de dañar 10 toneladas de suelo las cuales fijan anualmente 1 tonelada de CO<sub>2</sub>, se podría recuperar 1 hectárea de bosque que fija anualmente 1 tonelada de CO<sub>2</sub>.

Ej 2: En caso de dañar un río que atrae anualmente 500 pescadores, se podría realizar la recuperación de un humedal que atraerá anualmente 500 pescadores.

#### *Equivalencia valor-valor*

La equivalencia del tipo valor-valor supone un cambio de óptica respecto a las dos precedentes. En este caso se atiende a la curva de demanda de los bienes y servicios ambientales, con el fin de conocer el valor social tanto de los recursos dañados como de los recursos a generar como fruto de la reparación.

En el proceso de valoración ambiental pueden aplicarse los métodos tradicionalmente empleados por la economía, con el fin de determinar el valor social de los activos naturales. Estas técnicas de valoración son definidas en el Anexo II del Reglamento, como técnicas de valoración alternativas ya que son subsidiarias en relación con los criterios recurso-recurso y servicio-servicio.

Los métodos de valoración conducentes a determinar el valor social de los recursos naturales, especificados en el Anexo II del Reglamento, son los siguientes:

- Transferencia de resultados. El cual consiste en adaptar experiencias de valoración ya existentes al caso de estudio.
- Técnicas indirectas. Las técnicas de valoración indirecta o de preferencias reveladas permiten medir la importancia que se concede a la variación en la calidad de un determinado servicio ambiental, dependiendo de la relación entre los bienes y servicios ambientales objeto de valoración y otros bienes y servicios o insumos productivos que circulan en el mercado.
- Técnicas directas. Las técnicas de valoración directa o de preferencias declaradas buscan acceder al valor de los servicios ambientales cuando no es posible determinar la relación entre la valoración que hace una persona de un bien o servicio ambiental y el comportamiento en mercados reales de los bienes y servicios con los que está relacionado dicho bien o servicio. Estas técnicas consisten en preguntar



directamente a las personas afectadas, por el valor que otorgan a los cambios en su bienestar asociados a la modificación en las condiciones de oferta de un bien o servicio ambiental.

Conforme al criterio de equivalencia valor-valor será necesario determinar el valor de los recursos naturales dañados así como el valor de los recursos naturales que se generarán mediante el proyecto de reparación, empleando para ello las técnicas citadas anteriormente. El objetivo de este criterio es que se generen recursos que sean igualmente valorados por la sociedad en relación con los originales. De esta forma, las unidades de referencia serán monetarias.

Por otra parte, los recursos y los servicios reparados, así como su coste no tienen que ser necesariamente iguales entre el recurso original y el recurso generado. Siendo únicamente idéntico su valor social medido en unidades monetarias.

A continuación se expone un ejemplo —simplificado y con datos ficticios— de la aplicación del criterio de equivalencia valor-valor ante un daño medioambiental:

Ej 1: En caso de dañar un río cuyo valor social calculado mediante técnicas de valoración ambiental asciende a 1.000 €, la reparación podría consistir en recuperar un bosque cuyo valor social estimado mediante técnicas de valoración ambiental ascenderá a 1.000 €.

Ej 2: En caso de dañar un suelo cuyo valor social es de 500 €, la reparación podría consistir en recuperar una especie animal cuyo valor social ascienda a 500 €. Ambos datos de valor, de nuevo calculados a partir de técnicas de valoración ambiental.

### *Equivalencia valor-coste*

Se trata de un criterio similar al anterior. De nuevo se acude a un modelo económico de demanda, y por lo tanto a técnicas de valoración tradicionales —denominadas alternativas en el Reglamento—, con el fin de calcular el valor social otorgado a los recursos naturales afectados por el daño. Una vez se dispone del valor perdido, la equivalencia consiste en sufragar un proyecto de reparación cuyo coste total iguale el valor de lo dañado, independientemente del recurso que se vaya a generar fruto de la reparación.

Por lo tanto, en este caso al igual que el anterior las unidades de medida serán monetarias —tanto en la determinación del valor del recurso dañado como en la determinación del coste económico de la reparación—.

El recurso que se genere en la reparación no tiene que coincidir necesariamente con el dañado —de hecho, no coincide ni en tipo ni en calidad—. Asimismo los servicios suministrados originalmente y los recuperados pueden diferir, al igual que ocurre con su valor social. De hecho, en este tipo de equivalencia tampoco coincide el coste de reparación del recurso original con el coste de reparación del recurso generado, ya que la única identidad que se requiere es que el valor social del recurso original sea igual al coste de reparación del recurso generado.

Ejemplos —con datos ficticios— de aplicación simplificada del presente criterio de equivalencia son los siguientes:

Ej 1: En caso de un daño ocasionado a un bosque cuyo valor social, obtenido mediante técnicas de valoración ambiental, ascendiera a 10.000 €, la reparación

podría consistir en llevar a cabo un proyecto de recuperación de una turbera cuyo coste total ascendiera a 10.000 €.

Ej 2: En caso de dañar un suelo cuyo valor social ascendiera a 100.000 €, la reparación podría consistir en llevar a cabo un proyecto de recuperación del urogallo cuyo coste total ascendiera a 100.000 €.

## 1.5. PREMISAS PARA LA VALORACIÓN

Los procedimientos de valoración diseñados en MORA parten de una serie de premisas básicas con el fin de garantizar la coherencia global del proyecto, y la adecuación del mismo a los objetivos perseguidos. A continuación se exponen dichas premisas:

- Escala nacional. El ámbito de estudio es la totalidad del territorio nacional cubierto por la LRMA, incluyendo tanto la superficie terrestre como la marina.
- Coberturas digitales en formato *raster*. El formato en el que se realizan los procesos cartográficos de cálculo es *GRID ArcInfo* (ESRI). Siendo el tamaño de la celda de 1 ha, equivalente a 10.000 m<sup>2</sup>.
- Empleo de fuentes de información cartográfica y alfanumérica disponibles en la actualidad a nivel nacional. Identificadas las necesidades de información para la valoración de la reparación de los daños, se seleccionaron las fuentes que, con criterios técnicos, mejor se adecuan a los requerimientos del proyecto en cuanto a su contenido de información, escala, actualidad de los datos y coherencia e integridad para el conjunto del territorio.
- Valoración de los elementos representados en la cartografía. Son objeto de valoración económica los recursos naturales representados en la cartografía de referencia, atendiendo a las características recogidas en la misma.
- Precisión de los resultados. Si bien el objetivo de MORA es obtener únicamente el orden de magnitud del coste de reparación, el trabajo se ha desarrollado empleando céntimos de euro con el fin de mantener el nivel de detalle ofrecido por las bases de datos tomadas como referencia.
- Selección del coste máximo. Con criterio conservador, dada la finalidad principal del proyecto, consistente en realizar valoraciones *ex ante* de los daños medioambientales, en caso de que se dispusiera de varios costes para una misma técnica de reparación, se ha seleccionado el valor máximo. Con esta premisa se pretende ofrecer un resultado que adopte un valor mayor o igual al ocurrido en la situación real, si bien esta premisa de partida debe ser objeto de ajuste mediante un proceso de actualización de la herramienta MORA.
- Mecanismo de actualización. Dado el carácter teórico de la valoración realizada en MORA el modelo se plantea como una herramienta abierta, cuyos datos originales puedan ser ajustados a la realidad a partir de la aplicación práctica del modelo.

## 2. Caracterización de daños

Los elementos básicos que conforman el modelo son los siguientes:

1. Recursos naturales. Identificados como los elementos del modelo que reciben el daño medioambiental.
2. Agentes causantes de daño. Son los elementos del modelo que ocasionan el daño a los recursos naturales.
3. Medidas de reparación a aplicar. Son los elementos del modelo asociados a cada par agente-recurso que, teniendo en cuenta la combinación de parámetros del entorno —pendiente, permeabilidad, etc.—, tienen como fin subsanar el daño ocasionado.

### 2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

A efectos de la normativa de responsabilidad medioambiental son recursos naturales: las especies silvestres y los hábitats, el agua, el suelo, y la ribera del mar y de las rías. En MORA, además de los anteriores se ha diferenciado el lecho de las aguas superficiales dada la especificidad de sus técnicas de reparación.

En MORA, el agua, el lecho de las aguas superficiales, el suelo, y la ribera del mar y de las rías se consideran exclusivamente como biotopo, aportando por lo tanto el componente físico de los ecosistemas.

Por otro lado, los hábitats y las especies se consideran exclusivamente biocenosis —excluyendo en todo caso a las especies exóticas invasoras, las cuales no son objeto de valoración—. Los hábitats aportan los elementos vegetales del modelo, mientras que en el recurso especies se consideran incluidos tanto los animales como los vegetales. Con el fin de establecer una separación inequívoca entre los conceptos hábitat y especies y evitar solapes entre ambos, en el caso de la vegetación, únicamente se consideran como recurso especie aquellos elementos vegetales que se encuentren especialmente amenazados; los restantes elementos vegetales son objeto de reparación vía hábitat.

En caso de que en un mismo accidente medioambiental se dañen varios recursos, el modelo prescribe una medida de reparación para cada uno de ellos.

La Tabla 3 recoge la modelización realizada para cada uno de los recursos naturales.

**Tabla 3. Modelización de los recursos naturales.**

<b>Recurso natural</b>	<b>Modelización</b>
Agua	Biotopo
Lecho	Biotopo
Suelo	Biotopo
Ribera del mar y de las rías	Biotopo
Hábitat	Biocenosis (vegetal)
Especies vegetales	Biocenosis (vegetal)
Especies animales	Biocenosis (animal)

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO AGUA

El recurso natural agua viene definido en la LRMA como todas las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas, costeras y de transición definidas en el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio —RDL 1/2001—, así como los restantes elementos que forman parte del dominio público hidráulico.

De este modo el recurso agua cubierto expresamente por la LRMA incluye tanto las masas de agua continentales —superficiales y subterráneas—, como la fracción de las aguas marinas catalogadas como costeras y de transición. Si bien, a efectos del presente modelo, las aguas de transición se consideran incluidas en las aguas costeras y continentales, ya que se encuentran en la confluencia de ambas.

### 2.1.1.1. Caracterización del agua costera

Las aguas costeras se han identificado sobre la cartografía, como el territorio marino comprendido entre la traza distante una milla de la línea base y el borde terrestre del Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50). Tomando como referencia la cobertura digital que representa la línea de base conformada según lo dispuesto en la Ley 10/1977, de 4 de enero, sobre Mar Territorial y el Real Decreto 2510/1977, de 5 de agosto, sobre trazado de líneas de base rectas en desarrollo de la Ley 20/1967, de 8 de abril, sobre extensión de las aguas jurisdiccionales españolas a 12 millas, a efectos de pesca.

Las aguas costeras reciben la denominación de “agua marina” en el marco del proyecto MORA.

**Figura 2. Delimitación de las aguas costeras: línea de base marina.**



Fuente: Elaboración propia a partir de la Ley 10/1977 y el Real Decreto 2510/1977.

### 2.1.1.2. Caracterización del agua superficial continental

La localización de las masas de agua superficial se ha realizado atendiendo a las coberturas específicas de lagos, ríos y embalses facilitadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).

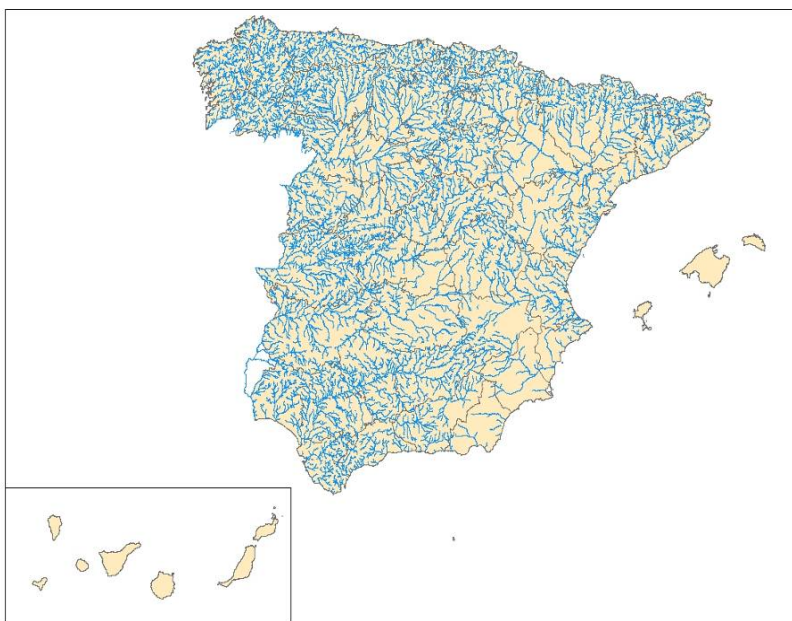
La Figura 3 representa los lagos y los embalses existentes en el territorio nacional, identificados en la cartografía temática del MAGRAMA; a su vez, en la Figura 4, se representa el mapa de corrientes de agua asimismo elaborado por el MAGRAMA.

**Figura 3. Lagos y embalses.**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**Figura 4. Ríos.**

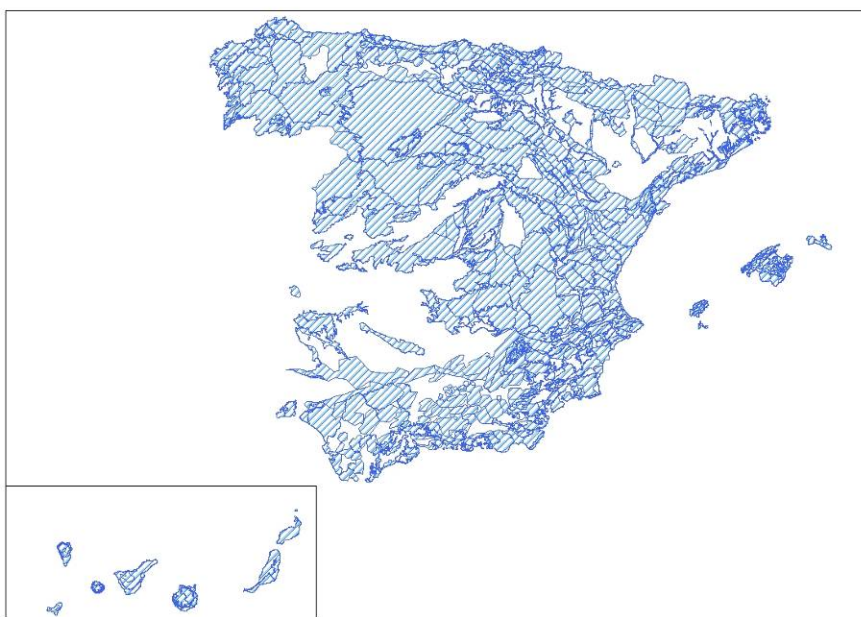


Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

### 2.1.1.3. Caracterización del agua subterránea

Las masas de agua subterránea se han identificado empleando la cobertura de localización de acuíferos elaborada por el MAGRAMA con motivo de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (Figura 5).

**Figura 5. Acuíferos.**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

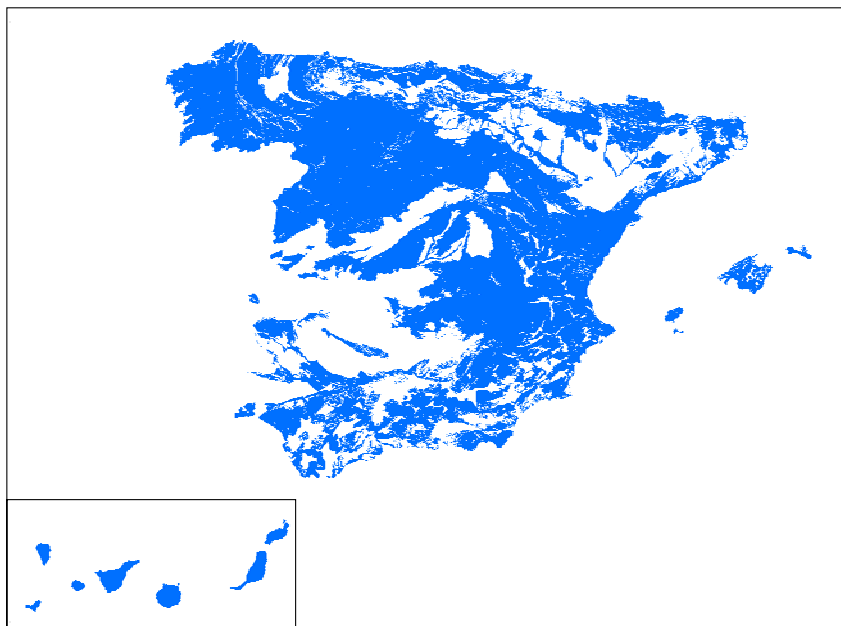
Combinando el mapa de localización de acuíferos con la cobertura de permeabilidades 1:200.000 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y el Instituto Geológico y Minero (MAGRAMA; IGME), se ha realizado un mapa específico en el que se representan las zonas en las que se considera que existe riesgo de daño al acuífero. Entendiéndose como tales aquellas regiones en las cuales existe un acuífero, y al mismo tiempo el suelo es relativamente permeable. La Tabla 4 recoge la reclasificación realizada sobre el Mapa de Permeabilidades con el fin de establecer las zonas de riesgo. A su vez, en la Figura 6 se representa la cartografía de dichas zonas de riesgo obtenidas mediante la combinación de la permeabilidad del suelo con la existencia de acuíferos.

**Tabla 4. Zonas de riesgo de daños a los acuíferos en función de la permeabilidad.**

Código	Permeabilidad	Riesgo sobre el acuífero
1	Muy Baja	Sin riesgo
2	Baja	Con riesgo
3	Media	Con riesgo
4	Alta	Con riesgo
5	Muy Alta	Con riesgo

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Permeabilidades 1:200.000. MAGRAMA; IGME.

**Figura 6. Zonas con riesgo de daño al acuífero.**



Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Permeabilidades 1:200.000 (MAGRAMA; IGME) y del Mapa de masas de agua subterránea (MAGRAMA).

### **2.1.2. CARACTERIZACIÓN DEL LECHO DEL MAR Y DE LAS AGUAS CONTINENTALES**

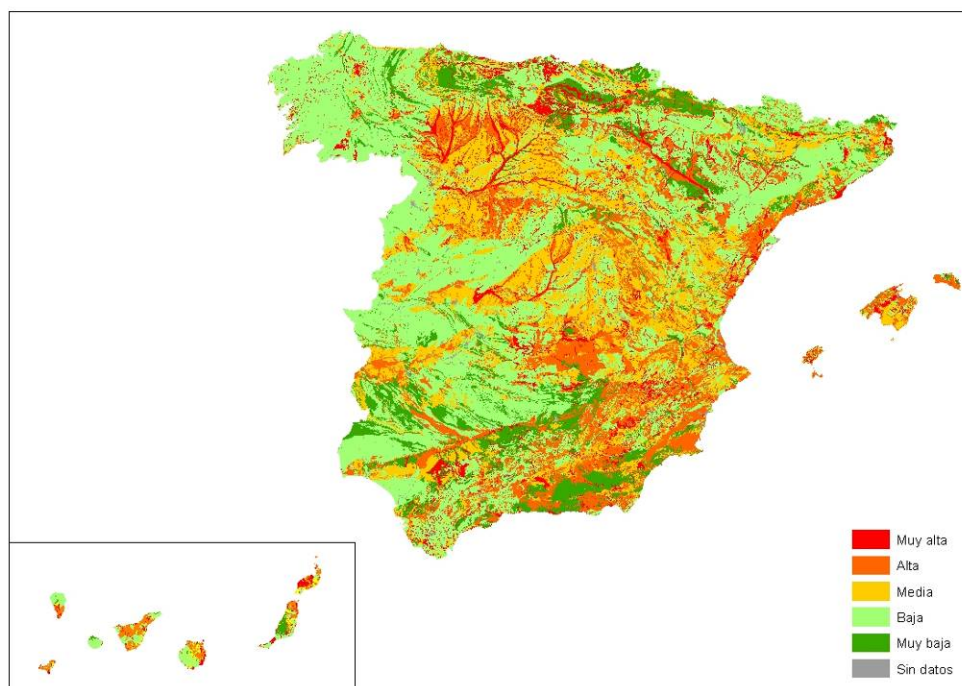
Si bien el lecho de las aguas marinas y continentales se encontraría cubierto por la LRMA como recurso agua, de cara a la valoración realizada en MORA este elemento se considera como un recurso concreto atendiendo a la especificidad de sus técnicas reparadoras.

La localización de los lechos se encuentra definida por la localización del agua costera —lecho marino— y la localización del agua superficial continental —lagos, embalses y ríos—.

### **2.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SUELO**

El recurso suelo se ha caracterizado mediante el mapa litoestratigráfico y de permeabilidades de España 1:200.000 (Figura 7), el cual ofrece información de las diferentes litologías, así como de la permeabilidad del suelo clasificada en: muy alta, alta, media, baja y muy baja.

Figura 7. Mapa de permeabilidades 1:200.000.



Fuente: Instituto Geológico y Minero de España (MAGRAMA; IGME).

#### 2.1.4. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO RIBERA DEL MAR Y DE LAS RÍAS

Atendiendo a la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas la ribera del mar y de las rías incluye:

- La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos o, cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.

Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar.

- Las playas o zonas de depósito de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas, tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marino, u otras causas naturales o artificiales.

#### 2.1.5. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÁBITAT

En el ámbito del proyecto MORA se entiende por recurso hábitat a los espacios naturales protegidos, la Red Natura 2000 y a los hábitats prioritarios.

No obstante, dado que conforme a lo indicado en el apartado de caracterización del recurso especies, la totalidad de las especies silvestres son consideradas objeto de cobertura por la LRMA, en cierto sentido la totalidad de los hábitats deben considerarse protegidos a efectos

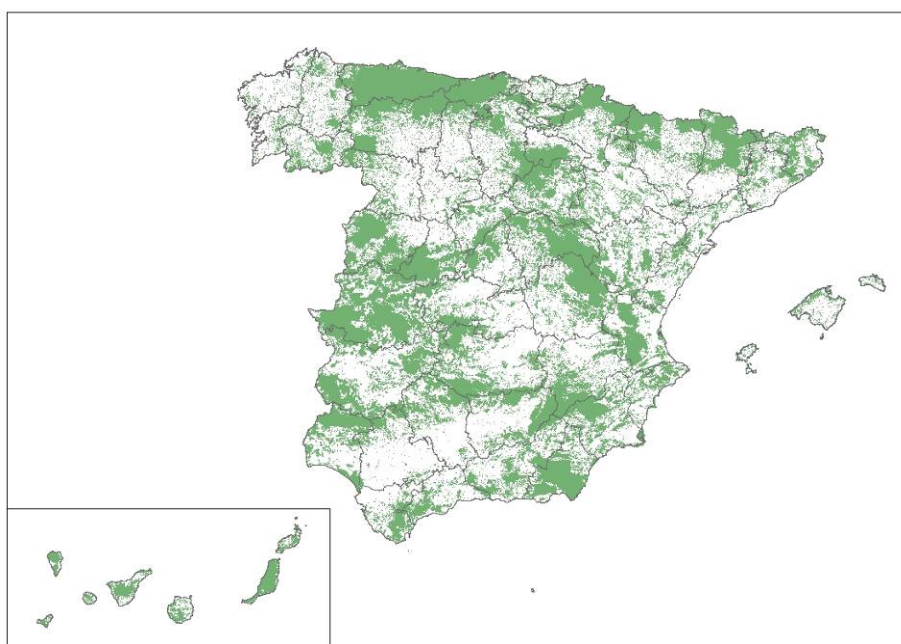


de la LRMA. Esto es, no se considera factible retornar una especie a su estado básico, si el hábitat que la sustenta no se encuentra a su vez en su correspondiente estado básico. De esta forma, la recuperación de una especie conlleva la recuperación, en caso necesario, de su hábitat.

La totalidad de los hábitats se caracterizan a través de la cobertura de Hábitat Prioritarios elaborada por el MAGRAMA, en la cual se indican los tipos de hábitat existentes en el territorio nacional, y a través del Mapa Forestal de España, en el cual se recogen las características de la vegetación forestal a escala 1:50.000; así como la distinción por usos del suelo —tipos estructurales—.

El aspecto de la cobertura digital de hábitats prioritarios se muestra en la Figura 8.

**Figura 8. Hábitat prioritarios.**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

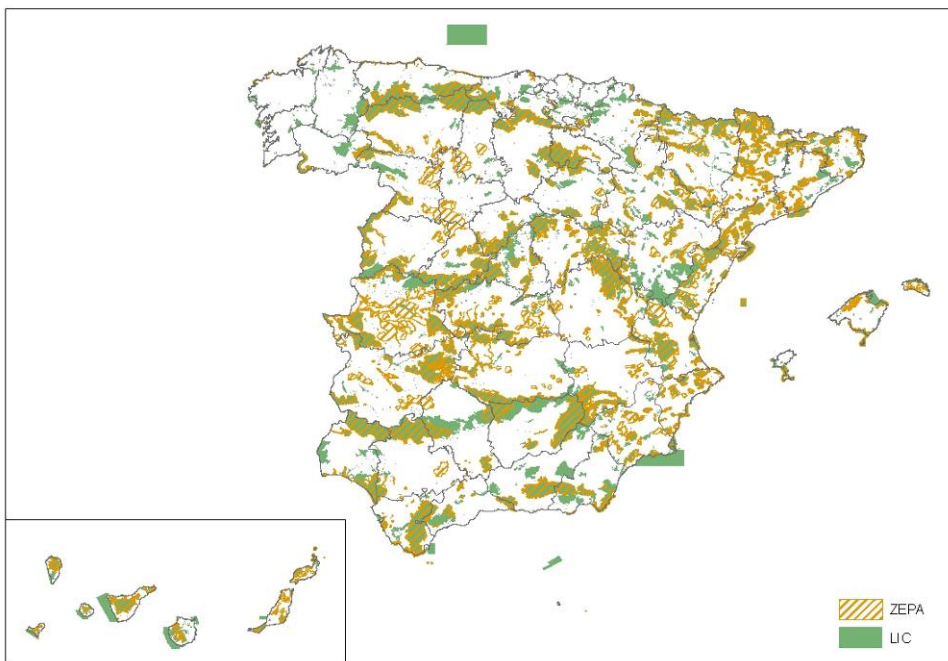
La cobertura de Espacios Naturales Protegidos (Figura 9) y de la Red Natura 2000, tanto de los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) como de las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), ofrecen la localización geográfica de estos espacios protegidos.

**Figura 9. Espacios Naturales Protegidos.**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

**Figura 10. Espacios Red Natura 2000.**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

La vegetación agrícola se considera que podría encontrarse cubierta por la LRMA, siempre y cuando se trate de un bien público con una clara función ambiental. A modo de ejemplo pueden citarse las siembras realizadas por las Administraciones Públicas en

espacios protegidos —o fuera de ellos—, con el fin de servir como alimento y/o cobijo a las especies silvestres.

### 2.1.6. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO ESPECIES

Tomando como referencia el amplio marco de protección establecido por la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se consideran objeto de cobertura por la LRMA la totalidad de las especies silvestres. Motivo por el cual en el ámbito del proyecto MORA se analizan todas las especies silvestres existentes en el territorio nacional.

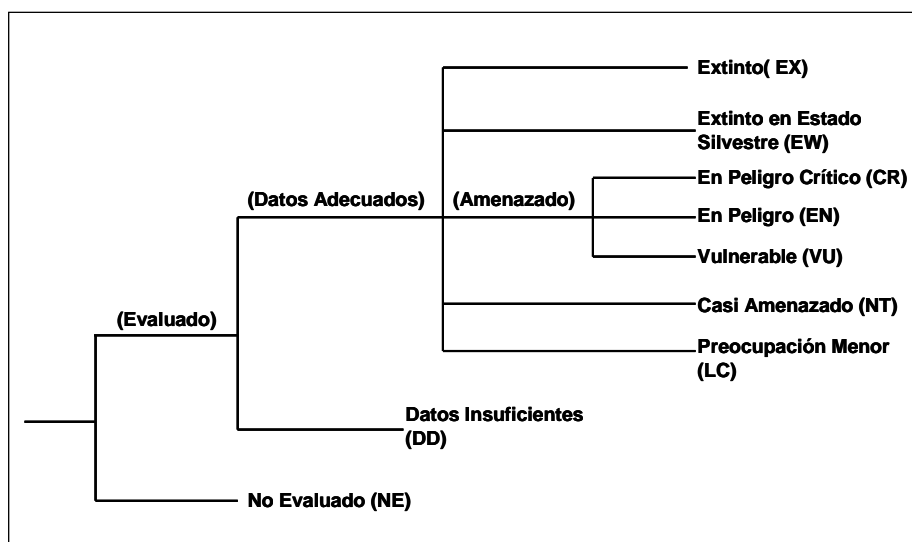
Por grupos de especies, los animales invertebrados no son objeto de tratamiento específico en el presente modelo. Esta decisión se fundamenta en los siguientes argumentos:

- Por un lado, podría asumirse que estas especies se recuperan en un plazo de tiempo razonable una vez que el biotopo y el hábitat en el que viven se encuentre en buenas condiciones
- En las fuentes consultadas no se han encontrado técnicas específicas que se estén aplicando en la actualidad con el fin de recuperar estos recursos naturales, por lo que no se dispone de información sobre costes y tiempos de reparación

Con el fin de localizar las especies silvestres existentes en el territorio nacional se ha empleado el Inventario Nacional de Biodiversidad (INB) publicado por el MAGRAMA. En dicho inventario se recogen las especies animales y vegetales presentes en el territorio, mediante cuadrículas de 10x10 km. Si bien a efectos del presente modelo, únicamente se consideran las especies animales, dado que las vegetales son objeto de restauración como un elemento integrante del recurso hábitat, evitando así la posibilidad de solapes con la información contenida en el MFE50. No obstante, en caso de conocerse la localización exacta de un determinado vegetal amenazado, éste podría ser objeto de una valoración específica ya que MORA admite esta posibilidad.

En el INB se indica la categoría de amenaza en la que se encuentra cada especie según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN (Figura 11).

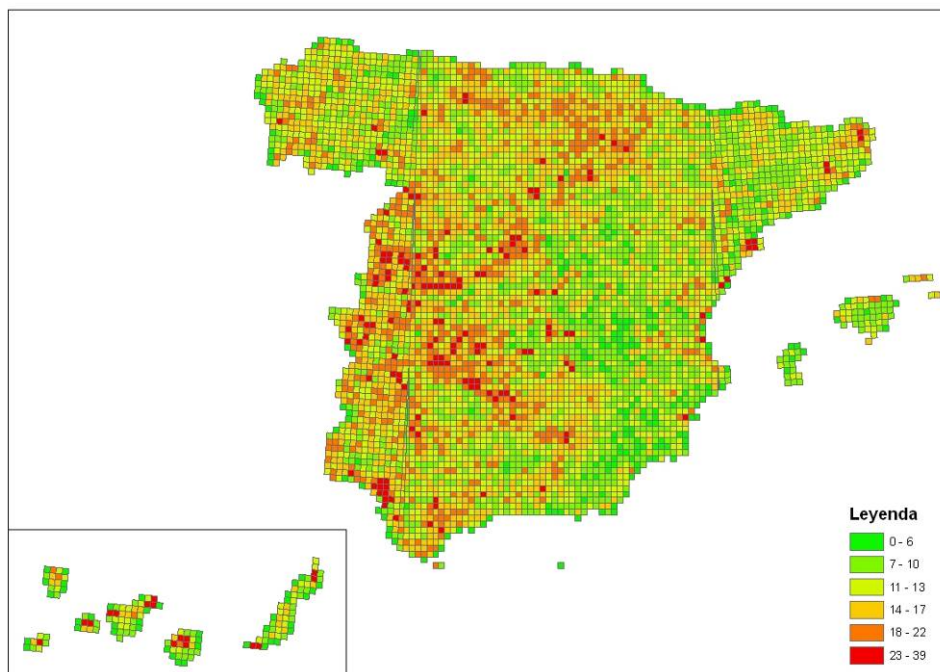
Figura 11. Categorías de protección distinguidas por la UICN.



Fuente: Categorías y Criterios de la Lista Roja (UICN, 2001).

A modo de ejemplo acerca de la información cartográfica publicada en el INB, la Figura 12 muestra el número de especies amenazadas —en peligro crítico, en peligro y vulnerables— existentes en cada recinto del territorio nacional.

**Figura 12. Presencia de especies amenazadas.**



Fuente: Elaboración propia a partir del INB.

## 2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES CAUSANTES DE DAÑO

El Reglamento, en su artículo 8, establece tres grandes grupos de agentes causantes de daño —físicos, químicos y biológicos—. En el presente modelo, además de estos tres, se añade el incendio como un agente diferenciado, dada la elevada especificidad de su técnica reparadora —si bien, podría considerarse como una combinación de agentes físicos y químicos—.

Por lo tanto, de cara al modelo los 4 grupos principales de agentes causantes de daño son los siguientes:

- a) Químicos: vertido, derrame, impregnación, etc.
- b) Físicos: extracción, desaparición, captación, represamiento, secuestro, etc.
- c) Biológicos: organismos modificados genéticamente, microorganismos patógenos y especies exóticas invasoras.
- d) Incendios.

## 2.2.1. AGENTES QUÍMICOS

Conforme a lo establecido en el artículo 8 del Reglamento, se define agente químico como la liberación de una sustancia en una concentración superior al umbral de toxicidad de dicha sustancia en determinado medio receptor.

Como información básica para la caracterización e identificación de los agentes químicos causantes de daño se ha tomado la información publicada por la *Federal Remediation Technologies Roundtable* (FRTR)<sup>1</sup>.

La FRTR es un organismo estadounidense creado en 1990, en el cual se encuentran representadas las agencias federales involucradas en la reparación del medio natural.

La información publicada por la FRTR es ampliamente citada y reconocida en la bibliografía especializada, tanto a nivel internacional —EPA (2007)—, como a nivel nacional —CONDE (2000), KAIFER *et al.* (2004), ORTIZ *et al.* (2007)—, por lo que se considera una referencia adecuada para el presente modelo.

Indicar en este apartado, que, si bien el aire —y la atmósfera— no son recursos naturales cubiertos por la LRMA, sí quedan incluidos en la definición de daño aquellos daños medioambientales que hayan sido ocasionados por los elementos transportados por el aire (art. 2 LRMA). Por lo tanto, en caso de que las sustancias químicas que formen una nube tóxica afecten a alguno de los receptores cubiertos por la LRMA, los daños deben ser evaluados conforme establece la misma.

Los agentes químicos básicos considerados relevantes por la FRTR, a la hora de determinar la técnica de recuperación que debe aplicarse en cada caso, son los siguientes<sup>2</sup>:

**a) Compuestos orgánicos volátiles no halogenados (COV no halogenados).**

Son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, azufre o nitrógeno. Pueden tener origen natural o antropogénico.

**b) Compuestos orgánicos volátiles halogenados (COV halogenados).**

Al igual que los anteriores, los compuestos orgánicos volátiles son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. A diferencia de los COV no halogenados éstos presentan en sus cadenas elementos halógenos —flúor, cloro, bromo o yodo—. Pueden, a su vez, tener origen natural o antropogénico.

**c) Compuestos semivolátiles no halogenados (COSV no halogenados).**

Son compuestos orgánicos que, según la temperatura, pueden encontrarse en forma gaseosa, líquida o sólida. Se producen en la combustión incompleta de materia orgánica o

---

<sup>1</sup> [www.frtr.gov](http://www.frtr.gov)

<sup>2</sup> <http://www.frtr.gov/scrntools.htm>

combustibles fósiles. Los compuestos más representativos de este grupo son los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH) y algunos pesticidas.

**d) Compuestos semivolátiles halogenados (COSV halogenados).**

Son compuestos orgánicos que, según la temperatura, pueden encontrarse en forma gaseosa, líquida o sólida. A diferencia de los COSV no halogenados, éstos llevan en su composición algún elemento halógeno —flúor, cloro, bromo o yodo—. Los compuestos más representativos de este grupo son los policlorobifenilos (PCB), los pentaclorofenoles (PCP) y algunos pesticidas.

**e) Fieles y compuestos orgánicos no volátiles (CONV).**

En el ámbito de MORA se consideran fieles los compuestos orgánicos densos, generalmente no halogenados, que provienen del refinó o destilación del petróleo.

Adicionalmente se incluyen en esta categoría los compuestos orgánicos no incluidos expresamente en las categorías anteriores —compuestos orgánicos no volátiles—.

**f) Sustancias inorgánicas.**

Son los compuestos en los que el carbono no es el componente principal. Este grupo lo integran esencialmente los metales y otros compuestos como asbestos, cianidas y fluorinas. Suelen ser compuestos no volátiles y relativamente poco solubles en agua. A diferencia de los compuestos orgánicos, los inorgánicos no se degradan fácilmente y son más difíciles de eliminar.

**g) Explosivos.**

Son sustancias que al presentarse en cantidades suficientes y estar expuestas a estímulos como el calor, el choque, la fricción, la incompatibilidad química o la descarga electrostática se transforman en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve. Existen muchos tipos de explosivos y se pueden distinguir por su naturaleza explosiva —deflagrantes o detonantes—, por su sensibilidad —primarios, secundarios o terciarios—, por su utilización —iniciador, carga o multiplicador— o por el contenido de la mezcla —dinamitas, hidrogeles, emulsiones, base trilita o ligante plástico—.

Para discernir en cual de los grupos anteriores se encuentra un compuesto, se debe atender a su punto ebullición conforme se indica en la Tabla 5.

**Tabla 5. Clasificación de los compuestos orgánicos según el punto de ebullición.**

Clase	Punto ebullición (°C)
Volátiles	<100
Semivolátiles	100-325
No volátiles	>325

Fuente: *Environmental Protection Agency* (EPA).

El modelo de valoración se fundamenta en el análisis de cada uno de los agentes, con el fin de seleccionar las técnicas de reparación más adecuadas.

De cara al establecimiento del tipo de medidas a aplicar —primaria, compensatoria o complementaria— y las técnicas de reparación a aplicar, se hace necesario que el operador indique si la sustancia química liberada es biodegradable o no biodegradable.

## 2.2.2. AGENTES FÍSICOS

El artículo 8 del Reglamento, define los agentes físicos como aquellos que hacen referencia al exceso o defecto de una sustancia que no tiene asociado un nivel de toxicidad, tales como el agua, los residuos inertes, la tierra, la temperatura o los campos electromagnéticos.

Tomando como referencia dicha definición, en el presente modelo se han analizado los siguientes daños físicos:

- a) Extracción, desaparición, captación o secuestro de recursos

Bajo esta tipología se engloban el conjunto de agentes que pueden conllevar el traslado de recursos desde su lugar de origen a otro lugar diferente, el almacenamiento o represamiento de recursos, y la desaparición total de recursos.

- b) Vertido de residuos inertes

Conforme al artículo 2 del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, se entiende por residuos inertes aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

- c) Cambios en la temperatura

A efectos del presente modelo se consideran daños por cambio de temperatura, aquellos producidos por una modificación en el nivel de calor en el cual se encuentran originalmente los recursos naturales. En concreto, se analizan los daños ocasionados por fuertes incrementos en la temperatura debidos a vertidos de agua caliente.

- d) Campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos son una combinación de campos de fuerza invisibles eléctricos y magnéticos. Se generan mediante fenómenos naturales y actividades humanas, principalmente con el uso de la electricidad.

Si bien los campos electromagnéticos son un agente causante de daño citado en el artículo 8 del Reglamento, según la bibliografía consultada no se dispone de datos suficientes para realizar una evaluación económica de su efecto sobre los recursos naturales cubiertos por la LRMA.

En concreto, en el informe sobre «Posibles efectos de los campos electromagnéticos (CEM) en la salud humana» emitido en 2007<sup>3</sup>, el Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (CCRSERI) dependiente de la Unión Europea,

---

<sup>3</sup> <http://ec.europa.eu/health/opinions2/es/campos-electromagneticos/index.htm#10>

evalúa que no existen datos suficientes que demuestren que la exposición a campos de radiofrecuencia aumente el riesgo de sufrir determinadas enfermedades en seres humanos. En el caso del medio natural la incertidumbre es aún más elevada, ya que como se ha indicado anteriormente, no se han encontrado informes o estudios previos que ofrezcan los datos cuantitativos necesarios de cara a abordar la valoración de sus posibles daños.

### **2.2.3. AGENTES BIOLÓGICOS**

Los agentes biológicos especificados en el artículo 8 del Reglamento son los organismos modificados genéticamente, las especies exóticas invasoras y los microorganismos patógenos.

En el presente modelo los microorganismos patógenos se han dividido en dos categorías atendiendo al recurso natural afectado y a las técnicas empleadas para su recuperación. De esta forma, los agentes biológicos considerados son: los organismos modificados genéticamente, las especies exóticas invasoras, los virus, bacterias y protozoos, y los hongos e insectos.

Si bien, los hongos siguiendo un criterio biológico formarían parte de los microorganismos, por cuestiones prácticas se han desagregado en un grupo junto con los insectos, ya que su afección se produce principalmente sobre los vegetales y su tratamiento sanitario es similar. En caso de detectarse afecciones significativas por hongos sobre animales, el usuario de MORA deberá asimilar este daño a los daños por virus, bacterias y protozoos; asimismo, un daño significativo por virus sobre vegetales se podría valorar en MORA de forma similar a un daño por hongos.

Por tanto, se ha realizado el siguiente desglose de los agentes biológicos, con el fin de seleccionar la correspondiente técnica de reparación:

1. Organismos modificados genéticamente (OMG)
2. Especies exóticas invasoras
3. Virus, bacterias y protozoos
4. Hongos e insectos

### **2.2.4. AGENTE INCENDIO**

Como se ha indicado previamente, el incendio podría ser entendido como una combinación de agentes físicos y químicos. Sin embargo, dada su especificidad, de cara al modelo se ha analizado como un agente individualizado.

En cuanto a las explosiones, en caso de que produzcan una desaparición total de los recursos se actuaría según lo dispuesto para los daños por extracción o desaparición. En caso de que la explosión genere un incendio el daño se trataría como un incendio.

## **2.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS GRADOS DE AFECCIÓN AL MEDIO**

---

### **2.3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS AFECCIONES A LOS RECURSOS**

Tomando como base la identificación de los recursos naturales cubiertos por la LRMA, y la identificación de los agentes que pueden causar daño sobre los mismos, se ha elaborado



una matriz de doble entrada en la cual se indica el recurso o recursos, que potencialmente podrían verse afectados en función del tipo de agente liberado (Tabla 6). Esta matriz tiene la condición de básica. Esto es, se ha construido con el fin de recoger las principales afecciones en el ámbito de la LRMA, si bien la metodología MORA dispone de datos suficientes para que el operador introduzca otras combinaciones no indicadas expresamente en dicha matriz.

**Tabla 6. Matriz de afecciones básicas consideradas en MORA.**

		Recurso												
		Agua			Lecho de aguas continentales	Lecho del mar	Suelo	Riberas del mar y de las rías	Hábitat (especies vegetales no amenazadas)	Especies				
		Marina	Continental							Vegetales amenazadas	Animales			
			Superficial	Subterránea			Amenazadas	No amenazadas						
Agente causante de daño	Químico	COV halogenados	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
		COV no halogenados	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
		COSV halogenados	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
		COSV no halogenados	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
		Fueles y CONV	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Sustancias inorgánicas		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
		Explosivos		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Físico	Extracción/Desaparición		X	X			X		X	X	X	X	
		Vertido de inertes				X	X	X						
		Temperatura		X				X		X	X	X	X	
	Biológico	Incendio								X	X	X	X	
		OMG								X	X	X	X	
		Especies exóticas								X	X	X	X	
		Virus y bacterias										X	X	
		Hongos e insectos								X	X			

COV, compuestos orgánicos volátiles (punto de ebullición <100°C)  
 COSV, compuestos orgánicos semivolátiles (punto de ebullición entre 100-325°C)  
 CONV, compuestos orgánicos no volátiles (punto de ebullición>325°C)  
 OMG, organismos modificados genéticamente

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se exponen los criterios seguidos en el diseño de la matriz, así como las combinaciones agente-recurso que el operador puede introducir de forma adicional a las facilitadas por MORA —básicamente el procedimiento sugerido para este fin consiste en evaluar una combinación no recogida expresamente en MORA a través de otra combinación similar que sí aparezca en la matriz—.

**Afecciones de los agentes químicos volátiles (COV y COSV)**

Con carácter general se considera que los agentes químicos —liberados por vertidos, derrames, nubes tóxicas, etc.— pueden afectar potencialmente a todos los recursos cubiertos por la LRMA. No obstante, dada la relativamente elevada volatilidad de los COV y COSV, en MORA se asume que ninguna de estas categorías de sustancias químicas sería susceptible de alcanzar el lecho de las aguas marinas o de las aguas continentales.

### ***Afecciones de los agentes químicos no volátiles (Fueles y CONV)***

A diferencia de la clase anterior, en MORA se considera que los agentes químicos orgánicos poco volátiles —los fueles y los CONV— pueden alcanzar el fondo de las aguas superficiales, pudiendo afectar por lo tanto a los lechos de las aguas marinas y continentales además de al resto de recursos naturales cubiertos por la LRMA.

### ***Afecciones de los agentes químicos inorgánicos y explosivos***

En MORA se considera que los agentes químicos inorgánicos y explosivos podrían afectar potencialmente a la totalidad de los recursos naturales cubiertos por la LRMA. No obstante, se ha prescindido de incluir en el modelo la afección a dos recursos ante las carencias de información sobre técnicas de reparación específicas a aplicar. Se trata de la afección al agua marina y a la ribera del mar y de las rías.

En caso de que el operador desee evaluar estas afecciones se sugiere el siguiente el procedimiento:

- Afección por sustancias inorgánicas y/o explosivos al agua marina.

En este caso deberá analizarse la posibilidad de que el vertido se disuelva en el mar llegando a concentraciones situadas por debajo del umbral de toxicidad de la sustancia. Si la concentración no es tóxica el daño podría declararse no significativo.

Adicionalmente, si se alcanzaran concentraciones no tóxicas es un periodo razonable de tiempo podría plantearse una recuperación natural del daño.

Otra opción consiste en analizar si la sustancia quedaría depositada en el fondo marino para, en caso afirmativo, proceder a la evaluación del daño como un daño al lecho.

La adopción de cualquiera de estas decisiones no exime de analizar si existe un daño relevante sobre otro de los recursos cubiertos por la LRMA. En concreto, el operador deberá analizar si existe un daño relevante a las especies marinas con el fin de reparar el mismo si fuera necesario.

- Afección por sustancias inorgánicas y/o explosivos a la ribera del mar y de las rías.

En este caso el operador podrá realizar su evaluación de daños seleccionando las combinaciones “daños al suelo, al agua continental y/o al hábitat por sustancias inorgánicas y/o explosivas” —según corresponda—.

### ***Afecciones de los daños físicos: extracción y desaparición***

A efectos del modelo, se considera que la sociedad dispone de una cantidad infinita de agua marina (VANE; MARM, 2010). Esto es, las captaciones de agua marina no producirán daños significativos en lo que se refiere a su cantidad.

En cuanto a extracciones o desapariciones de lecho, no se ha encontrado la información necesaria para definir y valorar una técnica eficaz y específica encaminada a la reposición del lecho extraído, motivo por el cual esta combinación no es considerada en MORA. No obstante, en caso de que el operador requiera valorar esta combinación podría estudiar la posible recuperación natural del daño o la valoración del mismo mediante criterios de equivalencia alternativos; otra opción —en caso de que el lecho no se encuentre cubierto de

agua de forma permanente— consiste en analizar la posibilidad de evaluar la reposición del lecho de forma similar a la reposición de suelo ante daños por extracción.

Por otra parte, en caso de que el operador desee evaluar la extracción o desaparición de la ribera del mar y de las rías, éste deberá introducir en el modelo la combinación correspondiente a la extracción de suelo, de agua y/o de hábitat, según corresponda —ya que la ribera del mar y de las rías podría considerarse como una combinación de suelo, agua y hábitat a efectos de reparación—.

Se considera que los restantes recursos sí podrían —y deberían— ser recuperados de forma específica en caso de producirse una extracción con daños significativos. Se estaría hablando en este caso, a modo de ejemplo, de una toma de agua, una retirada de suelo, una tala de vegetación o una captura de especies silvestres.

### ***Afecciones de los daños físicos: vertido de sustancias inertes***

El vertido de inertes al mar o a las aguas continentales superficiales se introduce en MORA como un daño por vertido de inertes al lecho marino o al lecho de las aguas continentales —según corresponda—.

Las aguas subterráneas, por razones obvias, no se verían afectadas por este tipo de vertidos.

La deposición de residuos inertes sobre el suelo produciría la inutilización de la superficie del mismo, similar efecto al que se ocasionaría en la vegetación que forma el hábitat pudiendo llegarse a la muerte de la misma debido a los impactos, al aplastamiento y a la falta de luz. No obstante, considerando que serían necesarios vertidos de dimensiones muy grandes para ocasionar un daño significativo sobre un hábitat en MORA, se prescinde por defecto de la combinación “vertido de inertes sobre hábitat” —en caso necesario, los daños a los hábitat por vertido de inertes pueden introducirse como si de un daño por extracción o desaparición se tratara; esto es, una vez retirado el vertido del suelo se procedería a realizar las plantaciones necesarias con el fin de recuperar el hábitat preexistente—.

La afección a las ribera del mar y de las rías, de nuevo, podría ser analizada por el operador como una afección al suelo, al agua (lecho) y/o a los hábitats según corresponda.

En el modelo se considera que generalmente no existirían daños significativos a las especies debido a razones de escala. Se presupone que sería necesario realizar un vertido de cantidades desmesuradas para que el mismo supusiera dañar de forma relevante un recurso a nivel de especie. Adicionalmente la capacidad de desplazamiento de las especies animales las facultaría para evitar el daño. En el caso de las vegetales, su recuperación podría ir asociada a la recuperación del hábitat —de forma similar a la situación en la que el operador considere que se producirían daños relevantes sobre el hábitat— introduciendo las mismas especies que existían antes del daño una vez retirado el vertido del suelo.

A modo de resumen, MORA no considera por defecto que un vertido de inertes dañe de forma relevante a la biocenosis, sin embargo en caso de que el operador desee evaluar esta afección podría realizar su valoración como si de daños por extracción se tratara.

### ***Afecciones de los daños físicos: temperatura***

A efectos del presente modelo, los daños por temperatura hacen referencia a incrementos en la temperatura del recurso debidos a vertidos de agua caliente.

En cuanto a los recursos dañados, se consideran las afecciones a la biocenosis, al suelo y al agua superficial continental —la reparación de la ribera del mar y de las rías puede plantearse como una combinación de estos recursos (hábitat, suelo y agua)—.

Se excluye la afección al agua marina, al no haberse identificado en la actualidad técnicas específicas para su recuperación; esta circunstancia podría conducir a estudiar la aplicación de una recuperación natural, la declaración de irreversibilidad del daño o la aplicación de criterios de equivalencia alternativos dependiendo de cada caso. La adopción de cualquiera de estas decisiones no exime de analizar si existe un daño relevante sobre otro de los recursos cubiertos por la LRMA. En concreto, el operador deberá analizar si existe un daño relevante a las especies marinas con el fin de reparar el mismo si fuera necesario.

Asimismo, en MORA no se considera la posible afección al agua subterránea y a los lechos del agua superficial al asumirse que un vertido de agua caliente, por regla general, no llegaría a afectar de forma relevante a estos recursos al producirse su enfriamiento en un periodo de tiempo relativamente corto.

Por otra parte, como se ha indicado anteriormente, el vertido de agua a alta temperatura podría ocasionar daños a los hábitats. Éstos serían tratados de forma similar a los daños por incendio o sustancias químicas —en este caso, el calor produciría la muerte de la vegetación, la cual debería ser retirada y sustituida—. Asimismo, si el vertido ocasionara daños a las especies, los individuos podrían ser repuestos bien mediante su retirada y posterior plantación —en el caso de la especies vegetales— o bien mediante el tratamiento y la cría en centros de recuperación —en el caso de las especies animales—.

### ***Afecciones de los daños por incendio***

El incendio, con independencia de que tenga su causa en una explosión u otro tipo de ignición, se asume que afecta únicamente a la biocenosis —hábitat y especies silvestres—. Los daños producidos al biotopo —agua y suelo—, se considera que serían subsanados mediante las técnicas que se llevan a cabo para recuperar la biocenosis.

A modo de ejemplo, en una repoblación forestal las tareas de plantación y de establecimiento de la nueva masa, deben necesariamente proteger el suelo, ya que sin suelo no es posible la instalación de la nueva vegetación. Asimismo, una vez se haya recuperado el hábitat —el bosque—, podría asumirse la recuperación del conjunto del sistema, tanto del suelo como del agua. No obstante, en caso de detectarse una afección significativa sobre el suelo o el agua, la cual no sea reparada por la reparación del hábitat, deberán diseñarse y aplicarse las medidas que sean necesarias para reestablecer el estado básico de estos recursos.

### ***Afecciones de los daños biológicos***

Los daños biológicos pueden afectar a la biocenosis —tanto al hábitat como a las especies—, quedando exento el biotopo. En este sentido los daños al hábitat hacen referencia a aquéllos que producen efectos negativos de forma genérica sobre la vegetación, mientras los daños a las especies vegetales se reservan para daños concretos a alguna especie amenazada. Esto es, con criterio general los daños a la vegetación quedarán reparados vía hábitat, a menos que dentro del mismo se hayan identificado especies vegetales amenazadas en cuyo caso se acudiría a la reparación vía especies.

En el modelo diseñado, los organismos modificados genéticamente y las especies exóticas pueden afectar de forma significativa tanto a animales como a vegetales.

Los daños por los virus, las bacterias y los protozoos, podrán causar efectos significativos a los animales. Mientras que los daños por hongos e insectos darán lugar a daños sobre la vegetación. No obstante, esta orientación general del modelo puede adaptarse a las situaciones concretas. De tal forma que, en caso de detectarse daños significativos a la vegetación causados por virus, bacterias o protozoos, el operador deberá realizar su análisis acudiendo al procedimiento prescrito para los hongos e insectos. Asimismo, en caso de detectarse afecciones significativas por hongos sobre los animales, el operador deberá realizar su análisis acudiendo a las técnicas diseñadas para daños por virus, bacterias o protozoos.

### 2.3.2. CRITERIO DE EQUIVALENCIA EMPLEADO EN EL MODELO

Según la jerarquía establecida en el Reglamento, se consideran preferentes los criterios de equivalencia del tipo recurso-recurso y servicio-servicio, frente a los tipos valor-valor y valor-coste. Entre los dos primeros tipos no existen distinciones preferenciales, pudiendo acudir indiferentemente a uno u otro. No obstante, dadas las características del presente proyecto, se ha seleccionado el criterio de equivalencia de tipo recurso-recurso con el fin de evaluar los costes de reposición de la totalidad de los recursos. Esta decisión se fundamenta en los siguientes aspectos:

- Se trata del criterio de equivalencia preferente junto con el tipo servicio-servicio
- Existe suficiente información a nivel nacional para la aplicación de la equivalencia tipo recurso-recurso
- El criterio recurso-recurso incluye el criterio servicio-servicio. Efectivamente, en caso de que mediante la reparación se restituya un recurso del mismo tipo y calidad que el original, es consecuencia lógica que también se hayan restituido la totalidad de los servicios que éste producía originalmente
- El empleo del criterio servicio-servicio implica determinar y cuantificar tanto los servicios que prestan actualmente los recursos naturales como los que se van a producir en el futuro. Respecto a los servicios actuales existen referencias previas a las cuales es posible acudir —Evaluación de los ecosistemas del milenio, Valoración de los activos naturales de España, etc.—, sin embargo las opciones de reparación son extremadamente amplias. Con objeto de determinar la reparación más adecuada en cada situación, sería conveniente realizar un estudio caso por caso que determine la forma más adecuada de recobrar los servicios afectados. Esta problemática no existe en la óptica recurso-recurso, ya que precisamente se recupera el mismo recurso que se ha afectado
- Los costes de las técnicas de reparación del medio natural, usualmente vienen expresados en unidades monetarias por unidad física de recurso reparado, por lo que se adecuan convenientemente al tipo de equivalencia recurso-recurso

Las principales implicaciones que conlleva la selección del criterio de equivalencia del tipo recurso-recurso son las siguientes:

- Se asume que el proyecto de reparación será capaz de proporcionar recursos del mismo tipo, cantidad y calidad que los dañados. Tras una evaluación de las técnicas de recuperación existentes en la actualidad, se considera asumible esta premisa, ya que existen técnicas para tratar de forma eficaz la mayoría de los agentes causantes del daño. Asimismo, la selección de los costes máximos de las técnicas de reparación, y la posibilidad de emplear coeficientes de contingencia los cuales

mayoran el coste final de la reparación —Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto 2090/2008—, permiten disponer de una estimación económica coherente con esta premisa

- La unidad de medida utilizada para determinar los recursos naturales dañados y los que podrán obtenerse a través de la reparación es el propio recurso. La Tabla 7 muestra las unidades que se emplean en el presente modelo

**Tabla 7. Unidades de medida para cada recurso natural.**

Recurso natural		Unidad de medida	Símbolo
Agua		Metros cúbicos	m <sup>3</sup>
Lecho		Toneladas	t
Suelo		Toneladas	t
Ribera del mar y de las rías		Toneladas	t
Hábitat	Arbolado en estado latizal o fustal	Número de pies	n
	Resto de hábitats	Hectáreas	ha
Especies vegetales	Arbolado en estado latizal o fustal	Número de pies	n
	Resto de especies vegetales	Hectáreas	ha
Especies animales		Número de individuos	n

Fuente: Elaboración propia.

Sin perjuicio de lo indicado en la tabla anterior, el valor de la reparación de los daños causados al agua marina y a la ribera del mar y de las rías se valora en términos monetarios a través de las toneladas vertidas, ya que ésta es la magnitud en la que aparecen los costes en la fuente de información de referencia y, adicionalmente, su empleo simplifica la introducción de los datos por parte de los usuarios del modelo.

### 2.3.3. GRADOS DE AFECCIÓN

Conforme al tipo de equivalencia seleccionado —recurso-recurso—, causar un daño significativo a un recurso natural implica realizar una técnica de reparación que retorne dicho recurso a su estado básico —estado original previo al daño—. En concreto, deberán recuperarse tantas unidades de recurso como se hayan visto afectadas por el daño.

La intensidad del daño —severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño—, se incorpora al modelo en dos fases.

Por un lado, el operador debe evaluar la intensidad del daño con el fin de determinar la significatividad del mismo previamente al empleo del presente modelo.

Por otro lado, a efectos del modelo, se establecen las siguientes categorías de intensidad del daño:

- 1) Letal: supone la afección al 100 por ciento de la población. Este nivel no se recoge en la normativa sin embargo, dado que existen situaciones en que se debe recuperar toda la biocenosis, se incluye por motivos prácticos.

- 2) Agudo: en el Reglamento este nivel se describe como mortalidad superior al 50 por ciento, por lo que se considerará un 75 por ciento de recuperación —valor medio del intervalo—.
- 3) Crónico: se reserva para los efectos a largo plazo, que se asocian a un nivel de mortalidad comprendido entre el 10 y el 50 por ciento, se considerará en este caso una recuperación del 30 por ciento de la biocenosis —valor medio del intervalo—.
- 4) Potencial: se reserva para los casos en que se esperan daños con una mortalidad superior al 1 por ciento e inferior al 10 por ciento, que se asimilará a una recuperación del 5 por ciento de la biocenosis.

Los niveles de afección anteriores se introducen en el modelo a través de los daños a la biocenosis. Para ello el operador deberá estimar la población —en caso de daños a las especies animales— o la superficie —en caso de daños a los hábitats o a las especies vegetales— expuesta a un determinado daño. Tras esto, y considerando la evaluación de la intensidad —letal, agudo, crónico o potencial—, determinará el número de individuos o la superficie que debe recuperar.

En cuanto a los efectos sobre los recursos que forman el biotopo —suelo y agua—, se consideran de cara a la reparación, afecciones totales o nulas. Es decir, si el daño es significativo, se debe diseñar un proyecto de recuperación que lleve al estado básico el recurso independientemente de la intensidad del daño.

En resumen, la Tabla 8 recoge los grados de afección que son considerados en función de cada combinación agente causante del daño-recurso afectado. Tal como se ha indicado, en los daños al biotopo —agua y suelo— se plantean reparaciones sobre la totalidad del recurso afectado; en cuanto a los daños a la biocenosis —hábitat y especies— los grados de intensidad deben ser introducidos en unidades de superficie afectada o en número de individuos aplicando los porcentajes de intensidad —letal, agudo, crónico o potencial— a la población total existente.

**Tabla 8. Grados de afección por agente y recurso.**

		Recurso		
		Biotopo	Biocenosis	
Agente causante de daño	Químico	Total	%Recursos	
	Físico	Extracción/desaparición	Total	%Recursos
		Vertido de inertes	Total	%Recursos
		Temperatura	Total	%Recursos
	Incendio	Nulo	%Recursos	
Biológico	Nulo	%Recursos		

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4. IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE REPARACIÓN

### 2.4.1. OBLIGACIONES DE LOS OPERADORES EN CUANTO A MEDIDAS DE PREVENCIÓN, EVITACIÓN Y REPARACIÓN

La LRMA prevé la ejecución de una serie de medidas ante una amenaza de daño medioambiental:

- Las medidas preventivas son aquéllas adoptadas como respuesta a un suceso, a un acto o a una omisión que haya supuesto una amenaza inminente de daño medioambiental, con objeto de impedir su producción o reducir al máximo dicho daño
- Las medidas de evitación se definen en la LRMA como aquéllas que, ya producido un daño medioambiental, tengan por finalidad limitar o impedir mayores daños medioambientales, controlando, conteniendo o eliminando los factores que han originado el daño, o haciendo frente a ellos de cualquier otra manera
- Por último, las medidas reparadoras son las acciones, incluidas las de carácter provisional, que tengan por objeto reparar, restaurar o reemplazar los recursos naturales y servicios de recursos naturales dañados, o facilitar una alternativa equivalente a ellos según lo previsto en el Anexo II de la LRMA.

Los operadores incluidos en el Anexo III de la LRMA quedan obligados a adoptar las medidas de reparación que procedan, aunque no hayan incurrido en dolo, culpa o negligencia (art. 19). El operador de una actividad económica o profesional no enumerada en el Anexo III que cause daños medioambientales queda obligado a adoptar las medidas de prevención y evitación, y sólo cuando medie dolo, culpa o negligencia, a adoptar las medidas reparadoras.

En todo caso, quedan obligados a la adopción de medidas de reparación los operadores que hubieran incumplido los deberes relativos a las medidas de prevención y de evitación de daños.

La Tabla 9 recoge de manera simplificada las medidas que debe adoptar cada tipo de operador según esté incluido o no en el Anexo III de la LRMA.

**Tabla 9. Obligaciones de medidas a adoptar según el tipo de operador.**

Tipo de Medidas	Operadores	
	Anexo III	Otros
Preventivas	Obligados	Obligados
Evitación	Obligados	Obligados
Reparadoras	Obligados	Dolo, culpa o negligencia

Fuente: Elaboración propia a partir de la LRMA.

La responsabilidad medioambiental es, además, una responsabilidad ilimitada, pues el contenido de la obligación de reparación que asume el operador responsable consiste en devolver los recursos naturales dañados a su estado original, sufragando el total de los costes a los que asciendan las correspondientes acciones preventivas o reparadoras.



## 2.4.2. TIPOLOGÍA DE MEDIDAS CONSIDERADAS EN EL MODELO

La especificidad de las medidas de prevención y evitación, las cuales por su propia naturaleza dependen directamente de cada sector o incluso de cada operador o instalación, hacen que las mismas no sean incluidas en el presente modelo, dado el ámbito general del mismo. Por lo que deberá ser cada operador el que determine y haga frente a las medidas preventivas y de evitación que le corresponda aplicar según sus características específicas y las de su sector.

Una fuente de información útil para la determinación de las medidas preventivas y de evitación a aplicar pueden ser las publicaciones de mejores técnicas disponibles, difundidas a través de Internet por PRTR-España<sup>4</sup> —Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes—.

Merece la pena destacar que las medidas de evitación dependen notablemente de cada situación concreta, destacando en este caso tanto la localización de la instalación como el tipo de agente causante del daño y el tiempo que transcurre desde que se produce el daño hasta que comienza la evitación del mismo.

El Reglamento establece —en su artículo 33— una base para el cálculo de las actuaciones preventivas y de evitación, dictando que la cuantía de los gastos de prevención y evitación del daño será, como mínimo, el diez por ciento del importe total de la garantía financiera obligatoria, entendida como el coste de la reparación primaria, y calculada mediante el procedimiento descrito en dicho artículo 33. Por lo tanto, el coste correspondiente a las actuaciones de prevención y evitación puede estimarse a partir del coste de la reparación primaria.

Las medidas reparadoras —tanto primarias, como compensatorias y complementarias—, forman el núcleo de estudio del presente modelo, dedicándose a las mismas un análisis pormenorizado.

La Tabla 10 muestra el tipo de medidas evaluadas en MORA.

**Tabla 10. Medidas consideradas en el presente modelo.**

Medidas		Consideración en el modelo
<b>Preventivas</b>		Deben ser calculadas fuera del modelo con un valor mínimo del 10% del coste correspondiente a la medida de reparación primaria.
<b>Evitación</b>		
<b>Reparadoras</b>	Primaria	Consideradas
	Compensatoria	Consideradas
	Complementaria	Consideradas

Fuente: Elaboración propia.

<sup>4</sup><http://www.prtr-es.es/fondo-documental/documentos-de-mejores-tecnicas-disponibles.15498.10.2007.html>

### 2.4.3. MEDIDAS DE EVITACIÓN

Con un fin meramente ilustrativo se han identificado una serie de medidas de evitación a partir de un análisis bibliográfico y de consultas a técnicos de medioambiente de diferentes Administraciones Públicas. Si bien, como se ha indicado anteriormente, existe la posibilidad de calcular el coste de evitación de forma conjunta con las medidas preventivas, por medio de un porcentaje mínimo del 10% del coste de la reparación primaria. La Tabla 11 esquematiza las medidas de evitación identificadas en MORA según el agente liberado al medio. No obstante, se insiste en que este tipo de medidas no son objeto de valoración económica dentro del modelo.

**Tabla 11. Medidas de evitación según agente causante del daño.**

		Medida de evitación	
Agente causante de daño	Químico	Recogida y traslado a vertedero	
	Físico	Extracción/Desaparición	No identificada
		Vertido de inertes	No identificada
		Temperatura	Bombeo de agua fría
	Incendio	Extinción de incendios	
	Biológico	Equipo de seguimiento y control	

Fuente: Elaboración propia.

### 2.4.4. MEDIDAS DE REPARACIÓN

Los tipos de medidas de reparación se clasifican conforme a lo estipulado en el Anexo II de la LRMA, ya que la metodología que en el mismo se propone se ha consagrado como el método preferente para la valoración y reparación de daños al medio ambiente. Así, se distingue entre las medidas de reparación según sean primarias, complementarias o compensatorias.

#### 2.4.4.1. Reparación primaria

Mediante la reparación primaria se persigue el objetivo de aproximar lo máximo posible los recursos naturales dañados a su estado original —denominado, en el ámbito de la LRMA, estado básico—.

En el presente modelo, resulta procedente llevar a cabo una reparación primaria siempre y cuando exista alguna técnica capaz de regenerar el recurso dañado devolviéndolo a la misma calidad que tenía originalmente. En este análisis se debe tener en cuenta como una posible técnica a emplear, la recuperación natural del recurso —conforme con los artículos 2 y 20, y el Anexo II de la LRMA—.

La medida primaria, por definición, debe llevarse a cabo en el mismo lugar donde se ha producido el daño medioambiental, y su objetivo es lograr recuperar la misma cantidad de recurso que se haya visto afectada por el daño. Las técnicas implicadas en este tipo de reparación son función del agente causante del daño y del receptor del mismo. La Tabla 12 ofrece a modo de resumen las técnicas implicadas en la reparación de cada tipo de daño, empleando la codificación numérica recogida en la Tabla 13.

**Tabla 12. Tipos de medidas de reparación primaria (I).**

		Recurso											
		Agua			Lecho de aguas continentales	Lecho del mar	Suelo	Ribera del mar y de las rías	Hábitat (especies vegetales no amenazadas)	Especies			
		Marina	Continental							Vegetales amenazadas	Animales		
			Superficial	Subterránea							Amenazadas	No amenazadas	
<b>Agente causante de daño</b>	<b>Químico</b>	COV halogenados	1	2	3			5	6	7	8	9	9
		COV no halogenados	1	2	3			5	6	7	8	9	9
		COSV halogenados	1	2	3			5	6	7	8	9	9
		COSV no halogenados	1	2	3			5	6	7	8	9	9
		Fueles y CONV	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	9
		Sustancias inorgánicas		2	3	4	4	5		7	8	9	9
		Explosivos		2	3	4	4	5		7	8	9	9
	<b>Físico</b>	Extracción/Desaparición		10	11			12		13	14	15	15
		Vertido de inertes				16	16	17					
		Temperatura		18				18		7	8	9	9
	<b>Incendio</b>									7	8	9	9
		OMG								19	20	21	21
	<b>Biológico</b>	Especies exóticas								19	20	21	21
		Virus y bacterias										22	22
		Hongos e insectos								23	24		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13. Tipos de medidas de reparación primaria (II).**

Nº	Descripción básica	Principal fuente de los datos
1	Limpieza de vertidos de hidrocarburos en aguas marinas	EPA Basic Oil Spill Cost Estimation Model (BOSCEM)
2	Limpieza de vertidos en aguas continentales superficiales	Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)
3	Limpieza de vertidos en aguas continentales subterráneas	Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)
4	Dragado del lecho contaminado y procesamiento en vertedero	United States Army Corp of Engineers (USACE)
5	Limpieza de vertidos en suelo	Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)
6	Limpieza de vertidos de hidrocarburos en la ribera del mar y de las rías	Estimating cleanup costs for oil spills (Etkin, 1999)
7	Eliminación de la vegetación afectada y repoblación	Tarifas Tragsa
8	Eliminación de la vegetación afectada y repoblación con especies amenazadas	Comunidades Autónomas y Tarifas Tragsa
9	Tratamiento y cría en centros de recuperación de fauna	Comunidades Autónomas
10	Bombeo de agua	Estadística de precios del agua (INE) y Tarifas Tragsa
11	Recarga artificial de acuíferos	Base de proyectos realizados de inyección directa (Tragsa)
12	Reposición de suelo	Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal
13	Plantación de vegetación	Tarifas Tragsa
14	Plantación de especies amenazadas	Comunidades Autónomas y Tarifas Tragsa
15	Cría en centros de recuperación de fauna	Comunidades Autónomas
16	Retirada del vertido de inertes mediante dragado y traslado a vertedero	United States Army Corp of Engineers (USACE)
17	Recogida del vertido y traslado a vertedero	Tarifas Tragsa
18	Bombeo de agua a temperatura ambiente	Estadística de precios del agua (INE) y Tarifas Tragsa
19	Eliminación del agente biológico, aplicación de herbicida y repoblación	Tarifas Tragsa
20	Eliminación del agente biológico, aplicación de herbicida y repoblación con especies amenazadas	Comunidades Autónomas y Tarifas Tragsa
21	Captura de agentes biológicos e introducción de individuos procedentes de centros de recuperación	Comunidades Autónomas y Tarifas Tragsa
22	Tratamiento, vacunación y cría en centros de recuperación de fauna	Comunidades Autónomas
23	Tratamiento sanitario y repoblación	Tarifas Tragsa
24	Tratamiento sanitario y repoblación con especies amenazadas	Comunidades Autónomas y Tarifas Tragsa

Fuente: Elaboración propia.

#### **2.4.4.2. Reparación complementaria**

La reparación complementaria tiene lugar siempre y cuando no sea posible retornar el recurso dañado a su estado básico. En este caso el daño se denomina irreversible y se caracteriza en el presente modelo porque se hace necesario recuperar unidades adicionales del mismo tipo y calidad del recurso afectado. Esta reparación debe realizarse en un lugar diferente al original aunque siempre vinculado geográficamente al mismo.

A efectos del modelo, las medidas de reparación primaria y complementaria son iguales en esencia, con la salvedad de que se acude a la complementaria sólo cuando la primaria no se pueda realizar *in situ*, o cuando el recurso no se pueda recuperar en un plazo de tiempo razonable. De esta forma, la medida complementaria está compuesta por técnicas similares a las prescritas para el caso de la reparación primaria.

El Anexo II del Reglamento establece que el operador determinará tanto las pérdidas provisionales como las irreversibles de recursos naturales o servicios de los recursos naturales acaecidas a consecuencia del daño medioambiental hasta que éstos alcancen el estado básico, y las ganancias de recursos o servicios obtenidas mediante la reparación.

#### **2.4.4.3. Reparación compensatoria**

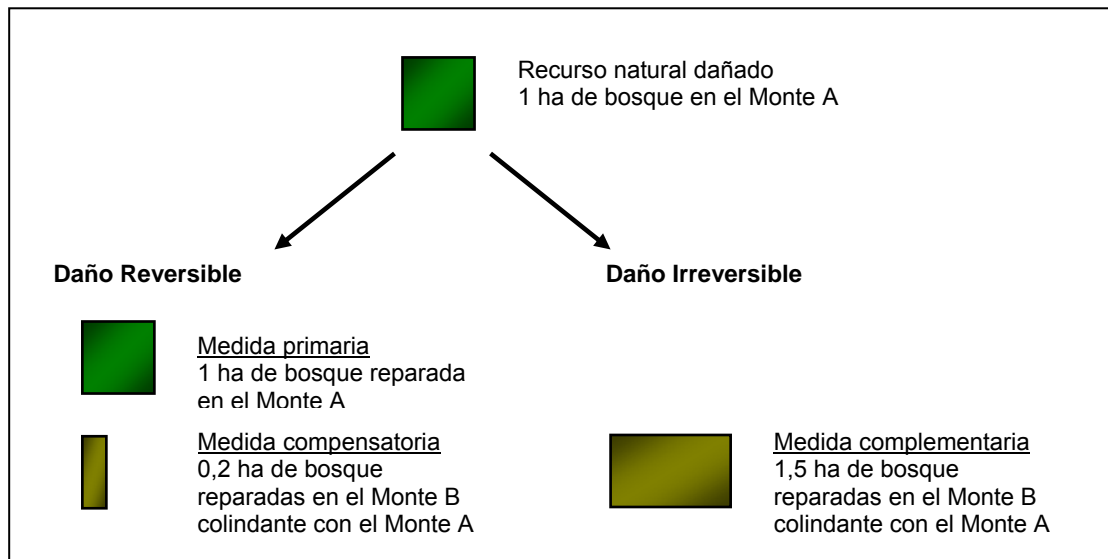
Las medidas de reparación compensatorias se prevé que existan o puedan existir siempre, dado que tienen por objeto compensar a la población afectada por las pérdidas provisionales desde que tiene lugar el daño hasta que surte efecto la reparación primaria o complementaria. De esta forma, y puesto que la reparación primaria o complementaria puede iniciarse una vez pasado cierto periodo de tiempo desde el momento del accidente, se procederá a calcular y dimensionar la cantidad de recurso adicional que debe recuperarse en concepto de reparación compensatoria.

La reparación compensatoria, en coherencia con el diseño de la reparación complementaria, tiene su base en las mismas técnicas reparadoras que las identificadas para la reparación primaria. Por lo tanto, consiste en recuperar unidades adicionales del recurso natural dañado, en este caso en un lugar diferente al originalmente afectado pero vinculado geográficamente al mismo, empleando para dicha reparación técnicas similares a las utilizadas en las medidas de reparación primaria.

En el caso de daños irreversibles, MORA calcula las medidas compensatorias y complementarias de forma conjunta. De esta forma, la cantidad de reparación incluye tanto la medida complementaria como su correspondiente compensatoria. Por ello, en MORA, la suma de ambas medidas se denomina medida complementaria —aunque como se ha indicado considera asimismo la correspondiente reparación compensatoria—.

En la Figura 13 se muestra un ejemplo gráfico no real, de cada uno de los tipos de medidas reparadoras —primaria, compensatoria y complementaria—, así como el lugar donde se llevaría a cabo cada una de las mismas.

Figura 13. Tipos de medidas de reparación.



Fuente: Elaboración propia a partir de REMEDE, 2008.

### 3. Selección de las técnicas de reparación

La reparación del daño medioambiental tiene como finalidad devolver los recursos naturales y los servicios de los recursos naturales dañados a su estado básico. Denominándose estado básico a aquél en el que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño.

Las técnicas aplicables para la reparación de los daños se han identificado mediante una amplia revisión bibliográfica, y consultas a Organismos Públicos con competencias en la reparación de daños medioambientales —MAGRAMA, Comunidades Autónomas, Empresas Públicas, etc.—.

Una vez identificadas las técnicas de reparación de los recursos naturales que se encuentran disponibles en la actualidad, se ha procedido a agruparlas para cada combinación agente causante de daño-recurso natural dañado.

De esta forma, se ha elaborado una base de datos en la que figuran las técnicas que podrían emplearse para la reparación de cada tipo de daño medioambiental sobre cada recurso natural.

Cuando existe una serie de técnicas eficaces para afrontar la reparación de un determinado daño, las alternativas han sido evaluadas conforme a los criterios recogidos en el Anexo II de la LRMA, con el fin de seleccionar aquella que mejor se adecua a cada situación.

La identificación de las técnicas de reparación que tienen como objetivo recuperar el suelo, el agua, las especies silvestres, los hábitats, y la ribera del mar y de las rías ante daños causados por agentes químicos, físicos, biológicos e incendios, se ha basado de manera simultánea en dos fuentes principales de información: bibliografía especializada y consultas a expertos de las Administraciones Central y Autonómica. Las consultas a expertos han perseguido el objetivo de contrastar los datos teóricos con los datos reales disponibles en las Comunidades Autónomas.

Como punto de partida se revisó la bibliografía preexistente en materia de reparación de daños medioambientales, tanto a nivel nacional como internacional. Las fuentes de información consultadas han sido diversas con el fin de disponer de una visión global sobre las tecnologías existentes en la actualidad. En el apartado de bibliografía se recopilan las principales referencias del proyecto; figurando en el mismo organismos oficiales, entidades privadas, universidades, centros de investigación, etc.

De entre el conjunto de fuentes de información recopiladas, se seleccionaron aquellas consideradas más adecuadas para los fines del presente proyecto. En concreto, se atendió a los siguientes criterios:

- Información disponible sobre cada técnica. La información disponible sobre cada técnica debe ser suficiente para su incorporación en MORA: descripción de la técnica, condiciones para su aplicación, efectividad para cada agente causante de daño, coste y tiempo necesario para la reparación
- Información oficial. Se han considerado preferentes aquellas fuentes de información que cuentan con el respaldo de organismos públicos

- Experiencia práctica de aplicación. Se han considerado preferentes las fuentes de información en las que se ofrecen resultados prácticos de la aplicación de las técnicas sobre las que realizan únicamente una exposición teórica
- Número de técnicas recogidas en la fuente. Se han considerado preferentes las fuentes de información que recogen un mayor número de opciones de reparación posibles
- Actualidad de los datos. Se han considerado preferentes las fuentes de información que recogen datos actualizados, y dentro de éstas las que son objeto de actualizaciones periódicas

En la Tabla 14 se resumen las principales fuentes de información empleadas en la elaboración del catálogo de técnicas para cada combinación agente causante de daño-recurso dañado.

Tabla 14. Resumen de fuentes de información.

		Recurso											
		Agua			Lecho de aguas continentales	Lecho del mar	Suelo	Ribera del mar y de las rías	Hábitat (especies vegetales no amenazadas)	Especies			
		Marina	Continental							Vegetales amenazadas	Animales		
			Superficial	Subterránea							Amenazadas	No amenazadas	
Agente causante de daño	Químico	COV halogenados	EPA	FRTR	FRTR			FRTR	ETKIN	TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		COV no halogenados	EPA	FRTR	FRTR			FRTR	ETKIN	TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		COSV halogenados	EPA	FRTR	FRTR			FRTR	ETKIN	TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		COSV no halogenados	EPA	FRTR	FRTR			FRTR	ETKIN	TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Fueles y CONV	EPA	FRTR	FRTR	USACE	USACE	FRTR	ETKIN	TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Sustancias inorgánicas		FRTR	FRTR	USACE	USACE	FRTR		TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Explosivos		FRTR	FRTR	USACE	USACE	FRTR		TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
	Físico	Extracción/Desaparición		INE	TRAGSA			CPAF		TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Vertido de inertes				USACE	USACE	TRAGSA					
		Temperatura		INE				INE		TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
	Biológico	Incendio								TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		OMG								TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Especies exóticas								TRAGSA	CCAA	CCAA	CCAA
		Virus y bacterias									CCAA	CCAA	
		Hongos e insectos								TRAGSA	CCAA		

- EPA, Environmental Protection Agency
- FRTR, Federal Remediation Technologies Roundtable
- USACE, United States Army Corp of Engineers
- ETKIN, Estimating cleanup costs for oil spills (Etkin, 1999)
- Tragsa, Empresa de Transformación Agraria
- CCAA, Comunidades Autónomas
- INE, Instituto Nacional de Estadística
- CPAF, Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal, Colegio de Ingenieros de Montes

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Establecimiento de las funciones para el cálculo del valor de reposición

### 4.1. ASIGNACIÓN DE TÉCNICAS: ÁRBOL DE SUCESOS Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL MISMO

El árbol de sucesos es un diagrama en el cual se representa la relación que existe entre una serie de parámetros de partida, y el grupo de acciones permitidas asociadas a ella; en MORA cada una de estas acciones se corresponde con una técnica de reparación. De esta forma, los árboles de sucesos construidos en MORA conducen a proponer una u otra técnica de reparación, en función de las características del daño medioambiental ocasionado. Dichas características deben ser introducidas a través de una serie de parámetros.

#### 4.1.1. PARÁMETROS DEL MODELO

Los parámetros que condicionan tanto las medidas reparadoras que deben aplicarse —primaria, compensatoria o complementaria—, como las técnicas de reparación concretas, se estructuran en torno a 4 bloques relativos a los siguientes aspectos:

- Localización del daño
- Agente causante del daño
- Cuantificación del daño
- Reversibilidad del daño

##### 1. Bloque I: Localización del daño

El lugar donde se produce el daño determina tanto los recursos naturales que podrían verse afectados por el mismo, como las técnicas reparadoras a emplear, y por lo tanto supone un aspecto clave para el cálculo del coste y del tiempo necesario para la reparación.

Con el fin de caracterizar adecuadamente el territorio de cara a la monetización de los daños, MORA proporciona al usuario información a través de una serie de coberturas digitales almacenadas en el modelo. No obstante, la información geográfica proporcionada por MORA puede ser modificada por parte del usuario —siempre de forma justificada— en caso de que éste disponga de información más precisa.

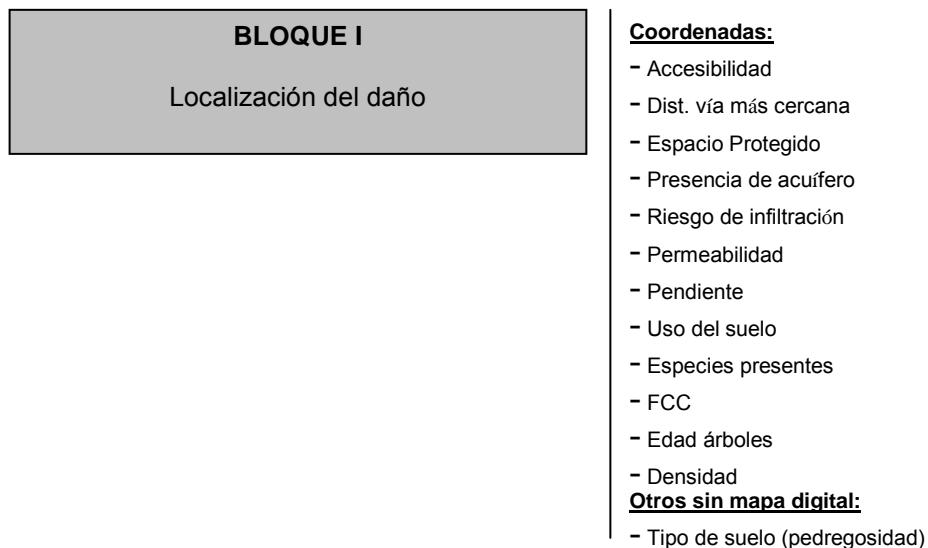
Efectivamente, a modo de ejemplo, MORA fundamenta su información sobre hábitats vegetales en el Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50), realizado por el MAGRAMA a nivel provincial. En caso de que el MFE50 declarase la existencia de un pinar en la zona afectada, y sin embargo el usuario por observación directa comprobase que éste no existe —debido a un incendio previo, a cuestiones de escala, etc.—, el usuario podrá modificar la información de partida, corrigiéndola y adaptándola a la realidad.

La Figura 14 muestra un esquema de los parámetros relacionados con la localización geográfica del daño causado. El operador deberá facilitar las coordenadas del punto en el que se ocasiona el daño, y el modelo a través de las coberturas digitales en las que se basa, retornará la información necesaria para la valoración. Adicionalmente, el usuario podría



afinar el resultado incorporando datos sobre la pedregosidad del suelo en caso de que este dato sea conocido.

**Figura 14. Parámetros del modelo. Bloque I: Localización.**



Fuente: Elaboración propia.

A través de la introducción de las coordenadas del punto en el cual se ha producido el daño, es posible conocer los siguientes aspectos clave del modelo:

**1.1. Accesibilidad de la zona afectada (accesible/no accesible)**

La accesibilidad hace referencia a la posibilidad o no de acceder al lugar con los medios mecánicos necesarios para realizar la reparación. De esta forma se considera que un punto es accesible siempre y cuando se dé alguna de las siguientes circunstancias:

- Existe una vía de comunicación que pasa por el punto. Esta condición se comprueba acudiendo a un mapa oficial de carreteras. En el presente proyecto se ha empleado como referencia la Base Cartográfica Nacional 1:200.000 publicada por el Ministerio de Fomento.
- La pendiente media es inferior al 20%, y además, existe una ruta que lleva desde el punto afectado hasta una vía de comunicación a través de puntos cuya pendiente es inferior al 20%. Esto es, si esta condición es cierta, aunque en el punto actualmente no exista un camino, éste podría ser construido para llegar a la zona dañada.

Cuando se produzca un daño con un agente no biodegradable sobre una zona inaccesible, se prescribirá una reparación mediante medidas complementarias.

**1.2. Distancia a la vía de comunicación más cercana (metros)**

Para las zonas que, a pesar de ser accesibles, carecen actualmente de un camino que las comunique, el modelo proporciona la distancia de camino que debería construirse para llegar a las mismas.

El coste de construcción del camino será imputable como un coste más, a los que se debe hacer frente con el fin de lograr la efectiva reparación de los recursos naturales.

### 1.3. Espacio Natural Protegido (sí/no)

En los espacios naturales especialmente sensibles —a efectos del presente modelo se considera como tales a los hábitats prioritarios, a los espacios naturales protegidos y a la Red Natura 2000—, el procedimiento de selección de la técnica reparadora presta especial atención al criterio de prevención de riesgos futuros y colaterales.

Por lo tanto, la afección o no a un espacio natural protegido condiciona tanto los costes como el tiempo necesario para la reparación.

### 1.4. Presencia de masa de agua subterránea (sí/no)

La presencia de una masa de agua subterránea determina que puedan producirse daños físicos por extracción. A su vez la existencia de la misma, conjuntamente con la permeabilidad de la zona no saturada, condiciona el riesgo de infiltración de las sustancias químicas.

### 1.5. Riesgo de infiltración a la masa de agua subterránea (con riesgo/sin riesgo)

Se considera que existe un potencial riesgo de afección a la masa de agua subterránea por sustancias químicas, cuando el daño se produce en una zona permeable —atendiendo al Mapa de Permeabilidades de España 1:200.000 (MAGRAMA; IGME)— y en la que existe adicionalmente una masa de agua subterránea —mapa de masas de agua subterráneas (MAGRAMA)—.

En las zonas sin riesgo no se considerarán técnicas para la restauración de las aguas subterráneas ante un vertido químico.

### 1.6. Permeabilidad (alta/baja)

La permeabilidad del terreno es un aspecto que influye en la técnica de reparación que debe escogerse para recuperar el suelo y el agua subterránea afectados por daños químicos.

Se han identificado dos clases de permeabilidad: baja que corresponde con las categorías muy baja y baja del Mapa de Permeabilidades 1:200.000 (MAGRAMA; IGME); y alta que corresponde con las categorías media, alta y muy alta.

En esencia, en las zonas permeables es posible aplicar técnicas que requieren circulación de flujos de aire y agua, sin embargo, la impermeabilidad de determinadas zonas, hace que esta circulación no pueda producirse.

### 1.7. Pendiente media (%)

Mediante la pendiente media del terreno se determina que los trabajos de repoblación forestal se realicen manual o mecánicamente. Consecuentemente, es un parámetro clave para la definición del presupuesto de los trabajos forestales.

La información sobre las pendientes del terreno se ha extraído de un modelo digital del terreno.

### 1.8. Uso del suelo (existencia de masas de agua, tipos de vegetación, etc.)

El uso del suelo es básico para diseñar la reparación a realizar.

Si existe una masa de agua superficial, ésta será objeto de reparación. Asimismo, el tipo de vegetación —forestal o agrícola, herbácea, matorral o arbórea, etc.— es crucial para la definición de la reparación de los hábitats.

Como fuente de información sobre los usos del suelo se han empleado el Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50), y las coberturas temáticas de ríos, lagos y embalses (MAGRAMA).

### 1.9. Especies arbóreas presentes

Las especies arbóreas existentes son relevantes con el fin de consultar la densidad de las mismas —individuos por unidad de superficie—, en el Tercer Inventario Forestal Nacional, IFN (MAGRAMA). Asimismo, el tipo de especie según su crecimiento, es un aspecto clave con el fin de definir el tiempo necesario para su recuperación.

En el modelo, se ha tomado como referencia el MFE50, en el cual se recogen las tres especies principales presentes en cada una de sus teselas.

#### 1.10. Fracción de cabida cubierta (%)

La fracción de cabida cubierta expresa en forma de porcentaje la relación entre la superficie cubierta por la proyección horizontal de las copas de la vegetación, y la superficie total del terreno. Por lo tanto, es un indicador de la superficie ocupada por cada especie y por cada tipo de vegetación: matorral y arbolado.

La fracción de cabida cubierta del arbolado se asigna a través de la información recogida por el MFE50 a nivel de tesela. En cuanto a la fracción de cabida cubierta por el matorral, dado que no existe actualmente una cartografía a nivel nacional que la represente, se ha estimado a partir la leyenda de tipos estructurales del Mapa Forestal de España.

#### 1.11. Especies animales presentes

Las especies animales existentes en el lugar donde se produce el daño, su categoría de protección y el grupo al que pertenecen, definen el coste de reposición de las mismas.

El Inventario Nacional de Biodiversidad (MAGRAMA) recoge las especies animales presentes en el territorio nacional —anfibios, aves, mamíferos, peces continentales, reptiles o invertebrados—, mediante cuadrículas de 10x10 km. Asimismo, indica la categoría de amenaza en la que se encuentra cada especie según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), siendo la fuente de información empleada por MORA.

#### 1.12. Edad del arbolado (años)

La edad promedio de la masa arbolada es un parámetro básico para establecer el tiempo que debe transcurrir hasta que la reparación alcance su objetivo de reestablecer el estado básico.

El MFE50 ofrece para cada una de sus teselas, la clase natural de edad en la que se encuentran las tres especies arbóreas principales: repoblado, monte bravo, latizal o fustal.

La conversión de las clases naturales de edad a clases artificiales de edad —expresada en número de años—, se ha realizado acudiendo a bibliografía especializada. En concreto, se

ha asignado la edad a partir de la cual cada especie —en función de su crecimiento—, alcanza una determinada clase de edad natural.

**Tabla 15. Edad en años correspondiente a cada clase de edad natural.**

	Crecimiento		
	Rápido	Medio	Lento
Repoblado	2	2	2
Monte Bravo	7	9	13
Latizal	15	19	28
Fustal	25	45	65

Fuente: Elaboración propia a partir de MARTÍNEZ (2005).

### 1.13. Densidad (pies de arbolado/ha y pies de matorral/ha)

La densidad del arbolado y del matorral expresa el número de pies existente por unidad de superficie, siendo por lo tanto un aspecto básico para el dimensionamiento y la posterior evaluación económica de las repoblaciones forestales.

Como fuente principal para estimar el dato de densidad se ha empleado el Tercer Inventario Forestal Nacional. Sin embargo, esta fuente es válida únicamente para los casos en los que las especies declaradas por el MFE50 coinciden con las especies medidas en el Inventario Forestal Nacional. Efectivamente, tal como se ha indicado, el MFE50 aporta la localización de cada especie, mientras el IFN proporciona el número de individuos existente de cada una de dichas especies.

En los casos donde el MFE50 declara la existencia de especies que el IFN no detecta y por lo tanto no ofrece datos de densidades, se ha acudido a bibliografía especializada con el fin de determinar la densidad de plantación de cada especie arbórea, y del matorral. En concreto se han empleado las siguientes fuentes como referencia: SERRADA *et al.* (2008), ZAZO, *et al.* (2000a), ZAZO, *et al.* (2000b) y BALGAÑÓN (2003); asumiendo de esta forma, ante la carencia de información más precisa, que la densidad actual de la masa coincide con la de plantación. Para las masas en estado latizal y fustal se asume una reducción del 25% de los pies iniciales de plantación, estimada a partir de MADRIGAL (1999).

### 1.14. Pedregosidad del suelo (pedregoso/tránsito)

La pedregosidad del suelo modifica el coste por hectárea de los tratamientos forestales, encareciéndose el coste en suelos pedregosos frente a los costes en suelos de tipo tránsito.

Actualmente no se ha detectado ninguna cartografía a nivel nacional en la que se indique la pedregosidad del suelo, por lo que deberá ser un parámetro a introducir por el usuario del modelo.

No obstante, con carácter conservador, se han tomado como dato de partida los costes correspondientes a suelos pedregosos ya que son los más elevados.

## 2. Bloque II: Agente causante del daño

Conforme a lo establecido en la normativa de responsabilidad medioambiental, y según se ha expuesto en apartados precedentes, los agentes causantes de daños considerados en el modelo se agrupan en cuatro tipos: químicos, físicos, biológicos e incendio.

El usuario deberá introducir en el modelo el tipo de agente, con el cual se causaría el daño, así como la biodegradabilidad del mismo en el caso de los agentes químicos. Este aspecto será tenido en cuenta cuando el lugar en el que se libera el agente sea inaccesible para los medios de reparación, de forma que si el vertido químico no se degrada en un plazo de tiempo razonable, deberá realizarse una medida reparadora complementaria.

**a) Agentes químicos**

Los agentes químicos se han agrupado en las categorías identificadas por el *Federal Remediation Technologies Roundtable* (FRTR) como relevantes de cara a la selección de la técnica de reparación<sup>5</sup>. Estas categorías son las siguientes:

- Compuestos orgánicos volátiles no halogenados
- Compuestos orgánicos volátiles halogenados
- Compuestos orgánicos semivolátiles no halogenados
- Compuestos orgánicos semivolátiles halogenados
- Fuegos y compuestos orgánicos no volátiles
- Sustancias inorgánicas
- Explosivos

**b) Agentes físicos**

Los agentes físicos entre los cuales puede seleccionar el usuario para la valoración de daños, son los siguientes:

- Extracción/Desaparición
- Vertido de residuos inertes
- Incremento de temperatura

**c) Agentes biológicos**

Por último, los agentes biológicos evaluados en el modelo se recogen a continuación:

- Organismos modificados genéticamente
- Especies exóticas
- Virus y bacterias
- Hongos e insectos

**d) Incendio**

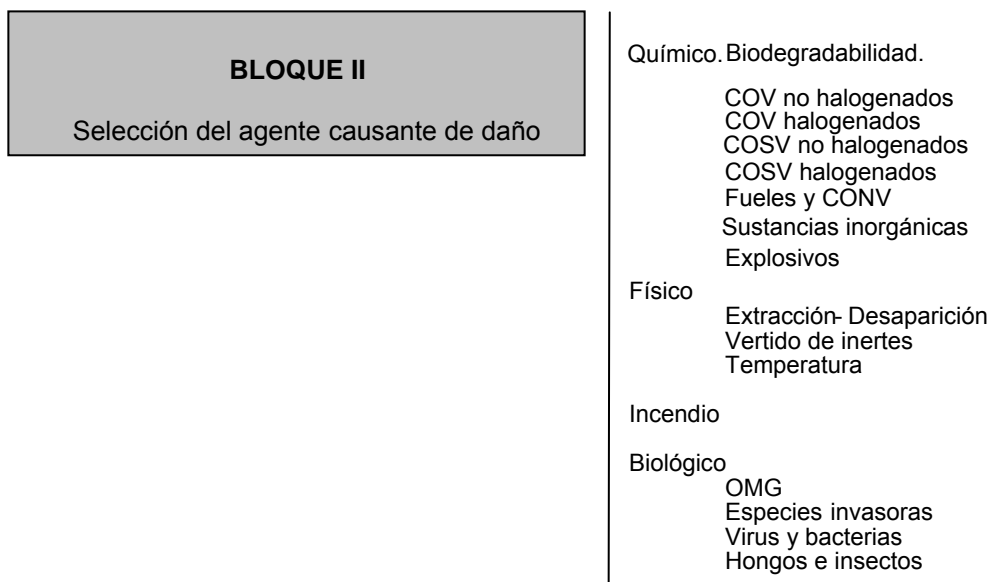
---

<sup>5</sup> <http://www.frtr.gov/matrix2/>

El incendio no se desagrega en diferentes tipologías, siendo considerado en el modelo como un daño específico.

A modo de resumen, en la Figura 15 se enumeran los agentes causantes de daño entre los cuales el usuario deberá seleccionar aquéllos que se ajusten a sus escenarios de riesgo.

**Figura 15. Parámetros del modelo. Bloque II: Agente causante del daño.**



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Bloque III: Recursos dañados y cuantificación del daño

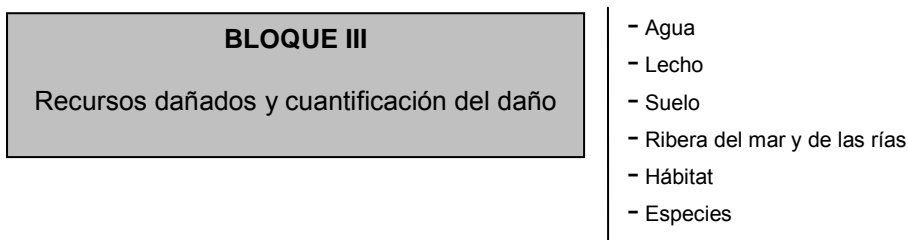
La localización del daño ofrece información de referencia sobre los recursos naturales que potencialmente pueden verse afectados por el agente: agua marina, agua continental superficial, agua continental subterránea, lecho de las aguas continentales, lecho del agua marina, suelo, ribera del mar y de las rías, hábitats, y/o especies.

En este tercer bloque, se hace necesario precisar y estimar concretamente la cantidad de cada recurso que se vería afectada por cada agente causante de daño. Datos que deben ser facilitados por el usuario.

La identificación de los recursos naturales afectados por el daño, así como la cantidad de recurso afectado por el mismo —extensión del daño—, puede ser estimada a partir de variables relacionadas con el medio y con el agente: porosidad del suelo, velocidad de infiltración, precipitaciones, caudal de los cursos de agua, profundidad del nivel freático, inventarios de fauna, etc. Para ello puede ser útil tanto acudir a los diferentes modelos de difusión disponibles en la actualidad como aplicar otros criterios técnicos de cuantificación.

La Figura 16 recoge los recursos que pueden ser introducidos en el modelo, las unidades en las cuales debe cuantificarse cada uno de los mismos se muestran en la Tabla 7.

**Figura 16. Bloque III: Cuantificación del daño.**



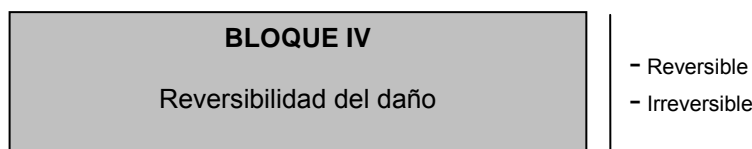
Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Bloque IV: Reversibilidad del daño

El modelo diseñado realiza los cálculos de los costes de reposición de forma separada para daños reversibles y daños irreversibles, no admitiendo pérdidas de tipo mixto. Esto es, en el modelo debe introducirse la cantidad de recurso dañado de manera reversible, y por otra parte la cantidad de recurso dañado con carácter irreversible. Esta distinción se realiza con el fin de calcular de forma diferenciada la reparación primaria —y su correspondiente compensatoria—; y la reparación complementaria.

En este punto el operador deberá determinar si el daño causado es reversible o irreversible, según se muestra en la Figura 17 existiendo la posibilidad de que en un mismo accidente, parte de los recursos se vean dañados con carácter reversible y otra parte con carácter irreversible.

**Figura 17. Parámetros del modelo. Bloque IV: Reversibilidad del daño.**



Fuente: Elaboración propia.

La declaración de irreversibilidad debe atender a los siguientes criterios, establecidos tomando como referencia el artículo 22 del Reglamento:

a) Localización geográfica del daño

La accesibilidad representa un aspecto clave de cara a declarar la irreversibilidad del daño. En caso de que el recurso se encuentre en un lugar inaccesible para los medios de reparación, y adicionalmente el agente causante del daño no sea biodegradable en un periodo de tiempo razonable, se estará ante un daño irreversible.

En este sentido, el modelo diferencia cartográficamente las zonas accesibles de las inaccesibles.

b) El agente causante de daño y la cantidad de recurso afectado

En función del agente que cause el daño y de la extensión del mismo, los efectos pueden ser considerados irreversibles. Para ello se debe evaluar la viabilidad de tratar con eficacia determinadas cantidades de agente; ya que para grandes cantidades de recurso afectado —ya sea porque se libere un gran volumen del agente o porque éste se difunda en una gran cantidad de recurso—, la reparación podría resultar inviable y por lo tanto, el daño irreversible. En resumen, la reparación exige la existencia de técnicas disponibles para que ésta sea llevada a cabo.

c) Coste desproporcionado de la reparación primaria

En caso de que el coste de la reparación primaria sea desproporcionado en comparación con los beneficios ambientales que se lograrán gracias a la misma, deberá estimarse la realización de una reparación por vía complementaria, y en el extremo acudir a una equivalencia de tipo servicio-servicio, valor-valor o valor-coste.

d) Tiempo necesario para la reparación primaria

En caso de que el tiempo necesario para la reparación primaria sea desproporcionado, el daño debe ser considerado irreversible.

En la metodología MORA se asume con carácter general que una reparación primaria es razonable —desde el punto de vista temporal— si su duración no excede de 30 años —este valor se ha establecido a partir de lo dispuesto en el artículo 4 de la LRMA—. No obstante, dado que en la actualidad se abordan proyectos de reparación cuya duración excede dicha cifra —por ejemplo, a través de la repoblación de masas forestales— se considera necesario adoptar el límite anterior simplemente a modo indicativo, debiendo declararse el periodo de tiempo de reparación como razonable o no estudiando cada caso concreto.

#### 4.1.2. ÁRBOLES DE SUCESOS

Los árboles de sucesos elaborados para el proyecto MORA toman como punto de partida el agente causante del daño, ya que el mismo determina —junto con la localización del daño— los recursos naturales potencialmente afectados.

Cada combinación agente-recurso desemboca en un árbol de sucesos específico en el que a partir de los valores adoptados por los parámetros relevantes, se obtiene tanto el tipo de medida a aplicar como la técnica de reparación que debe realizarse; la cual lleva asociado su coste, tiempo de aplicación y eficacia.

#### 4.2. CÁLCULO DE LA REPARACIÓN COMPENSATORIA Y COMPLEMENTARIA

Como se ha explicado anteriormente, las medidas de reparación compensatoria y complementaria son aquéllas que tienen como objetivo compensar a la sociedad por las pérdidas temporales y las pérdidas irreversibles respectivamente.

En concreto, las medidas compensatorias pretenden indemnizar por las pérdidas provisionales de recurso, mientras que las medidas complementarias lo hacen por las pérdidas irrecuperables. Éstas últimas se llevan a cabo cuando la reparación primaria no es aplicable o es insuficiente, es decir, en los casos en que, al ser un daño irreversible el recurso natural dañado no alcanza su estado básico.



El Reglamento indica en su artículo 24 que las medidas de reparación complementaria y compensatoria podrán realizarse en el lugar dañado o en un lugar alternativo. Ahora bien, este mismo artículo en su tercer apartado indica que en caso de que no sea posible o adecuado llevar a cabo las medidas de reparación complementaria o compensatoria en el lugar dañado, la autoridad competente podrá acordar que la reparación se realice en un lugar alternativo vinculado geográficamente al receptor afectado, es decir, debe existir una conexión ecológica, territorial o paisajística, entre los recursos naturales o los servicios de los recursos naturales dañados y el lugar donde se llevará a cabo la reparación. Particularmente en el modelo diseñado ambos tipos de medidas —compensatorias y complementarias— se aplican en un lugar distinto a aquél en que se ha producido el daño, dado que el seleccionar otro tipo de medidas de mejora en el lugar del daño, requeriría un análisis *ad hoc*; por lo que se plantea una ampliación de la primaria, de tal forma que en el caso de la medida compensatoria no habría espacio físico para hacerla, y en el caso de la medida complementaria, al ser el daño irreversible carece de sentido plantear la reparación del mismo recurso en el mismo lugar.

Debido a la naturaleza del proyecto, en el cual se evalúa la reparación *a priori*, esto es, antes de que se produzca el daño, es imposible conocer la localización concreta del lugar donde se van a llevar a cabo estas medidas. Por este motivo, en el marco de MORA se considera que la reparación compensatoria y complementaria se llevarán a cabo en un lugar con las mismas características que el originalmente dañado, siendo de aplicación la misma técnica que la empleada para la reparación primaria —por lo tanto se asume que la reparación compensatoria y complementaria tendrán los mismos costes fijos y variables que la medida primaria que hubiera correspondido aplicar—.

Conforme con el Anexo II del Reglamento, la metodología a seguir para el dimensionamiento de las reparaciones compensatoria y complementaria, debe ser el Análisis de Equivalencia de Recursos (AER). Según se indica en el preámbulo de dicho Reglamento, los trabajos de referencia son los estudios elaborados por la Comisión Europea sobre la metodología necesaria para aplicar la Directiva 2004/35/CE (proyecto REMEDE)<sup>6</sup>.

#### 4.2.1. EL ANÁLISIS DE EQUIVALENCIA DE RECURSOS EN MORA

De los tres tipos de medidas reparadoras que señala la Ley 26/2007, de Responsabilidad Medioambiental, para la reparación de los daños medioambientales, el AER se ocupa de establecer únicamente la cantidad de medidas compensatorias y complementarias, al ser una metodología destinada a determinar la cantidad adicional de recursos o servicios que deberán crearse para compensar por la pérdida provisional —medidas compensatorias— o irreversible —medidas complementarias— de los mismos.

Puesto que, tanto la reparación complementaria como la compensatoria suponen la creación adicional de recursos y/o servicios naturales, es necesaria la aplicación de criterios de equivalencia que permitan calcular esos nuevos recursos que se van a generar con la reparación para que sean del mismo tipo, calidad y cantidad que los dañados. El Anexo II del Reglamento, de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, describe de forma pormenorizada los supuestos en los que deberá aplicarse cada criterio de equivalencia —recurso-recurso, servicio-servicio, valor-valor, valor-coste—, siendo los criterios recurso-recurso y servicio-

---

<sup>6</sup> <http://www.envliability.eu/>

servicio los que tienen carácter prioritario, al garantizar un mayor grado de sustitución entre los recursos y servicios dañados, y aquéllos que pueden obtenerse a través de la reparación —de hecho, al preferir la Ley 26/2007 las medidas primarias para recuperar los daños, está preconizando una reparación recurso-recurso—. Ambos criterios requieren la aplicación del AER, que como se ha señalado, se desarrolla siguiendo los trabajos del proyecto REMEDE. Asimismo, el Reglamento recoge los supuestos en los que será necesario acudir a los métodos de valoración que ofrece el análisis económico —criterios de equivalencia valor-valor y valor-coste—.

El AER constituye un caso particular del enfoque de costes de reposición. La idea en la que se basa esta metodología es que la sociedad afectada por un determinado daño, queda compensada si se realiza un proyecto de reparación que proporcione la misma cantidad de recursos naturales que los que se han perdido, midiendo tanto la pérdida como la cantidad recuperada en unidades biofísicas, siendo ésta la principal aportación de esta metodología. Las dos modalidades de ésta son:

*Recurso-recurso.* Se aplica cuando la unidad que se utiliza es la cantidad de recurso natural. Sólo tiene sentido utilizarlo cuando el recurso natural que se recupera es del mismo tipo y calidad que el dañado.

*Servicio-servicio.* La forma de proceder en esta modalidad, es la siguiente: Se identifican los servicios perdidos por el daño, se mide cada uno en una determinada unidad; y se busca la compensación recuperando recursos naturales —normalmente distintos de los dañados—, que proporcionen la misma cantidad de servicios perdidos medidos en sus respectivas unidades. En este caso es necesario aplicar tasas de intercambio —dichas tasas permiten ajustar la cantidad de servicios dañados con la cantidad de servicios que generará el proyecto de reparación, permitiendo incluso añadir en el cálculo algún servicio que no haya sido dañado pero que se genere mediante la reparación—.

Dado que la Ley 26/2007 exige que, para establecer la magnitud de las medidas complementarias y compensatorias, se consideren en primer lugar las aproximaciones del AER, habrá que recurrir siempre a criterios de tipo recurso-recurso o servicio-servicio. Dichos criterios no son excluyentes, tal y como indica la Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto 2090/2008. En este sentido, siempre que los recursos repuestos sean del mismo tipo que los dañados, una reparación que se realice conforme a una aproximación recurso-recurso implica, por extensión, la recuperación de los servicios que se han perdido. Del mismo modo, una reparación que se efectúe atendiendo a criterios de equivalencia de tipo servicio-servicio, implicará la restauración del hábitat y, por extensión, la recuperación de los recursos y de los elementos bióticos y abióticos que lo constituyen. Ésta es la razón principal por la que no se establece una prioridad entre la aplicación de un criterio de equivalencia de tipo recurso-recurso o servicio-servicio, siendo necesario un estudio *ad hoc* para seleccionar la aproximación biofísica y, por consiguiente, la unidad de medida más adecuada en cada caso.

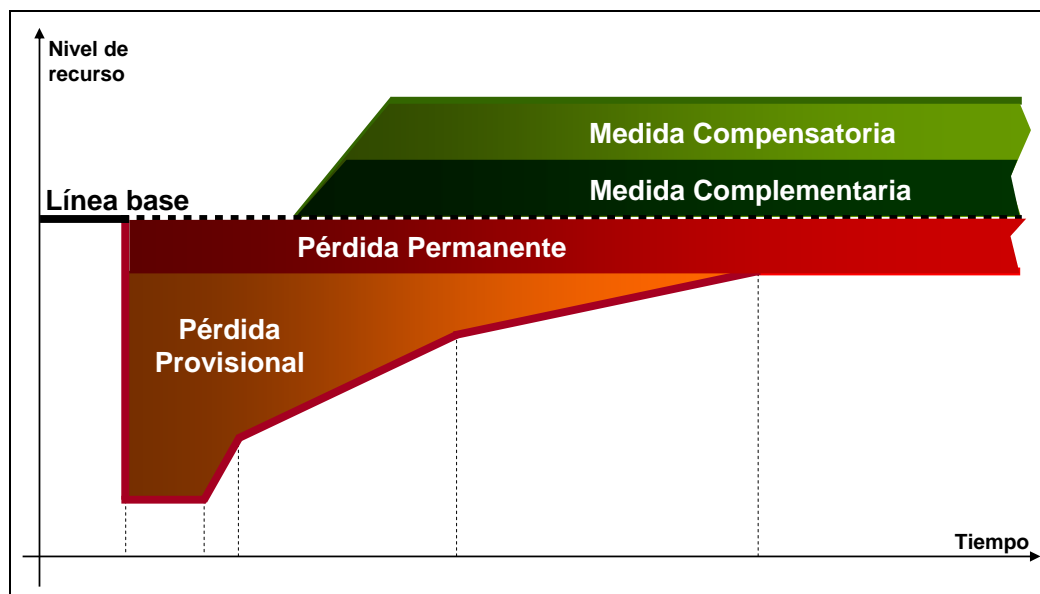
Cuando la unidad de medida utilizada para estimar las pérdidas y las ganancias de recursos o servicios naturales se basa en la cantidad de superficie o hábitat perdido y ganado, el análisis recibe el nombre de Análisis de Equivalencia de Hábitat (AEH). No obstante y dado que en esencia AER y AEH son similares, el Reglamento señala que se adoptará el nombre de AER independientemente de que la equivalencia entre los recursos o servicios que se han perdido con motivo del daño y aquéllos que pueden generarse mediante la reparación, tenga en cuenta la variación de la calidad o del nivel de servicios entre el lugar dañado y el que es objeto de reparación.

Por último, merece la pena destacar que si bien las medidas de reparación compensatoria y complementaria tienen sentidos de compensación diferentes, el procedimiento de cálculo a seguir en ambos casos es similar. Además, esta metodología puede aplicarse antes de que el daño se produzca (análisis *ex ante*), como sería el caso de un análisis de los daños potenciales que puede causar una instalación de cara a la gestión del riesgo medioambiental; o bien, después de un suceso que haya tenido consecuencias negativas sobre cualquiera de los receptores contemplados por la Ley 26/2007 (análisis *ex post*).

#### 4.2.2. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL AER

De forma general, la base en la que se sustenta esta metodología, es que el área que representa el nivel de pérdida de recursos o servicios originada con el accidente —una vez descontadas las pérdidas al año base conforme se explica a continuación— y el nivel de recursos o servicios que se genera con el proyecto de reparación —denominado ganancias, y que debe ser igualmente descontado al año base— deben compensarse, por lo que el cociente entre la suma de las pérdidas —débito— y la suma de las ganancias generadas por la reparación —crédito— proporciona la cantidad adicional de recursos o servicios que habrá que crear para compensar a la sociedad afectada por las pérdidas provisionales o irreversibles.

Figura 18. Esquema conceptual del Análisis de Equivalencia de Recursos.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se explican de forma detallada las distintas fases que se han llevado a cabo para la aplicación del AER en el presente modelo de valoración:

##### 1. Introducción de parámetros de entrada

**A.** Definición de la unidad temporal en la cual se realizará el análisis.

La unidad temporal se denomina periodo, y puede ser años, meses, quincenas, semanas o días. En la herramienta informática MORA el análisis puede realizarse en meses o años.

El periodo elegido va a determinar el nivel de detalle del estudio. En el ámbito del modelo, se ha seleccionado el mes como unidad mínima temporal de análisis, al ser una unidad

coherente con el tiempo de reparación asociado a la mayoría de las técnicas, y permitir relativamente una mayor precisión que el año.

**B. Determinación de la tasa de descuento (t).**

Tal y como indica el Reglamento, de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, en el apartado III de su Anexo II, el valor de referencia de la tasa de descuento anual será el 75% del tipo de interés medio de la última subasta de obligaciones del Estado a 10 años<sup>7</sup>. Así mismo, se establece un valor mínimo para este valor de referencia del 1%. Lo que está en consonancia con las indicaciones de REMEDE (2006)<sup>8</sup>, según las cuales, la tasa anual de descuento deberá estar entre el 1 y el 8%, recomendándose un valor medio del 3%.

Partiendo de este valor de referencia de la tasa anual de descuento (t), la tasa de descuento para otro periodo de tiempo (t<sub>n</sub>) vendría dada por la ecuación de la capitalización compuesta:

$$1 + t = (1 + t_n)^n$$

Donde:

t, es la tasa anual de descuento,

t<sub>n</sub>, es la tasa de descuento referida al tipo de período n (mensual, quincenal, etc.),

n, es el número de veces que está contenido el periodo seleccionado en un año —Ej. Si la unidad de medida de tiempo es el mes, n sería igual a 12—.

**C. Establecer el tiempo que transcurre hasta que comienza la reparación (T<sub>o</sub>).**

El tiempo de espera es el tiempo que transcurre desde que acontece el daño hasta que se inicia la reparación del mismo. En MORA se toma por defecto un tiempo de espera igual a cero. No obstante, el usuario podría introducir otros valores siempre de forma justificada. A modo de ejemplo, podría tomarse como referencia el tiempo con que cuenta la autoridad competente para resolver los procedimientos de exigencia de responsabilidad medioambiental conforme con el artículo 45 de la LRMA.

**D. Establecer el horizonte temporal de la recuperación (T<sub>r</sub>).**

El horizonte temporal de la recuperación es el tiempo —medido en la unidad de periodo seleccionada— que transcurre desde el comienzo de la reparación hasta el momento en el cual se logra la recuperación.

**E. Establecer el límite temporal del análisis (T<sub>a</sub>).**

El límite temporal del análisis es el momento en el cual las pérdidas medias son nulas. T<sub>a</sub> es el resultado de sumar una unidad temporal adicional al horizonte establecido en el apartado D.

---

<sup>7</sup> [www.tesoro.es](http://www.tesoro.es)

<sup>8</sup> REMEDE (2006) *Deliverable No.5: Legal analysis. Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU.*

$$T_a = T_r + 1$$

Donde:

$T_a$ , es el límite temporal para el análisis,

$T_r$ , es el momento en el cual se alcanza la recuperación del recurso.

**F. Determinación del coste fijo y variable de la técnica de reparación.**

El coste asociado a cada técnica de reparación será el que corresponda conforme a lo indicado en los apartados precedentes. Este coste no tiene por qué ser el mismo para todos los tipos de medidas —primaria, compensatoria y complementaria—, si bien dado el ámbito generalista del modelo, se toma como referencia el coste de la reparación primaria con el fin de valorar económicamente el resto de medidas reparadoras.

**G. Determinación de la cantidad dañada en unidades físicas (Q).**

Como valor por defecto, en el modelo se toma 1 unidad física, con el fin de que cada usuario pueda obtener para su caso concreto la cantidad de medida compensatoria y el coste que ésta lleve asociado, sin más que multiplicar la cantidad de compensatoria por unidad de recurso dañado por la cantidad de recurso dañado.

**2. Cálculo del factor de descuento de cada periodo**

El factor de descuento de cada periodo (FD) es el factor de capitalización o descuento que debe aplicarse para expresar los datos del periodo en términos del año cero, en el cual se inicia la reparación. Esto se realiza con el objeto de poder sumar pérdidas o ganancias para obtener el débito o el crédito, respectivamente.

El método de descuento que se utiliza en el modelo, conforme a lo estipulado en el Reglamento, es el método exponencial:

$$FD_i = \frac{1}{(1 + t_n)^i}$$

Donde:

$FD_i$ , es el factor de descuento en el período  $i$ ,

$t_n$ , es la tasa de descuento para el tipo de periodo  $n$ ,

$i$ , es el período para el que se está calculando el factor de descuento.

**3. Cálculo del débito ambiental**

**A. Cálculo de la pérdida en tanto por uno en el momento inicial de cada periodo.**

Esta pérdida será el 100% desde que se produce el daño hasta el periodo base, en el cual se inicia la reparación.

A partir del periodo base se asume por defecto una reparación de tendencia lineal. Así, en un periodo determinado (i) la pérdida en el inicio del periodo es:

$$P_i^o = 1 - \frac{T_{ri}}{T_r}$$

Donde:

$P_i^o$ , es la pérdida porcentual al inicio del periodo i, en tanto por uno,

i, es el periodo para el que se están calculando las pérdidas,

$T_{ri}$ , es el instante en el que finaliza un periodo determinado,

$T_r$ , es el momento en el cual se alcanza la recuperación del recurso.

La pérdida se hace nula cuando se alcanza el tiempo de recuperación, y continúa siendo nula por un tiempo infinito.

**B. Cálculo de la pérdida en tanto por uno en el momento final de cada periodo.**

La pérdida al final de cada periodo es igual a la pérdida inicial del periodo siguiente. Este es el motivo por el cual en las hojas de cálculo diseñadas para calcular el análisis de equivalencia, el plazo temporal del análisis ( $T_a$ ) es una unidad superior al plazo de recuperación, ya que la pérdida final del periodo  $T_r$  es igual a la pérdida inicial del periodo  $T_a$ .

$$P_i^f = P_{i+1}^o$$

Donde:

$P_i^f$ , es la pérdida en tanto por uno al final del periodo i,

$P_{i+1}^o$ , es la pérdida en tanto por uno al inicio del periodo i+1.

**C. Cálculo de la pérdida promedio en tanto por uno de cada periodo.**

Es el resultado de calcular la media aritmética de la pérdida inicial y final. Éste será el valor perdido, de referencia para cada periodo. Al incluir el parámetro  $T_a$  (plazo temporal del análisis) se consigue que la pérdida promedio en este periodo  $T_a$  sea nula al serlo también la pérdida al inicio y al final de dicho periodo. En el caso del periodo  $T_r$ , sin embargo, la pérdida promedio no era nula al ser la pérdida al inicio del periodo distinta de cero y la pérdida final del periodo igual a cero.

$$\bar{P}_i = \frac{P_i^o + P_i^f}{2}$$

Donde:

$\bar{P}_i$ , es la pérdida promedio en tanto por uno del periodo i,

$P_i^o$ , es la pérdida promedio en tanto por uno al inicio del periodo  $i$ ,

$P_i^f$ , es la pérdida en tanto por uno al final del periodo  $i$ .

**D. Cálculo de la cantidad total de recurso perdido en cada periodo.**

La cantidad de recurso perdido en cada periodo ( $QRP_i$ ) es el resultado de multiplicar las unidades físicas de recurso dañado por la pérdida promedio en tanto por uno del periodo.

$$QRP_i = \bar{P}_i \times Q$$

Donde:

$QRP_i$ , es la cantidad de recurso perdido en el periodo  $i$ ,

$\bar{P}_i$ , es la pérdida promedio en tanto por uno del periodo  $i$ ,

$Q$ , es la cantidad total de recurso dañado.

**E. Cálculo de la pérdida descontada.**

La pérdida descontada ( $P'_i$ ) es el resultado de multiplicar la cantidad perdida del periodo ( $QRP_i$ ) por su correspondiente factor de descuento ( $FD_i$ ).

$$P'_i = QRP_i \times FD_i$$

**F. Cálculo del débito ambiental.**

El débito (D) es el sumatorio de las pérdidas descontadas, viene expresado en unidades físicas de servicio por servicio descontado por periodo:

$$D = \sum_{i=T_o}^{T_r} P'_i$$

**4. Cálculo del crédito ambiental**

El crédito ambiental se descompone en dos tipos de flujos: finitos e infinito.

**A. Cálculo del crédito ambiental finito.**

**a. Cálculo de la ganancia en tanto por uno del periodo.**

La ganancia porcentual finita media del periodo ( $\bar{G}_i$ ) se puede estimar como el complementario hasta 1 de la pérdida promedio ( $\bar{P}_i$ ).

$$\bar{G}_i = 1 - \bar{P}_i$$

**b. Cálculo de la ganancia finita descontada.**

La ganancia finita descontada ( $G'_i$ ) es el resultado de multiplicar la cantidad finita ganada del periodo ( $\overline{G}_i$ ) por su correspondiente factor de descuento ( $FD_i$ )

$$G'_i = \overline{G}_i \times FD_i$$

**c. Determinación del tiempo en el cual se logra la ganancia infinita.**

El tiempo a partir del cual se hace infinita la ganancia coincide con el tiempo de recuperación ( $T_r$ ).

**F. Cálculo del crédito ambiental finito.**

El crédito ambiental finito ( $Cf$ ) es el sumatorio de las ganancias finitas descontadas ( $G'_i$ ), viene expresado en unidades físicas del servicio por servicio descontado por unidad de tiempo por unidad física:

$$Cf = \sum_{i=0}^{T_r} G'_i$$

**B. Cálculo del crédito ambiental infinito.**

**a. Cálculo del valor ambiental infinito.**

El valor ambiental infinito ( $V_i$ ) no es sino el Valor Actual Neto (VAN) de la serie de ganancias permanentes y continuas. Se calcula por tanto como la suma de los términos de una progresión geométrica, es decir, dividiendo la cantidad de recurso recuperada ( $QRR_i$ ) de forma infinita entre la tasa de descuento:

$$V_i = \frac{QRR_i}{t_n}$$

**b. Cálculo de la ganancia infinita descontada.**

El crédito ambiental infinito queda referido al periodo  $T_r-1$ . Por lo tanto su valor descontado, el cual es equivalente a la ganancia o crédito infinito descontado ( $C_i$ ) es:

$$C_i = \frac{V_i}{(1 + t_n)^{T_r-1}}$$

**C. Cálculo del crédito ambiental total.**

El crédito total es el resultado de sumar el crédito finito y el infinito:

$$C = Cf + C_i$$



### 5. Cálculo de la medida primaria

#### A. Dimensionamiento de la medida primaria en unidades físicas.

La medida primaria se aplicará sobre las mismas unidades físicas que han sufrido el daño (Q).

#### B. Monetización de la medida primaria.

La expresión general empleada en MORA para el cálculo del valor asociado a la técnica de reparación primaria es la siguiente:

$$C_{fijo} + C_{variable} \times Q$$

Donde:

$C_{fijo}$ , es el coste fijo asociado a la técnica de reparación

$C_{variable}$ , es el coste variable asociado a la técnica de reparación

$Q$ , es la cantidad de recurso afectada por el daño

A la anterior ecuación general se le agrega un componente específico en el caso de los daños ocurridos al lecho marino o al lecho de las aguas continentales:

$$p \times M_{acc}^q$$

Donde:

$p$ , es una constante que únicamente adquiere un valor distinto de cero para los daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales

$M_{acc}$ , es la cantidad de agente asociada al accidente, medida en toneladas, en el caso de daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales. En las restantes combinaciones agente-recurso este parámetro adquiere valor cero

$q$ , es una constante que adquiere valor 1 para todas las combinaciones agente-recurso, salvo para aquéllas que implican daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales en las que adopta un valor específico

### 6. Cálculo de la medida compensatoria

#### A. Dimensionamiento de la compensatoria en unidades físicas.

La medida compensatoria se dimensiona mediante la relación entre el débito ambiental (D) y el crédito ambiental (C):

$$Cantidad\_Compensatoria = Q_{comp} = \frac{D}{C}$$

**B. Monetización de la medida compensatoria.**

En MORA se asume que la reparación compensatoria se realiza aplicando la misma técnica que la seleccionada para llevar a cabo la reparación primaria. Por lo tanto, la función de costes de la técnica de reparación compensatoria coincide con la de su correspondiente técnica de reparación primaria.

**7. Cálculo de medidas complementarias**

Las medidas complementarias únicamente se aplicarán para los casos en los que el daño sea considerado “irreversible”.

Esto es, en caso de que el operador realice un daño que produzca efectos reversibles y en parte irreversibles deberá realizar su cálculo por separado: un primer análisis para la parte recuperable —lo cual conlleva medidas primarias y, en su caso, compensatorias— y un segundo para la irrecuperable —medidas complementarias, que a su vez pueden llevar asociadas medidas compensatorias—.

Según este enfoque las medidas complementarias se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Se considera que se realizan en otro lugar distinto del dañado, que se encuentra igualmente en condiciones degradadas.
- Su cálculo es análogo al anteriormente expuesto para la primaria y compensatoria, pero tomando como débito el correspondiente a una pérdida de recursos de duración infinita.

## 5. Procedimiento de valoración de daños

### 5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento adoptado en MORA con el fin de estimar los costes que supone la reparación de los daños medioambientales toma como punto de partida una situación de amenaza de daño.

Una amenaza de daño —conforme a las definiciones recogidas en el artículo 2 de la LRMA— es una probabilidad suficiente de que se produzcan daños medioambientales en un futuro próximo.

Ante esta amenaza, el primer tipo de medidas que deben adoptarse son de tipo preventivo. Se trata de aquéllas cuyo objeto es impedir la producción del daño o reducirlo al máximo. Como ejemplo ilustrativo, este tipo de medidas puede consistir en disponer de cubetos de retención en buen estado, realizar revisiones periódicas de las fuentes de peligro, instalar sistemas de alerta temprana, disponer de equipos en buen estado de funcionamiento, impartir formación en materia de riesgos medioambientales al personal encargado de las operaciones, etc.

En caso de que la prevención logre eliminar la probabilidad de ocurrencia del daño, el procedimiento habrá concluido. Por el contrario, si la amenaza persiste, deberán identificarse las posibles afecciones al medio. Esto es, deben determinarse los recursos naturales que se verán potencialmente afectados con el fin de llevar a cabo las medidas de evitación que correspondan. Conforme con las definiciones recogidas en la LRMA, estas medidas tienen como cometido limitar o impedir mayores pérdidas medioambientales, controlando, conteniendo o eliminando los factores que han originado el daño, o haciendo frente a ellos de cualquier otra manera. A modo ilustrativo, serían medidas de evitación la instalación de barreras flotantes en el agua, el despliegue de medios absorbentes como mantas, rollos o paños, la construcción de un dique de emergencia para la contención del vertido, la retirada mecánica del agente causante del daño y su posterior traslado a vertedero, la extinción de un incendio, etc.

Tras haber tratado de minimizar las consecuencias del accidente, el siguiente paso consiste en la identificación detallada del agente causante del daño que potencialmente puede causar efectos negativos sobre los recursos naturales.

La etapa de identificación detallada del daño abarca, por un lado, la caracterización del agente causante del daño, lo que implica el estudio de la cantidad del mismo —en unidades físicas (volumen, masa, etc.)—, y del medio de difusión al que ha sido liberado —básicamente, agua, suelo o atmósfera—. Por otro lado, incluye también la determinación de los recursos —suelo, agua, ribera del mar y de las rías, especies silvestres y hábitat protegidos— afectados por el accidente, así como la consideración de los posibles riesgos que el agente causante del daño pueda ocasionar sobre la salud humana, dado que en caso de existencia de riesgo sobre la salud, el daño debe considerarse siempre significativo.

Los listados de agentes causantes de daño con que cuente el operador, y las características de los mismos contenidas en las fichas de seguridad —en el caso de las sustancias químicas— pueden suministrar información muy útil en este proceso. Así mismo debe disponerse de un listado de los posibles recursos y servicios naturales que pueden verse afectados por cada tipo de agente.

Una vez identificado el daño con el suficiente nivel de detalle, debe procederse a su cuantificación. Esta etapa está dirigida a evaluar la exposición al agente causante del daño por parte de los receptores considerados, incluido el análisis de la severidad de los efectos producidos sobre dichos receptores. El resultado de este proceso indispensable para la aplicación de MORA es la expresión numérica de la cantidad de receptor dañado —extensión del daño medida en unidades biofísicas—.

Para estimar la significatividad del daño medioambiental, el operador debe ser capaz de ofrecer, en la fase de cuantificación, información sobre: la extensión del daño —medida en unidades de masa, volumen o superficie—; la intensidad de los efectos —que indica la severidad del efecto en relación a la sensibilidad del medio— y, finalmente, la duración y la reversibilidad del daño —factores relacionados con la escala temporal, que dependen tanto de las características del impacto como de la respuesta al daño del medio receptor.

En este punto merece la pena destacar que MORA presta asistencia al usuario tanto en la posible declaración de irreversibilidad como en la estimación del tiempo necesario para alcanzar la recuperación del recurso afectado —duración asociada a cada una de las técnicas previstas en el modelo—.

En caso de que se determine que el daño no es significativo, el procedimiento habrá finalizado. Por el contrario si el daño resulta significativo, se iniciará el procedimiento para la selección del criterio de equivalencia a adoptar.

La primera cuestión hace referencia a la posibilidad de recuperar recursos del mismo tipo y calidad que los dañados con un coste razonable. En caso afirmativo, se aplicará un criterio de equivalencia del tipo recurso-recurso. MORA se ha construido siguiendo esta vía.

En caso de que los recursos recuperados por la técnica reparadora no puedan asimilarse con los dañados, deberá aplicarse una equivalencia del tipo servicio-servicio si se conoce o se puede estimar la tasa de intercambio existente entre los servicios dañados y los servicios generados. Igualmente, es necesario que se cumpla la premisa de que el coste sea razonable.

La tasa de intercambio podrá estimarse tanto estableciendo indicadores ecológicos, como acudiendo a herramientas propias de las técnicas de valoración económica. Cuando no sea posible estimar dicha tasa de intercambio, se deberán aplicar equivalencias del tipo valor-valor o valor-coste.

El criterio de equivalencia valor-coste únicamente se aplicará en caso de que no sea posible estimar el valor social de los recursos naturales, o los servicios de los recursos que podrán generarse a través del proyecto de reparación o cuando dicha valoración no pueda realizarse en un plazo o con unos costes razonables.

Las medidas de reparación primaria —cuyo fin es restituir o aproximar al máximo los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a su estado básico— se aplicarán cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Existen técnicas eficaces para la reparación del recurso o los servicios dañados
- El coste de la medida primaria es razonable en relación con los beneficios ambientales que se esperan obtener
- El plazo de tiempo requerido para la reparación primaria es razonable

En caso contrario, se deberán realizar medidas de reparación complementaria.

Las medidas compensatorias serán aplicables siempre que las reparaciones primaria y/o complementaria no tengan efecto inmediato. En el ámbito del presente modelo, se considera efecto inmediato a aquéllos que ocurren en un plazo inferior a 1 mes.

La herramienta de cálculo empleada en MORA para el dimensionamiento de las medidas complementaria y compensatoria es el Análisis de Equivalencia de Recursos.

En caso de que el criterio de equivalencia empleado sea del tipo servicio-servicio la herramienta a aplicar se denomina Análisis de Equivalencia de Hábitat, recibiendo el nombre de Análisis de Equivalencia de Valor cuando el criterio es del tipo valor-valor. Los tres métodos de análisis son en esencia similares, si bien difieren en aspectos clave como las unidades de medida. Cuando el criterio seguido es del tipo valor-coste no se realizan análisis de equivalencia, ya que directamente deben sufragarse los costes de un proyecto de reparación, por cuantía igual al valor de los recursos dañados (REMEDE, 2008).

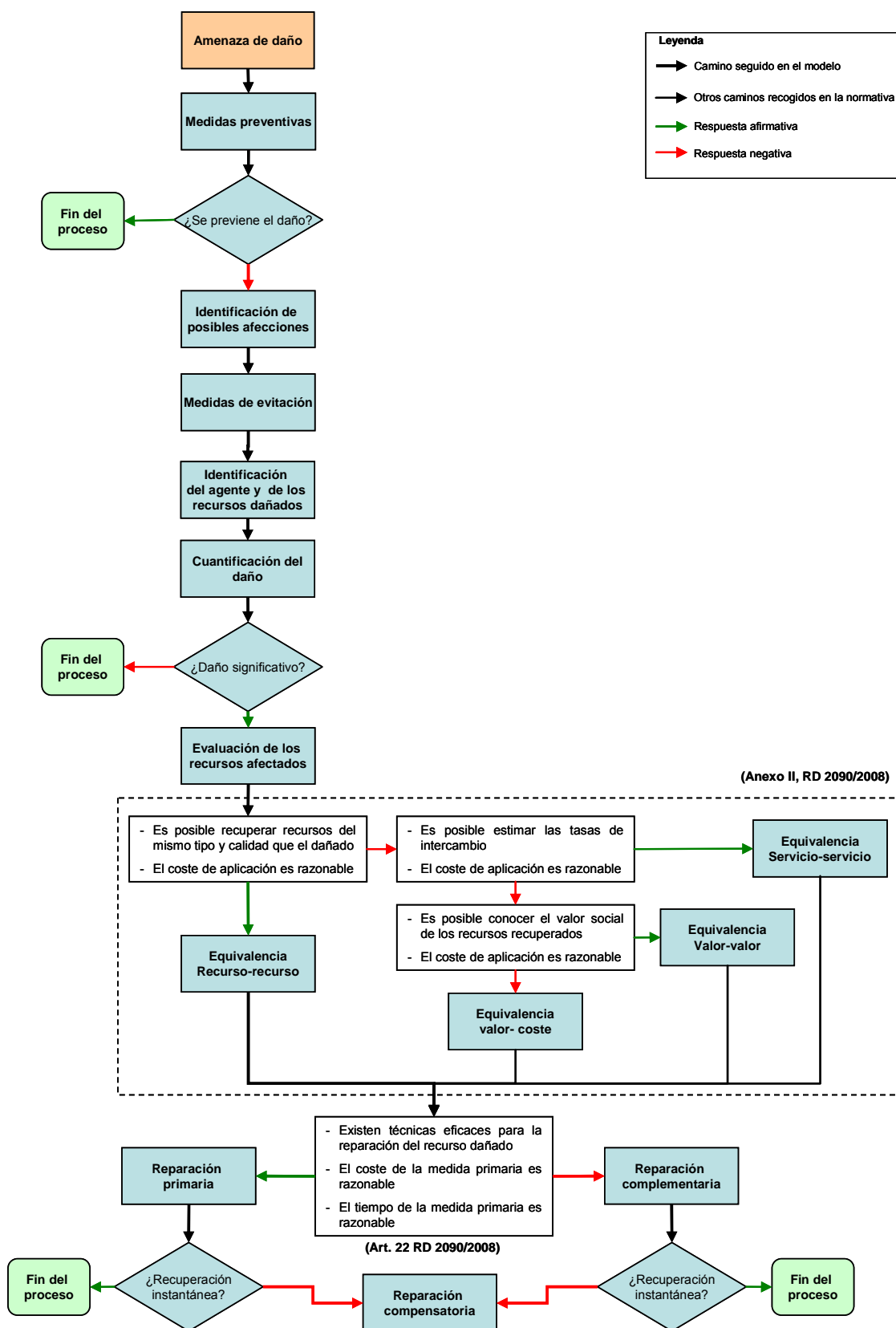
Por último, debe indicarse que conforme con el artículo 22 del Reglamento en caso de que el operador determine que el coste de la reparación es desproporcionado en relación con los beneficios ambientales que se esperan obtener, el mismo deberá acreditarlo mediante una memoria económica justificativa que tendrá carácter público.

La Figura 19, recogida en la página siguiente, ilustra con un diagrama de flujo el procedimiento anteriormente expuesto —tomando como base el diagrama publicado en la Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007—.

Conforme se indica en la leyenda de dicha figura, las flechas de trazo grueso señalan el camino seguido en el proyecto MORA —equivalencias del tipo recurso-recurso—, mientras que las flechas de trazo fino representan otras opciones de valoración también recogidas en la normativa —equivalencias del tipo servicio-servicio, valor-valor y valor-coste—.

El resultado ofrecido por el modelo es la valoración económica —expresada en unidades monetarias— de las medidas de reparación primaria, compensatoria y en su caso complementaria.

Figura 19. Esquema del procedimiento de valoración.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Memoria Justificativa del proyecto de Real Decreto 2090/2008.

## 5.2. CÁLCULO DEL VALOR DE LOS DAÑOS

El cálculo del coste del proyecto de reparación requiere elaborar los correspondientes presupuestos, teniendo en consideración conceptos como costes indirectos, controles de calidad, gastos generales, etc. con el fin de calcular el valor total de los daños ocasionados.

### 5.2.1. ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS

El proyecto MORA tiene en consideración los siguientes costes a la hora de determinar el valor de la reparación de los recursos naturales:

- Costes de consultoría. Incluyen los costes de análisis, estudio, planificación y diseño del proyecto de reparación.
- Acceso. Coste de acceder a la zona afectada por el daño.
- Ejecución. Hace referencia a los costes de implantación, puesta en marcha y gestión del proyecto de reparación. En definitiva, recogen el coste de aplicación de la técnica reparadora.
- Revisión y control. En esta categoría se incluyen los costes de seguimiento y revisión de los resultados obtenidos.
- Porcentaje de seguridad por contingencia. En el procedimiento de ejecución del proyecto pueden aparecer circunstancias imprevistas que suponen un incremento del coste. Estos imprevistos se consideran en MORA a través de un incremento del coste de entre un 20 y un 40% —porcentaje tomado de la Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto 2090/2008—.

Como regla general, los presupuestos de restauración ofrecidos en el presente modelo siguen el procedimiento de elaboración recogido en la Tabla 16.

**Tabla 16. Elaboración del presupuesto.**

<b>CONSTRUCCIÓN DE PRESUPUESTOS</b>
Coste base
Costes indirectos del proyecto (6%)
<b>Subtotal</b>
Control de calidad (1%)
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>
Seguridad y salud (1,5%)
<b>Presupuesto general</b>
Gastos generales y beneficio industrial (19%)
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b>
Porcentaje de seguridad por contingencia (20-40%)
<b>Presupuesto total sin IVA</b>
IVA (21%)
<b>Coste total</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como punto de partida el coste base de la técnica de reparación (CB), los costes indirectos hacen referencia a aquéllos derivados de la estructura de apoyo para la realización de los trabajos.

El control de calidad de las actuaciones no está incluido en los costes directos y su valoración en el presupuesto se establece como un porcentaje del 1% del importe de los costes totales —directos más indirectos—. Por lo tanto, el control de calidad forma parte del Presupuesto de Ejecución Material.

El diseño y la planificación de las tareas, se incorpora a través de un coste de consultoría, el cual es función del Presupuesto de Ejecución Material.

La seguridad y salud laboral precisa de un capítulo específico dentro del presupuesto de los proyectos. En el ámbito del presente modelo, con el fin de ofrecer una estimación económica en la que se incluya este concepto, se plantea como un coste porcentual sobre el Presupuesto de Ejecución Material del proyecto (PEM). El porcentaje destinado a seguridad y salud se ha estimado en un 1,5% del PEM.

Los gastos generales se han cifrado en el 6% del PEM y el beneficio industrial en el 13%. El resultado de agregar estos conceptos al PEM se denomina Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC).

Sobre el PEC se establece un porcentaje de seguridad por contingencia, comprendido entre el 20 y el 40%. Con carácter general se aplica un incremento del 20% —para técnicas consideradas eficaces—; sin embargo, en caso de que la bibliografía de referencia o las experiencias previas indiquen que la eficacia de una determinada técnica es limitada el porcentaje aplicado es del 40%.

### 5.2.2. COSTE DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN

El coste de las medidas de prevención y evitación puede ser estimado como un porcentaje de la reparación primaria, siendo como mínimo de un 10%.

Otra posibilidad para el cálculo de las medidas de prevención y evitación, consiste en realizar su cálculo para cada caso concreto. Siendo necesario realizar el diseño y cuantificación de las mismas con el fin de incorporarlas en la valoración de los potenciales daños medioambientales.

### 5.2.3. COSTES DE LAS MEDIDAS REPARADORAS

Como se ha indicado anteriormente, para la realización de las medidas reparadoras —tanto primarias, como compensatorias y complementarias—, se tienen en cuenta los costes recogidos en la Tabla 17.

**Tabla 17. Costes considerados para la realización de las medidas reparadoras.**

<b>Costes de las medidas reparadoras</b>
Consultoría: elaboración del proyecto de reparación
Acceso: construcción de las vías de acceso
Ejecución: aplicación de la técnica reparadora
Seguimiento: revisión y control

Fuente: Elaboración propia.



### 5.2.3.1. Coste de consultoría

Los costes de consultoría incorporados en MORA hacen referencia a los costes derivados de la redacción del proyecto de reparación; incluyendo por lo tanto tareas como el análisis y el estudio de la situación de partida, el diseño y la programación de los trabajos a realizar, la definición de los resultados esperados, etc. En todo caso, el proyectista deberá atender a los contenidos requeridos en el artículo 25 del Reglamento.

Los costes de consultoría se incorporan en MORA en función del Presupuesto de Ejecución Material de la restauración —a mayor presupuesto de ejecución material se asignan mayores costes de consultoría—. Los datos sobre este tipo de costes se han extraído de las Tarifas Tragsa, en las cuales se ofrece la cuantía correspondiente a tareas de consultoría para una serie de rangos del Presupuesto de Ejecución Material.

### 5.2.3.2. Coste de acceso

Con el fin de llevar a cabo las tareas de reparación, es necesario acceder con los medios necesarios a la zona afectada. En caso de que la zona disponga de una vía de comunicación lo suficientemente próxima no será necesario incurrir en este coste; sin embargo de no ser así, ésta deberá ser construida con objeto de realizar la reparación. De esta forma, el acceso debe considerarse como un coste más del proyecto de reparación.

Como referencia para la estimación de estos costes se ha diseñado la apertura de una vía con firme de tierra, de 4 m de ancho. El coste base se ha obtenido de las Tarifas Tragsa.

La norma general de considerar este coste de acceso presenta determinadas excepciones:

- i) Preexistencia de una vía de acceso. En caso de que la zona dañada contara previamente con un camino de acceso, este coste no deberá considerarse.
- ii) Recuperación natural. Cuando la técnica empleada es la recuperación natural, los únicos costes en los que se incurre corresponden a la consultoría y al seguimiento y control del daño, por lo que en principio, se podría prescindir de este coste —salvo que se considere necesario para la realización de las tareas de revisión y control—.
- iii) Zonas inaccesibles. A efectos del presente modelo se consideran inaccesibles las zonas cuya pendiente media supera el 20% y que adicionalmente no cuentan en la actualidad con una vía de comunicación. En estos lugares se estima que la apertura de caminos presenta inconvenientes que recomiendan evitar este tipo de obras —impacto ambiental, movimiento de tierras, coste económico, etc.—, por lo que se ha desestimado su inclusión en el modelo. De esta forma, cuando se de la circunstancia anterior y, adicionalmente, el agente causante de daño no sea biodegradable, MORA propone por defecto ejecutar la reparación mediante medidas complementarias; las cuales se realizarían en zonas vinculadas geográficamente a la originalmente afectada por el daño.

### 5.2.3.3. Coste de la técnica de reparación primaria

El coste de la técnica que debe ser aplicada, con el fin de aproximar lo máximo posible los recursos dañados a su estado básico, es función del tipo de agente contaminante, el recurso natural afectado por el mismo y las características del territorio.

Dado el ámbito general del modelo, en MORA se propone una única técnica para la reparación del daño medioambiental. Existe la posibilidad de que, en la aplicación real, esta técnica sea insuficiente para recuperar el estado básico, siendo necesario realizar trabajos adicionales. Esta posibilidad justifica la incorporación de un porcentaje de seguridad por contingencia, así como el haber tomado en caso de que existieran diversos datos de coste de las técnicas, el más elevado de los mismos. Se sigue de esta forma un criterio de valoración conservador en cuanto a la reparación del daño ocasionado.

#### **5.2.3.4. Coste de la técnica de reparación compensatoria y complementaria**

La cantidad de recurso o servicio adicional a reparar, con el fin de compensar a la sociedad por las pérdidas temporales o irreversibles de servicios ambientales, se obtiene mediante el empleo del análisis de equivalencia de recursos. Los principales parámetros de entrada de esta herramienta son el plazo de tiempo que requiere la reparación, y el grado de servicios reparados en función del tiempo.

El cálculo del coste que supone la ejecución de las técnicas de reparación compensatoria y complementaria es en esencia similar al de las técnicas de reparación primaria. Esto es, con carácter general, la compensación puede abordarse empleando técnicas similares, salvo en el caso de la recuperación natural, ya que ésta queda reservada para la reparación primaria según se establece en la normativa.

Por lo tanto, una vez determinada la cantidad adicional de recurso o de servicios a producir, dicha cantidad será generada empleando alguna de las técnicas reparadoras existentes en la actualidad, pudiendo utilizarse la misma técnica que la seleccionada para la reparación primaria. En el presente modelo se ha escogido esta opción, diseñándose las medidas complementaria y compensatoria como una extensión de la primaria.

#### **5.2.3.5. Coste de revisión y control**

La revisión y control de los resultados obtenidos supone un aspecto fundamental de la reparación, ya que mediante el mismo se pretenden detectar las desviaciones existentes entre las previsiones realizadas y lo ocurrido en la realidad con el fin de tomar medidas al respecto. Asimismo, debe verificarse que las medidas adoptadas han logrado reestablecer el estado básico.

La base de datos de costes de revisión y control empleada en MORA se ha construido empleando datos procedentes de los organismos encargados de la reparación de recursos naturales de las Comunidades Autónomas y de fuentes bibliográficas (VALLADARES, 2004).

### **5.3. FIJACIÓN DE LA CUANTÍA DE LA GARANTÍA FINANCIERA**

La metodología MORA ofrece una herramienta de asistencia para la monetización de los daños medioambientales. Por lo tanto, entre otras utilidades —análisis y gestión del riesgo medioambiental, apoyo para la toma de decisiones, adopción de medidas preventivas, etc.— permite a los usuarios obtener una estimación de la cuantía de la garantía financiera que deberían suscribir en el marco de la responsabilidad medioambiental, conforme con el método establecido en el Reglamento de desarrollo parcial de la LRMA.

Si bien —según indica el Reglamento—, la garantía financiera obligatoria únicamente debe cubrir los costes de la reparación primaria, el proyecto MORA suministra información para el

cálculo de las medidas compensatoria y complementaria. Esta información puede ser de gran utilidad para aquellos operadores que, conscientes de que su responsabilidad en el marco de la LRMA es ilimitada, deseen cubrir la totalidad de sus riesgos.

Adicionalmente a las medidas primarias, compensatorias y complementarias, los operadores también deben asumir los costes de prevención y evitación. Los cuales —según se recoge en la normativa— deben ser al menos el 10% del coste de la reparación primaria.

## 6. Análisis de incertidumbre

Los valores suministrados por el proyecto MORA deben entenderse como costes orientativos, ya que su objetivo consiste en obtener un orden de magnitud de los costes de reposición de los recursos naturales.

Esta concepción del modelo conduce a la existencia y aceptación de cierta incertidumbre, tanto en los datos empleados como en los resultados obtenidos a partir de los mismos.

Con el fin de caracterizar esta incertidumbre se llevó a cabo un proceso de análisis, mediante el cual se estudiaron los datos empleados, incluyendo un análisis de sensibilidad realizado sobre el aspecto que probablemente presenta un mayor grado de subjetividad: la selección de las técnicas de reparación cuando existen varias opciones eficaces.

Como conclusiones del análisis de incertidumbre llevado a cabo indicar los siguientes aspectos:

1. Valor de máximos. Dado que para el cálculo de los costes de cada técnica se escogió el mayor coste disponible dentro de las bases de datos empleadas, se estima que el valor de los daños medioambientales previsto por MORA iguale o supere el valor real de los daños que ocurran.
2. Solidez del proceso de selección de técnicas. Mediante un análisis de sensibilidad se modificaron los pesos de ponderación asignados a los criterios de selección de técnicas —los cuales se encuentran definidos en el punto 1.3 del Anexo II de la LRMA—, con el fin de estudiar la variación de las técnicas seleccionadas. Como conclusión del análisis, se apreció una elevada sensibilidad en las técnicas aplicables al agente causante de daño “explosivos”, mientras que para los restantes agentes el modelo se mostró robusto, no alterándose las técnicas seleccionadas. Por lo tanto, el modelo se considera consistente para la mayoría de agentes causantes de daño, siendo recomendable guardar una precaución especial cuando se evalúen daños por explosivos. En este caso, se recomienda realizar simulaciones con las diferentes técnicas aplicables con el fin de escoger la que mejor se adapte al caso evaluado.
3. Precisión del modelo. Los costes suministrados pretenden ofrecer a los usuarios una precisión de un orden de magnitud, dado que el proyecto MORA se fundamenta en datos teóricos procedentes de la bibliografía y de experiencias previas llevadas a cabo por organismos especializados.
4. Ajuste del modelo. En todo caso, dado que se trata de un modelo teórico, se encuentra previsto el ajuste de sus elementos —recursos, agentes, parámetros, costes, técnicas, etc.— atendiendo a la experiencia que se adquiriera a partir de su aplicación práctica.

## 7. Protocolo de actualizaciones

### 7.1. AJUSTE DEL MODELO

El ajuste de MORA a partir de los casos reales de daños medioambientales que se produzcan en el futuro se encuentra previsto dentro de los trabajos de este proyecto.

La necesidad de ajustar los resultados del modelo a la realidad tiene su origen en el hecho de que la metodología para la determinación de los costes de reposición sea un cálculo *a priori*, esto es, la valoración realizada en MORA es de tipo *ex ante* y está basada en funciones de carácter teórico. Por ello, una vez que se disponga de suficientes datos sobre proyectos de reparación ejecutados en el ámbito de la LRMA, será posible incorporar parámetros en las funciones de valor que conseguirán aproximar las valoraciones teóricas (*ex ante*) a las valoraciones reales (*ex post*). Asimismo, el ajuste realizado tendrá efectos positivos en la aplicación del modelo en la valoración de daños *ex post*, aproximando los resultados estimados por el sistema a los costes afrontados en la realidad, con el fin de disponer de una orientación de costes previa a la reparación.

Para llevar a cabo una recopilación de datos eficiente, que ayude al proceso de calibrado, se ha diseñado un protocolo de actualización que haga posible la introducción de los valores obtenidos a través de los proyectos de reparación reales. Este protocolo contribuirá a que el sistema se pueda retroalimentar a partir de una base de datos histórica de accidentes.

El ajuste y calibrado del modelo se llevará a cabo mediante un estudio de la relación estadística existente entre las variables dependientes —fundamentalmente el coste y el tiempo de recuperación— y las independientes —parámetros explicativos de la técnica seleccionada y del coste y el tiempo necesarios para la reparación—. La relación entre las variables dependientes e independientes deberá concretarse a través de técnicas estadísticas.

### 7.2. ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE

En paralelo al procedimiento de ajuste señalado en el apartado anterior, existe la posibilidad de actualizar la información empleada como base para los cálculos del modelo. Esta actualización se llevará a cabo periódicamente conforme se publiquen nuevas ediciones de las fuentes de información empleadas.

Los orígenes de este tipo de actualizaciones pueden ser diversos, pudiendo citarse entre ellas la publicación de nueva información ambiental —alfanumérica o cartográfica— que mejore la empleada originalmente en MORA, la publicación de datos económicos sobre la evolución de los costes de reparación (IPC), modificación en los impuestos aplicables (IVA), desarrollo de nuevas técnicas de reparación, etc.

El conjunto de actualizaciones y ajustes realizados se plasmarán en una serie de informes periódicos, en los cuales se recogerán de forma pormenorizada las mejoras incorporadas en las sucesivas versiones del modelo.

## 8. Utilidades del modelo

El proyecto MORA aporta una herramienta con múltiples aplicaciones en los procesos de toma de decisiones que impliquen o puedan implicar una afección sobre los recursos naturales —real o potencial—. En concreto, se destacan las siguientes utilidades:

- El proyecto MORA ofrece una metodología de valoración de daños acorde con el actual marco normativo de responsabilidad medioambiental. Por ello, puede emplearse como una asistencia para dar cumplimiento a las disposiciones establecidas en dicha normativa.
- MORA contribuye a incrementar el conocimiento que se tiene actualmente sobre los recursos naturales cubiertos por la LRMA, ofreciendo una valoración de los mismos atendiendo a sus correspondientes curvas de oferta —esto es, a través del coste que supone suministrar cada tipo de recurso—.
- Resulta destacable la posibilidad de incorporar la herramienta MORA en los procesos de toma de decisiones con el fin de incrementar la consideración del componente medioambiental y analizar con el conveniente nivel de detalle la posible afección a los recursos naturales.
- La valoración económica de los daños medioambientales ofrecida por MORA permite a los usuarios del modelo obtener el riesgo derivado de sus operaciones —como el producto del valor de los daños por la probabilidad de que éstos ocurran—. Este dato es clave para llevar a cabo una adecuada gestión del riesgo medioambiental de las instalaciones.
- La determinación y evaluación del riesgo medioambiental permite a los operadores contar con una valiosa información de cara a la adopción y priorización de las diferentes medidas preventivas y de evitación. Esto es, conocidos los riesgos el siguiente paso consiste en tomar las medidas necesarias para disminuirlos pudiendo actuarse primero sobre aquellos elementos que implican un mayor nivel de riesgo. El efecto positivo logrado con la adopción o mejora de las medidas de prevención y evitación puede observarse aplicando la metodología MORA.
- Los valores obtenidos en MORA —junto con la probabilidad asociada a cada escenario accidental— permiten a los operadores calcular su correspondiente garantía financiera por responsabilidad medioambiental conforme a lo establecido reglamentariamente —artículo 33 del Reglamento—.
- Dado que MORA incluye un proceso para su ajuste y actualización, se prevé la creación de una base de datos que aporte información sobre las reparaciones que se ejecuten. Esta base contribuirá a incrementar el conocimiento de las reparaciones efectuadas atendiendo a la LRMA aportando múltiples utilidades a los sujetos implicados en el régimen de responsabilidad medioambiental.
- La información suministrada por MORA en cuanto a tipos y técnicas de reparación, representa una asistencia de cara al diseño de los proyectos de reparación, incluyendo tanto la reparación primaria como la compensatoria y la complementaria.

## 9. Conclusiones

El presente proyecto pretende ofrecer una herramienta práctica para la aplicación efectiva de la normativa de responsabilidad medioambiental. En concreto, la documentación e información suministrada por MORA permite abordar la fase de monetización de los daños ocasionados; siendo éste un aspecto clave en la valoración de los recursos naturales, la gestión del riesgo medioambiental, la adopción de medidas preventivas y el establecimiento de las garantías financieras —tanto obligatorias como voluntarias— que constituyan los operadores.

El procedimiento de valoración ha tomado como punto de partida los trabajos publicados por el equipo REMEDE —*Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU*—, adaptando su metodología a las circunstancias específicas del ámbito nacional. Con este fin, se ha llevado a cabo un extenso proceso de revisión bibliográfica, conducente a analizar y seleccionar las mejores técnicas disponibles para la reposición de cada uno de los activos naturales. Este procedimiento de gabinete se ha complementado con una serie de visitas y consultas técnicas a las Administraciones Públicas—autonómicas y estatales—, y otros organismos especialistas en la restauración del medio ambiente.

El necesario ajuste del modelo a la experiencia real se encuentra previsto dentro de los trabajos del proyecto. El modelo no pretende predecir los costes exactos de las reparaciones. Por el contrario, sí se espera que ofrezca una estimación del orden de magnitud en el cual se encontrarán los costes en la mayoría de los accidentes. En este sentido, tal como se ha indicado, deberán realizarse los ajustes necesarios a partir de las estadísticas oficiales de reparación, con el fin de aproximar lo máximo posible los resultados a la realidad.

Se estima que, dada la versatilidad del proyecto MORA, el sistema diseñado pueda resolver de forma satisfactoria la mayoría de los sucesos objeto de responsabilidad medioambiental. Lo cual no es óbice para que se den casos en los que no sea posible aplicar la equivalencia del tipo recurso-recurso, debiendo acudir a otros tipos alternativos de equivalencia. A este respecto, deberá evaluarse la posibilidad de realizar un análisis servicio-servicio, el cual se recomienda que sea diseñado para cada caso concreto con el fin de determinar y cuantificar tanto la totalidad de servicios dañados como los servicios generados por la reparación.

En caso de no poder recurrirse a un diseño de la reparación vía recurso-recurso o servicio-servicio, se hará necesario plantear reparaciones del tipo valor-valor y valor-coste; para ello deberá acudir a los conocidos métodos de valoración económica de los recursos naturales —pudiendo emplearse como base trabajos como la Evaluación de los ecosistemas del milenio y la Valoración de los activos naturales de España, entre otros—.

El acceso a la metodología de MORA se ha facilitado a través del desarrollo de una aplicación informática de uso voluntario, público y gratuito. A través de esta aplicación el usuario puede modificar gran parte de los datos y criterios establecidos por defecto en MORA —siempre de forma justificada— con el fin de adaptar el modelo a sus circunstancias particulares.

Debe destacarse que MORA representa una asistencia para la valoración de los daños ocasionados; sin embargo, es el operador —o en su caso el analista de riesgos— quien debe diseñar la reparación concreta a aplicar en los escenarios accidentales que esté evaluando, para ello podrá apoyarse en los correspondientes análisis de riesgos medioambientales previstos en el Reglamento.

## 10. Bibliografía

- ABÓS, J., FABO, J., ÁGREDA J., OTAZU, J. (2007). Nuevas plantaciones de Olivo en regadío, rentabilidad y futuro. Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (ITGA).
- AHIJADO, M. (2008). Microeconomía, introducción para administración y dirección de empresas. Ediciones Académicas.
- ALCÁNTARA, M. & cols. (2007). *Catálogo de Especies Amenazadas en Aragón. Flora*. Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón.
- AZQUETA, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. Mc. Graw Hill.
- BALGAÑÓN, M., (2003). Caracteres culturales de las principales especies forestales. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Silvopascicultura.
- BALLESTERO, E. (1991). Métodos Evaluativos de Auditoría. Alianza Universidad Economía, nº 692. Alianza Editorial.
- BAÑARES, Á. & col., eds. (2004). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. 2ª ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- BAÑARES, Á. & col., eds. (2008). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. Adenda 2006. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- BARTOLOMÉ, C., ÁLVAREZ, J., VAQUERO, J. (2005). *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España*. ICONA.
- BLANCA, G. & cols. (1999-2000). *Libro Rojo de la Flora Silvestre Amenazada de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 2 vols.
- BLANCO, J.C., GONZÁLEZ, J.L. (1992). *Libro Rojo de los vertebrados de España*. ICONA, Madrid.
- CARRERAS, C. (1996). Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- CASTROVIEJO, S. (coord.). (1986-2001). *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol. I-VIII, X, XIV. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- CEPRECO (2006). Actuaciones a desarrollar en caso de un vertido de hidrocarburos/Centro para la Prevención y Lucha contra la Contaminación Marítima y del Litoral (CEPRECO).- Madrid: Ministerio de la Presidencia, 2006. -206p.-.
- CHINERY, M. (1978). *Guía de campo de los insectos de España y de Europa*. Ediciones Omega.
- COMISIÓN EUROPEA (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment. Institute for Health and Consumer Protection.
- CONDE, G. (2000). Técnicas y costes de recuperación de suelos.



Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2001). *Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada*.

Department of Environment and Climate Change (NSW) (2008). BioBanking Assessment Methodology and Credit Calculator Operational Manual. New South Wales Department of Environment and Climate Change for and on behalf of the Crown in right of the State of New South Wales 2008.

DOADRIO, I. (2001). *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.

ELORRIETA, J. (1995). *Vías de saca: construcción de caminos forestales*. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

EPA (2000). Environmental Protection Agency. Remediation Technology Cost Compendium – Year 2000.

EPA (2007). Environmental Protection Agency. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (Twelfth Edition).

ETKIN, D.S. (1999). Estimating cleanup costs for oil spills. #168, 1999 International Oil Spill Conference

ETKIN, D.S. (2004) Modelling oil spill response and damage costs. Proceedings 5th Biennial Freshwater Spills Symposium.

FERNÁNDEZ, S., FERNÁNDEZ, E., SÁEZ, D., SÁNCHEZ, P., SUÁREZ, F., VEGA, M. (2004). Proyecto Industrial ingeniero Químico. Metodología de actuación ante un vertido de fuel-oil en la costa asturiana. Universidad de Oviedo.

FOLDAJER, ROBIN A.(2003), “Economics of desalination concentrate disposal methods in inland regions: deep-well injection, evaporation ponds, and salinity gradient solar ponds”

GONZALEZ, F., CABRERA, M. GONZALEZ, M. (1993). Resultados de una experiencia de repoblación con especies arbóreas de la laurisilva canaria.

HAMPTON, S. y ZAFONTE, M. (2002). Calculating Compensatory Restoration in Natural Resource Damage Assessments: Recent Experience in California.

HILLEL, D. (1980). *Fundamentals of Soil Physics*, Academic Press, Inc., New York, N.Y.

HILTON-TAYLOR, C. (compiler) (2000). *2000 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

INE (2007). Instituto Nacional de Estadística. Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua.

IPIECA (2000). Guía para la planificación de contingencias ante derrames de hidrocarburos en agua. 2ª edición, marzo de 2000. Serie de informes de International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) volumen 2.

JOHANSSON, P. O. (1990). Valuing Environmental Damage. *Oxford Review of Economic Policy*: 6, 1, 34–50.

KAIFER, A. AGUILAR, E. ARANA, C. BALSEIRO, I. TORÁ, J. M. CALEYA, C. PIJLS. (2004). aut. Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Guía de Tecnologías de Recuperación de Suelos Contaminados.

LÓPEZ, G. (2007). *Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares*, 3ª Edición. Mundi Prensa, S.A.

MADRIGAL, A.; ÁLVAREZ, J.G. *et al.* (1999). "Tablas de producción para los montes españoles". Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

MADROÑO, A., GONZÁLEZ, C., ATIENZA, J.C. (2004). *Libro Rojo de las Aves de España*. Ministerio de Medio Ambiente SEO/BirdLife, Madrid.

MARTÍ, R., DEL MORAL, J.C. (2003). *Atlas de las aves reproductoras de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

MARM (1990-2006). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas*.

MARM (1997-2006). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Tercer Inventario Forestal Nacional.

MARM (1998-2008). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Mapa Forestal de España 1:50.000.

MARM (2000-2009). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España 1:50.000.

MARM (2003-2007). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Los incendios forestales en España.

MARM (2007). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Banco de Datos de la Biodiversidad. Inventario Nacional de Biodiversidad.

MARM (2008a). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Anuario de Estadística Agroalimentaria 2008.

MARM (2008b). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE).

MARM (2008c). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Encuesta de Precios de la Tierra.

MARM (2008d). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Memoria justificativa del proyecto de Real Decreto por el que se aprueba el reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.

MARM (2010). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Libro Digital del Agua documento *on line*.

MARM (2010). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Valoración de los Activos Naturales de España. VANE.

MARTINEZ, E. (2005). "Manual de Valoración de Montes y Aprovechamientos Forestales, Valoración Ambiental". Mundi-Prensa.

MARQUEZ, R. (2006). Aproximación económica a la aplicación de la futura Ley de Responsabilidad Medioambiental. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Ambienta Noviembre 2006.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment), 2003. Ecosystems and human well-being. A framework for assessment. Island Press. Washington, D.C.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 7. Ley 10/1977, de 4 de enero, sobre mar territorial.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 176. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 181. Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 255. Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 25. Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Ministerio de la Presidencia. Boletín Oficial del Estado num. 308. Real Decreto 2090 /2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

MIR (2004). Guía para la realización de análisis del riesgo medioambiental. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Ministerio del Interior.

MITYC (2009). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Economía industrial núm. 371: Industria y medio ambiente. El resto de la sostenibilidad. Implicaciones económicas de la nueva legislación de responsabilidad ambiental.

MULLARNEY, K., SVENSSON, L., ZETTERSTROM, D., GRANT, P.J. (2001). *Guía de aves de España y de Europa*. Ediciones Omega, S.A.

MUÑOZ, C., PÉREZ, V., COBOS, P., HERNÁNDEZ, R., SÁNCHEZ, G. (2003). Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. Mundi-prensa, Madrid, 576 p.

OREJUDO, E., CARNICERO, V., MORA, R. (2008). Protocol d'actuacions de descontaminació de les aigües subterrànies en estacions de servei. Guía Práctica 3. Department de Medi Ambient i Habitatge. Agència Catalana de l'Aigua.

ORTIZ, I., SANZ, J., DORADO, M., VILLAR, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Universidad de Alcalá. Dirección General de Universidades e Investigación. Comunidad Autónoma de Madrid.

PALOMO, L.J., GISBERT, J. (2002). *Atlas de los mamíferos terrestres de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

PLEGUEZUELOS, J.M., MARQUEZ, R., LIZANA, M. (2002). *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

REMEDE (2008). Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in EU. Deliverable 13 (draft). Sixth Framework Programme of the European Commission.

REYNIER, A. (2001). Manual de viticultura. Mundi Prensa.

ROMERO, C., 1994. Economía de los Recursos Ambientales y Naturales. Alianza Económica nº 11. Alianza Editorial.

RUIZ DE LA TORRE, J. (1984). *Árboles y arbustos de España*. Editorial Salvat.

SABROSO, M., PASTOR, A. (2004). Guía sobre suelos contaminados. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo. Gobierno de Aragón.

SAN MIGUEL, A. (2001). Pastos naturales españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar-Mundiprensa.

SAN MIGUEL, A.; ROIG, S.; CAÑELLAS, I. 2008. *Fruticicultura. Gestión de matorrales y arbustados*, pp: 877-907. En: Serrada, R.; Montero, G. y Reque, J. (Eds.) Compendio de Selvicultura Aplicada en España. INIA-Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

SEOÁNEZ, M. *et al.* (2000). Manual De contaminación marina y restauración del litoral. Mundi-prensa.

SERRADA, R. (2000). Apuntes de Repoblaciones Forestales. Fundación del Conde del Valle de Salazar.

SERRADA, R., MONTERO, G., REQUE, J.A. (2008). "Compendio de selvicultura aplicada en España". INIA.

TOLOSANA, E. *et al.* (2000). El aprovechamiento maderero. Fundación Conde del Valle de Salazar. Mundi-Prensa.

TRAGSA (2007). Tarifas de trabajos. Costes 2007.

TRAGSA (2010). Gestión de la recarga de acuíferos. Proyecto Dina-Mar. Publicación *on line*.

TUCKER, G.M., HEATH, M.F. (1994). *Birds in Europe. Their conservation status*. BirdLife International, Cambridge.

UICN. (2001). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp.

Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Forestal (2008). *Guía de aves del laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes*.

Universitat de les Illes Balears. Àrea de Botànica del Departament de Biologia (2007). *Herbario Virtual del Mediterráneo Occidental*.

URIBE-ECHEBARRARÍA, P.M., CAMPOS, J.A. (2006). *Flora vascular amenazada en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Serv. Publ. del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.

VALLADARES, A. Coor. (2004). Cuadro de precios unitarios de la actividad forestal Asociación y Colegio de Ingenieros de Montes.

VELÁZQUEZ, C., NARANJO, J., GONZÁLEZ, J., CASTRO, S. (1987). La selvicultura de la laurisilva. Montes, Revista de Ámbito Forestal, num. 16.

VERDÚ, J.R., GALANTE, E. (2006). *Libro Rojo de Invertebrados de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. MARM.

YU *et al* (1993). C. Yu, C. Loureiro, J.-J. Cheng, L.G. Jones, Y.Y. Wang, Y.P. Chia, E. Faillace. Data Collection handbook to support modelling impacts of radioactive material in soil. Environmental Assessment and Information Sciences Division Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois. Office of Environmental Restoration. U.S. Department of Energy.

ZAZO, J., JIMÉNEZ, J. (2000a). Apuntes y notas de los caracteres culturales y otras características de interés de algunas coníferas forestales españolas. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.

ZAZO, J., CALDERÓN, C., CORNEJO, L. (2000b). Apuntes y notas de los caracteres culturales y otras características de interés de algunas frondosas forestales españolas. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.

## **Páginas web**

Center for Public Environmental Oversight (CPEO):

<http://www.cpeo.org/>

Comunidad de Madrid:

<http://www.madrid.org>

Department of Environment, Climate Change and Water. NSW Government:

[www.environment.nsw.gov.au](http://www.environment.nsw.gov.au)

Departamento de Edafología y Química Agrícola. Gestión y Conservación de Suelos y Aguas. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada:

<http://edafologia.ugr.es/gestionsuelos/grupoa/indicea.h>

DINA-MAR. Gestión de la Recarga de Acuíferos. Grupo Tragsa:

<http://www.dina-mar.es/>

Environmental and Munitions Center of Expertise (EM CX):

<http://www.environmental.usace.army.mil/>

ESD Earth Sciences Division:

<http://esd.lbl.gov/>

European Commission:

<http://ec.europa.eu>

Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile:

<http://agronomia.uchile.cl/>

Instituto Nacional de Estadística (INE):

<http://www.ine.es/>

Interstate Technology & Regulatory Council:

<http://www.itrcweb.org/>

Miliarium. Ingeniería Civil y Medio Ambiente:

<http://www.miliarium.com/>

Montes. Revista de ámbito forestal:

<http://www.revistamontes.net/>

National Crash Analysis Center:

<http://www.ncac.gwu.edu/>

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.

[www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)

Portal Forestal:

<http://www.portalforestal.com/>

Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR). Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino:

<http://prtr-es.es/>

Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU (REMEDE):

<http://www.envliability.eu>

Road Map to Understanding Innovative Technology Options for Brownfields Investigation and Cleanup. Based on the Fourth Edition published in September 2005 (EPA-542-B-05-001):

<http://www.brownfieldstsc.org/roadmap/contguide.cfm>

United States Environmental Protection Agency (EPA). Technology Innovation Program:

<http://clu-in.org/asr/>

US Federal Remediation Technologies Roundtable:

<http://www.frtr.gov/>

US Department of Energy:

<http://www.energy.gov/>

Wetlands Publications:

<http://el.erdc.usace.army.mil/wetlands/wlpubs.html>