

2.1 INTRODUCCIÓN

Conceptualmente la metodología debe, de la forma más sencilla posible pero fiable a la vez, valorar el riesgo asociado a una fuente de peligro⁸ y su potencial materialización y afección a los medios receptores, para lo cual, el análisis tiene que considerar la propia fuente de peligro, los elementos y sistemas dispuestos para su control, el acceso al medio y su transporte, la afección o exposición y la vulnerabilidad de los receptores.

Sin embargo, la estimación y valoración del riesgo medioambiental como tal presenta una serie de aspectos específicos que lo diferencian del riesgo toxicológico para los seres humanos. Estas diferencias vienen determinadas básicamente por la ausencia de algoritmos que relacionan la intensidad o concentración de una sustancia química y los daños ocasionados a los receptores vulnerables (medio ambiente).

En el caso del análisis de riesgos dirigido hacia personas, esta relación se encuentra establecida a través de una serie de ecuaciones PROBIT (American Institute of Chemical Engineers)⁹, sin embargo este tipo de ecuaciones no ha sido desarrollado para el riesgo medioambiental.

Para suplir esta carencia y cumplir los objetivos anteriormente mencionados, la metodología debe permitir identificar y evaluar el riesgo de una instalación industrial caracterizando y parametrizando cada uno de los elementos del sistema de riesgo:

- I. Fuentes de riesgo.
- II. Sistemas de control adoptados por el industrial, tendentes a prevenir y controlar los riesgos ambientales.
- III. Mecanismos de transporte y extensión de los efectos dañinos sobre el entorno.
- IV. Vulnerabilidad de los medios receptores sensibles (humano, socioeconómico y biológico).

En esta misma línea conceptual, se han basado numerosas metodologías de análisis de riesgos que han sido desarrolladas para la evaluación del riesgo de determinados contaminantes o medios afectados (suelos contaminados, residuos, etc...). Dichas metodologías,

⁸ Según el Real Decreto 1254/1999:

Peligro: La capacidad intrínseca de una sustancia peligrosa o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes y al medio ambiente.

Riesgo: La probabilidad de que se produzca un efecto específico en un período de tiempo determinado o en circunstancias determinadas.

⁹ Finney, 1971.

si bien comparten el esquema conceptual del análisis, han sido siempre desarrolladas para casos más concretos que el que nos ocupa. A título de ejemplo se puede hacer referencia a las siguientes:

- Operator and Pollution Risk Appraisal (OPRA)* (2002), Environmental Agency, UK.
- Wilson, A. R. (1991), *Environmental Risk: Identification and Management*, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.
- Guidance on Interpretation of Major Accident to the Environment for the Purposes of the COMAH Regulations* (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.
- Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports* (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.
- Environmental Sampling after a Chemical Accident* (1999), Department of the Environment, Transport and the Regions, DETR.
- Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities* (1999), United States Environmental Protection Agency, US EPA.
- The French Approach to contaminated-land management* (2001), Ministère de L'Aménagement du Territoire et de L'Environnement, République Française.
- Environment-Accident Index: validation of a model* (1998), Scott, A. Defence Research Establishment, Division of NBC Defence, Sweden.

En todas ellas se introducen importantes acotaciones que permiten desarrollar la metodología con restricciones a determinados grupos de contaminantes o medios vulnerables.

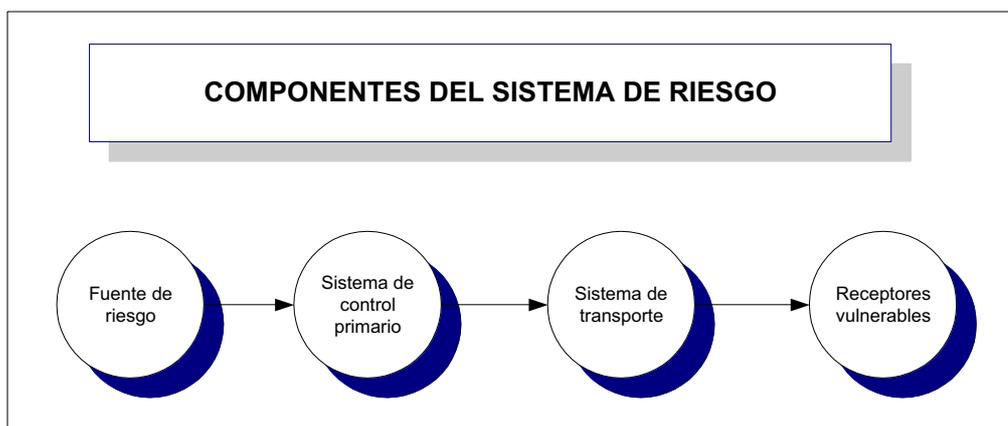
2.1.1 Definición del sistema de riesgo

La metodología está fundamentada en la identificación, caracterización y valoración sistemática y objetiva de cada uno de los componentes y factores relevantes del sistema de riesgo ya mencionados en el punto anterior.

El sistema de riesgo (véase fig. 2) se concibe constituido por cuatro componentes básicos:

FIGURA 2

Componentes del sistema de riesgo



- **Fuentes de riesgo**

La evaluación debe contemplar entre otros aspectos la peligrosidad potencial de la sustancia, los factores que condicionan su comportamiento ambiental y la cantidad potencial involucrada.

- **Sistemas de control primario**

Los sistemas de control primario son los equipos o medidas de control dispuestos por el industrial con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgo en condiciones de control permanente, de forma que no afecte significativamente al medio ambiente.

La evaluación debe describir para cada fuente de riesgo los sistemas de control dispuestos y su eficacia, estimando qué cantidad de fuente de riesgo puede alcanzar el medio y en qué condiciones.

- **Sistemas de transporte**

La evaluación debe describir en qué casos las fuentes de riesgo pueden alcanzar el medio receptor y estimar si el transporte en el mismo (aire, agua superficial o subterránea, suelo), puede poner la fuente de riesgo en contacto con el receptor y la magnitud de la posible afección.

- **Receptores vulnerables**

La evaluación debe incluir una valoración del entorno natural, el entorno socioeconómico, y su afección.

En resumen, la metodología deberá suministrar información suficiente de los aspectos anteriormente indicados y parametrizar cada uno de los componentes de los distintos sistemas de riesgo (fuente de riesgo, sistemas de control primario, sistemas de transporte y receptores vulnerables) con la finalidad de asociar a cada situación de riesgo un valor o índice de riesgo medioambiental (IRM) que deberá ser evaluado en función de los elementos que lo componen IGCM y frecuencia o probabilidad.

Ello permitirá al industrial y a la autoridad competente disponer de una clasificación de los riesgos, así como una caracterización y evaluación de cada uno de ellos, con la información necesaria para adoptar las medidas de actuación necesarias, tanto desde el punto de vista preventivo como operativo.

2.2 FUENTES DE RIESGO

Por obvio que resulte, para que exista un daño medioambiental tras un accidente grave, debe haber existido previamente una *sustancia o energía* con un potencial de daño suficiente. Este daño es función de sus propiedades intrínsecas, que a su vez lo son de la composición molecular y de las condiciones a las que se encuentra almacenado o manipulado (presión, temperatura, altura, etc.). Por este motivo, es necesario comenzar abordando uno de los aspectos más importantes de los que se consideran en el análisis de riesgos, las sustancias implicadas.

A lo largo de este apartado, se ofrecerán una serie de pautas para facilitar al industrial la identificación, clasificación y evaluación de las sustancias químicas presentes en su establecimiento, todo ello en función del potencial de riesgo o daño medioambiental que poseen.

2.2.1 Sustancias químicas

Las sustancias químicas constituyen la principal fuente de riesgo dentro del ámbito definido por la *Directiva 96/82/CE*. En la actualidad son miles los productos químicos que se comercializan y que pueden interactuar con el medio ambiente. De ellas, una parte significativa son potencialmente peligrosas para el medio ambiente.

Desde la Unión Europea, las bases del análisis y la evaluación del riesgo de estas sustancias químicas están recogidas en la *Directiva 93/67/CEE*¹⁰. En ella se asientan los principios para la evaluación de riesgos para los seres humanos y el medio ambiente derivados de sustancias notificadas de acuerdo con la *Directiva 67/548/CEE*¹¹, *relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas* y sus posteriores modificaciones.

La anteriormente mencionada *Directiva 67/548/CEE* relativa a la clasificación y etiquetado de sustancias químicas, supuso la incorporación de un sistema de clasificación de sustancias químicas dentro del ámbito de la Unión Europea. Esta clasificación desarrolla un sistema de etiquetado integrado, entre otros, por:

- I. Un símbolo de peligro.
- II. Un conjunto de frases «R» o frases tipo que indican los riesgos específicos derivados de los peligros de la sustancia.
- III. Un conjunto de frases «S» o frases tipo que indican los consejos de prudencia en relación con el uso de la sustancia.

En el ámbito de la presente guía se abordarán de forma más detallada aquellas sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente en la legislación de la Unión Europea, si bien, es preciso afirmar que son otras muchas sustancias las que pueden ocasionar un grave daño medioambiental. Por lo tanto, el análisis debe realizarse considerando el espectro más amplio posible de sustancias químicas.

2.2.1.1 Sustancias peligrosas para el medio ambiente

El desarrollo de un criterio de clasificación de sustancias peligrosas para el medio ambiente, comenzó en los años ochenta en la Unión Europea en forma de un proyecto conjunto de los Países Nórdicos, que culminó con el actual sistema de clasificación a comienzos de los años noventa.

¹⁰ Directiva 93/67/CEE de la Comisión, de 20 de julio de 1993, por la que se fijan los principios de evaluación del riesgo, para el ser humano y el medio ambiente, de las sustancias notificadas de acuerdo con la Directiva 67/548/CEE del Consejo, incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, que establece el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

¹¹ Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo, que establece el Reglamento sobre Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

Uno de los requisitos fundamentales del trabajo, fue crear un sistema en el que todos los compartimentos medioambientales estuviesen comprendidos. Sin embargo, hasta la fecha sólo se han desarrollado criterios de clasificación para el conjunto de frases «R» relacionadas con el medio ambiente acuático utilizando niveles de toxicidad $L(E)C_{50}$ ¹² para peces (fish), algas unicelulares (algae) y microcrustáceos de agua dulce (daphnia).

Estos criterios toxicológicos establecen la relación biunívoca entre la sustancia química y el organismo influenciado por unas condiciones medioambientales determinadas, o lo que es conocido como toxicidad inherente de la sustancia. Esta relación se establece por medio de los puntos finales de toxicidad «toxicity endpoints» entre los cuales cabe destacar entre otros los $L(E)C_{50}$ (Lethal o Effective Concentration-dosis letal o efectiva, nivel 50 por 100) de toxicidad aguda o los NOEC¹³ (No Observed Effect Concentration-concentración a la que no se observan efectos) de toxicidad crónica, obtenidos según los procedimientos de la OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económico) para una serie de organismos seleccionados por su sensibilidad a las alteraciones del medio. Estos valores son considerados como una estimación cuantitativa de la toxicidad inherente de la sustancia química objeto del estudio.

Sin embargo, el riesgo medioambiental como tal presenta una serie de aspectos específicos que lo diferencian del riesgo toxicológico para los seres humanos. Estas diferencias vienen determinadas básicamente por el alcance del análisis. En el caso de los riesgos para los seres humanos, las metodologías buscan establecer una serie de parámetros específicos relacionados con la carcinogenicidad, mutagenicidad, toxicidad reproductiva, neurotoxicidad, etc. Por el contrario, en el caso del riesgo medioambiental, el objetivo del análisis trata de establecer la afección potencial a la estructura y función de los ecosistemas amenazados¹⁴.

La complejidad y las interrelaciones existentes en los ecosistemas hacen que en muchas ocasiones sea difícil establecer o validar determinadas metodologías para el caso del riesgo medioambiental. A modo de ejemplo, basta mencionar una serie de factores que ofrecen una idea de la dificultad de este tipo de análisis de riesgos:

- El número total de especies en el planeta varía de 10 a 100 millones según autores¹⁵, y sólo 1,5 millones de especies han sido clasificadas taxonómicamente.
- Los distintos patrones de consumo en cada especie animal¹⁶.
- La distinta alimentación y tasas de crecimiento¹⁶.
- El comportamiento de las sustancias químicas y biotransformaciones¹⁶.

Los factores anteriormente mencionados entre otros, provocan que en la actualidad la disponibilidad de datos ecotoxicológicos para diferentes tipos de sustancias químicas sea escasa. Según la información procedente de la base de datos IUCLID del European Chemi-

¹² LC_{50} (Lethal Concentration) es la concentración de la sustancia a la cual el 50 por 100 de la población expuesta a esta concentración muere. La LC_{50} no es una constante biológica porque hay muchos factores que influyen en la toxicidad.

EC_{50} (Effective Concentration) es la concentración de la sustancia que produce una respuesta igual a la mitad de la respuesta máxima, para el 50 por 100 de la población.

Los $L(E)C_{50}$ suelen venir determinados para 3 niveles tróficos representados por peces, algas unicelulares y daphnias.

¹³ NOEC (No Observed Effect Concentration) es la máxima concentración de sustancia para la cual no se observan efectos sobre los organismos ensayados.

¹⁴ Odum (1985) define el ecosistema como cualquier unidad que incluye todos los organismos que interactúan entre ellos y con el ambiente físico en una área definida, de tal forma que un flujo de energía se establece entre los organismos y un flujo de materia entre éstos y el ambiente abiótico.

¹⁵ Van Leeuwen, C. J., *et al.*, «Risk Assessment and management of new and existing chemicals», Publicado en *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 2 (1996), pp. 243-299.

¹⁶ Van Leeuwen, C. J., 1995, *Ecotoxicological effects in: Risk Assessment of Chemicals. An Introduction*, eds. C. J. Van Leeuwen and J. L. M. Hermens (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht), pp. 175-237.

cal Bureau, la disponibilidad de LC₅₀ fish alcanza cotas del 51 por 100, disminuyendo hasta el 44 por 100 en el caso de EC₅₀ daphnia y bajando a niveles cercanos a 0 por 100 en el caso de LC₅₀ plant (plantas).

De acuerdo con el informe de la OCDE sobre la evaluación de efectos ecológicos (OCDE, 1989), la evaluación ecotoxicológica de efectos producidos por una determinada sustancia química, puede dividirse en tres fases, dependiendo del tipo de información disponible:

I. Una evaluación preliminar donde existen una serie de valores LC₅₀ o EC₅₀ de toxicidad aguda (acute toxicity).

II. Una evaluación más detallada o intermedia en la que se pueden utilizar una serie de NOECs procedentes de test crónicos.

III. Y finalmente, una evaluación de efectos más completa en la que intervienen estudios de campo, estudios de toxicidad multiespecies o incluso NOECs en suficiente cantidad.

En la práctica, las sustancias químicas han de ser evaluadas en función de información a menudo escasa o incompleta. Como resultado, la evaluación implica diversos tipos de incertidumbre y numerosas extrapolaciones que van desde:

- Niveles de toxicidad aguda a niveles de toxicidad crónica.
- Un periodo vital a todo el ciclo de vida.
- Efectos individuales a efectos a nivel de población.
- Una a varias especies.
- Una a varias rutas de exposición.
- Efectos directos a indirectos.
- Un ecosistema a otros ecosistemas.

Esta situación ha generado una serie de problemas particularmente importantes para aquellas sustancias con un comportamiento medioambiental específico. Por ejemplo, sustancias con una toxicidad específica para plantas son normalmente clasificadas en relación con su toxicidad para las algas unicelulares. Sin embargo, algunas de estas sustancias, como los cloratos, fluoruros y distintos herbicidas, poseen mecanismos de toxicidad que son específicos para las plantas vasculares, y por lo tanto no están siendo adecuadamente clasificadas simplemente porque los organismos guía seleccionados no son sensibles a esta alteración.

Una sustancia química persistente, bioacumulable y con una toxicidad crónica elevada, puede no ser clasificada como peligrosa para el medio ambiente por el hecho de que en el límite de solubilidad acuosa, el nivel de exposición no es lo suficientemente alto como para producir efectos medibles por los tests de toxicidad aguda utilizados.

En el supuesto de que los tiempos de exposición aplicados fuesen prolongados más allá de los tiempos estándar para paliar el efecto antes mencionado, los resultados indicarían claramente cambios en la toxicidad de las sustancias químicas a largo plazo.

2.2.2 Identificación del riesgo relacionado con las sustancias

2.2.2.1 Peligrosidad¹⁷

El principal objetivo de este apartado es proceder a la correcta clasificación de sustancias, considerando no sólo las sustancias puras, sino también las mezclas complejas/preparados.

¹⁷ La capacidad intrínseca de una sustancia peligrosa o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes y al medio ambiente.

Para ello, la *Directiva 67/548/CEE*¹⁸, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas, junto con sus posteriores modificaciones y adaptaciones, considera como peligrosas una serie de categorías de sustancias químicas conforme a unos criterios establecidos en su *anexo VI*. Entre estas categorías se encuentra la de:

— *Peligrosos para el medio ambiente*: Las sustancias o preparados que, en caso de contacto con el medio ambiente, presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

En esta categoría, «Peligroso para el medio ambiente», la *Directiva 67/548/CEE* ofrece una serie de criterios cuyo objetivo principal es alertar al usuario sobre los riesgos que tales sustancias y preparados representan para los ecosistemas. La *Directiva* confirma en su punto 5 del *anexo VI*, que los criterios ofrecidos se refieren principalmente a ecosistemas acuáticos, aunque reconoce que determinadas sustancias y preparados pueden afectar –simultánea o alternativamente– a otros ecosistemas, cuyos componentes varían desde la microflora y microfauna hasta los primates.

La *Directiva 67/548/CEE* establece para las sustancias consideradas peligrosas para el medio ambiente un conjunto de 10 frases «R»¹⁹, las cuales cubren la toxicidad²⁰ para los organismos acuáticos y diversos grupos terrestres considerados clave, así como los peligros para la capa de ozono (véase *anexo I*).

2.2.2.2 Cantidad involucrada

Este apartado de la guía pretende ayudar a los industriales a estimar las cantidades de sustancia química involucradas en un accidente.

Tras la liberación accidental de una sustancia en el medio ambiente es importante conocer o estimar la cantidad liberada. Esta información tiene un carácter esencial porque permitirá, por un lado, analizar y evaluar los daños al medio ambiente y, por otro, prever las necesidades de material y equipamiento para el control y minimización de los impactos causados por el accidente.

Una vez identificadas la/s sustancia/s químicas involucradas en un accidente, el siguiente paso debe consistir en conseguir una estimación de la cantidad liberada al entorno. En este sentido son varios los factores que se han de considerar a la hora de fijar este parámetro.

• Cantidad máxima almacenada y en proceso

Este factor resulta de especial relevancia a la hora de estimar las cantidades implicadas en accidentes graves, en los cuales el único valor de referencia suele ser la capacidad máxima de los depósitos y almacenamientos implicados.

¹⁸ Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas tras puesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.

¹⁹ Véase *anexo VI* de la Orden Presidencial 2317/2002, de 16 de septiembre, por la que se modifican los *anexos I, II, III, IV, V, VI y VII* del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, del Real Decreto 363/1995.

²⁰ La toxicidad de la sustancia, valorada como una propiedad intrínseca, se estima mediante una serie de ensayos de laboratorio. Las condiciones ambientales, normalizadas para cada test, no pueden ser consideradas en la valoración. Además, los efectos de las condiciones ambientales (condiciones de calidad del suelo, del agua o del sedimento tales como el pH, la dureza del agua, el contenido en materia orgánica del suelo o del sedimento) sobre la viabilidad y/o la toxicidad de la sustancia, no son tenidas en cuenta dentro del rango considerado como condiciones ambientales realistas, dentro de las condiciones europeas.

- **Duración de la fuga**

Puede ser necesario establecer el momento del comienzo y fin de la fuga. En la mayoría de las ocasiones la duración de la fuga vendrá determinada por tiempos aproximados.

- **Caudal de fuga**

Si la duración y el caudal de fuga de la sustancia química son conocidas (velocidad de emisión de una conducción en unas determinadas condiciones del almacenamiento y diámetro del orificio), será posible estimar la cantidad liberada, simplemente multiplicando la duración de la fuga por su caudal de fuga (si la concentración de la sustancia es conocida también).

- **Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento son necesarias a la hora de estimar la cantidad de sustancia que, una vez liberada, puede alcanzar el medio objeto de estudio. Un líquido volátil con una alta presión de vapor, se evaporará más rápidamente a medida que la temperatura ambiente se aproxime a su punto de ebullición. De esta forma, la estimación de la cantidad liberada deberá considerar la cantidad evaporada y la que permanece en fase líquida.

De forma similar, la cantidad liberada puede verse afectada por condiciones de humedad o precipitación en el momento del accidente.

Hoy en día, los modelos de dispersión medioambientales que se comercializan incorporan en mayor o menor medida todo este tipo de factores que, como se aprecia, condicionan de forma importante la estimación de las cantidades liberadas.

Las técnicas de estimación para determinar las cantidades liberadas normalmente suelen estar basadas en:

- **Inferencia**

La inferencia implica la extracción de una conclusión razonable basada en una serie de evidencias, hechos u otra serie de indicadores razonables. A modo de ejemplo, determinados registros pueden contribuir con información sobre la cantidad de producto químico presente en un depósito antes del accidente. En muchos casos esta técnica requiere de juicio profesional experto.

- **Medidas directas**

Pueden incluir:

- Medidas antes del accidente. Ej. cantidad almacenada en el depósito antes de la liberación accidental o datos analíticos de la sustancia química en el flujo de vertido.
- Medidas tomadas directamente después del accidente. Ej. medidas de profundidad, anchura y longitud de una determinada estructura de contención que retenga un líquido.

- **Cálculo**

Existen una serie de reglas de cálculo, en ocasiones informatizadas, que pueden ser utilizadas en la estimación de la cantidad de sustancia química liberada. El uso de estas fórmulas o aplicaciones requerirá de una serie de datos («inputs») que deberán ser introducidos.

En ocasiones, algunos cálculos estequiométricos o de balance de masas podrán ser aplicados cuando la cantidad liberada sea estimada por medio de la sustracción de la cantidad recogida y la cantidad conocida antes del accidente.

2.2.2.3 *Comportamiento medioambiental de las sustancias químicas*

Este punto de la guía pretende ofrecer una visión general sobre las propiedades físico-químicas y los procesos implicados en el comportamiento de las sustancias químicas una vez liberadas al medio ambiente (véase anexo 2).

Después de que la sustancia ha sido liberada, pueden ocurrir una serie de fenómenos entre los cuales se encuentran:

- Acumulación en uno o más medios de recepción.
- Transporte por una corriente de agua, disuelto o suspendido en algún sedimento, o por los vientos, en estado gaseoso o en forma de partícula.
- Transformación física (volatilización, precipitación), química (fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción, etc.) o biológica (biodegradación).

De lo anterior, se concluye que el comportamiento medioambiental de las sustancias químicas constituye una pieza clave a la hora de analizar el riesgo que éstas pueden transferir al medio natural en caso de accidente. Los factores que determinan este comportamiento constituyen unas herramientas fundamentales en la evaluación del transporte y persistencia de estos compuestos.

Entre la distinta información disponible a través de las fichas de seguridad de las sustancias (Material Safety Data Sheet) facilitadas por los proveedores/fabricantes de las mismas, se encuentran unos apartados (Puntos 9 «Propiedades físicas y químicas», 10 «Estabilidad y reactividad», 11 «Información toxicológica» y 12 «Información ecológica») de los que se pueden extraer una serie de datos muy interesantes, que van a ofrecer una idea de los patrones que esa sustancia química va a seguir una vez liberada en el entorno natural. Como complemento a esta información, hoy en día es posible disponer de numerosos recursos a través de Internet de los que se puede obtener e incluso mejorar esta información relacionada con las propiedades físicas, químicas e incluso ecotoxicológicas de estas sustancias (véanse los anexos 10 y 11).

A efectos de la presente metodología, las propiedades físico-químicas más importantes son la constante de la ley de Henry (K_h), el coeficiente de reparto octanol-agua (K_{ow}) y el coeficiente de adsorción en materia orgánica (K_{oc}).

En el anexo 2 se presenta una breve descripción de las propiedades físico-químicas y de los procesos dentro del compartimento medioambiental de mayor interés para la presente metodología.

2.2.2.4 *Mezclas químicas y transformaciones primarias*

Hasta este momento, la guía ha hecho alusión a sustancias o compuestos químicos puros, cuando, en ocasiones, el daño puede ser debido a un conjunto de sustancias que, a su vez, pueden reaccionar o no entre sí sufriendo posteriores transformaciones.

La evaluación de los riesgos que supone la exposición a mezclas de sustancias/compuestos/preparados es una tarea difícil de abordar habitualmente por la carencia de información. En términos ecotoxicológicos, el conocimiento de las interacciones de los

efectos biológicos en una mezcla compleja supone uno de los principales problemas a la hora de incorporar esa información dentro del proceso de evaluación de riesgos.

En 1986, la agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) desarrolló un documento marco para la realización de evaluaciones de riesgo ambiental para mezclas complejas (U.S. EPA, 1986; Mumtaz y Hertzberg, 1993; Mumtaz *et al.*, 1993). Este documento marco describe en términos generales tres metodologías para la realización de evaluaciones cuantitativas del riesgo procedente de mezclas químicas.

- La primera metodología y más recomendada obtiene sus datos del propio análisis de la mezcla química para proceder posteriormente a la evaluación de los efectos ecotoxicológicos de ésta como si fuese un sólo agente.
- El segundo método sugerido en el documento mencionado traslada el análisis ecotoxicológico a una serie de mezclas con una composición similar a la mezcla objeto de estudio.
- El tercer método descrito recomienda la realización de la evaluación del riesgo sobre la base del análisis de cada uno de los componentes de la mezcla. Los resultados obtenidos a partir de este tipo de análisis implican la aplicación, si no existen evidencias de efectos sinérgicos o antagonicos, de un modelo de acción aditivo, de forma que el riesgo se calcula como el sumatorio de las probabilidades de efectos de cada uno de los compuestos sobre el sistema en estudio.

Los métodos aditivos asumen que la mezcla se comporta como una disolución y actúa, mediante un mecanismo (eco)toxicológico común. Además la modelización del movimiento de mezclas en el medio ambiente es difícil, dado que es probable que los diferentes componentes de la mezcla se comporten de forma distinta y la mezcla vaya cambiando de composición a medida que se mueve a lo largo de la ruta de exposición. El hecho de que se desprecien los efectos de potenciación o de antagonismo entre los tóxicos presentes en la mezcla incrementa las incertidumbres sobre la validez de los resultados.

A efectos de esta metodología, la determinación del riesgo asociado a las mezclas de sustancias deberá basarse en la información facilitada en la ficha de seguridad del producto en tanto en cuanto se trate de un compuesto o mezcla comercial, solicitando la información a los proveedores. La determinación de la peligrosidad de este tipo de preparados se registrará según lo dispuesto por la *Directiva 1999/45/CE*²¹ sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el *Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos*.

En ocasiones, podrán existir mezclas que, por su carácter no comercial (Ej. Intermedios de reacción) o por constituir compuestos destinados al abandono por parte de su poseedor (residuos), no cuenten con datos que faciliten la evaluación del riesgo. Para estos casos, será necesario proceder a la realización de un análisis físicoquímico/(eco)toxicológico de cara a la caracterización de las propiedades de la mezcla en un laboratorio de reconocido prestigio.

En el caso de los residuos, el criterio que seguirá la presente guía será el de clasificación según lo dispuesto en la legislación vigente en materia de residuos peligrosos²².

²¹ Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 1999, sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

²² Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.

2.2.3 Información sobre las sustancias químicas en el ámbito de un análisis de riesgos

El industrial deberá poseer un exhaustivo conocimiento acerca de las sustancias presentes en su establecimiento, entendido en la mayor extensión del término (materias primas, materias auxiliares, productos, residuos, etc.), así como de las propiedades de éstas, las cantidades involucradas y los efectos sinérgicos asociados.

A este respecto, la nueva Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas detalla en su anexo I, «Contenido de la información básica», apartado D, «Información sobre sustancias peligrosas», los datos requeridos en el informe de seguridad sobre dichas sustancias:

INFORMACIÓN SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Deberá contener la información relativa a las propiedades físico-químicas y toxicológicas de todas las sustancias peligrosas involucradas en la actividad industrial que se desarrolla en el establecimiento.

a) *Se presentará una relación de sustancias peligrosas, con indicación de su número CE y de la categoría a la que pertenecen, entre las siguientes:*

1. *Materia prima.*
2. *Producto auxiliar.*
3. *Producto intermedio.*
4. *Producto acabado.*
5. *Subproducto y/o residuo.*
6. *Producto que se pueda formar como resultado de la pérdida de control sobre los procesos químicos.*

b) *Como información sobre estas sustancias, se incluirá la relativa a los siguientes aspectos:*

1. *Identificación.*
2. *Composición.*
3. *Identificación de peligros.*
4. *Primeros auxilios.*
5. *Medidas de lucha contra incendios.*
6. *Medidas en caso de vertido accidental.*
7. *Manipulación y almacenamiento.*
8. *Controles de exposición/protección individual.*
9. *Propiedades físicas y químicas.*
10. *Estabilidad y reactividad.*
11. *Informaciones toxicológicas.*
12. *Informaciones ecológicas.*
13. *Consideraciones relativas a la eliminación.*
14. *Informaciones relativas al transporte.*
15. *Informaciones reglamentarias.*
16. *Otras informaciones de interés.*

Estos contenidos corresponden a los epígrafes de las «fichas de datos de seguridad de sustancias y preparados», según el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, y sus modificaciones posteriores.

La generación de un inventario de todas las sustancias químicas existentes en el establecimiento constituye una excelente herramienta para el análisis y la posterior gestión del riesgo, proporcionando al industrial una radiografía precisa del establecimiento en relación con las sustancias químicas presentes, cantidad y propiedades/características de éstas.

2.3 SISTEMAS DE CONTROL PRIMARIO

Los sistemas de control primario son los componentes, equipos o sistemas de control dispuestos por el industrial con la finalidad de mantener una determinada fuente de riesgo en condiciones de control permanente de modo que no afecte significativamente al medio ambiente.

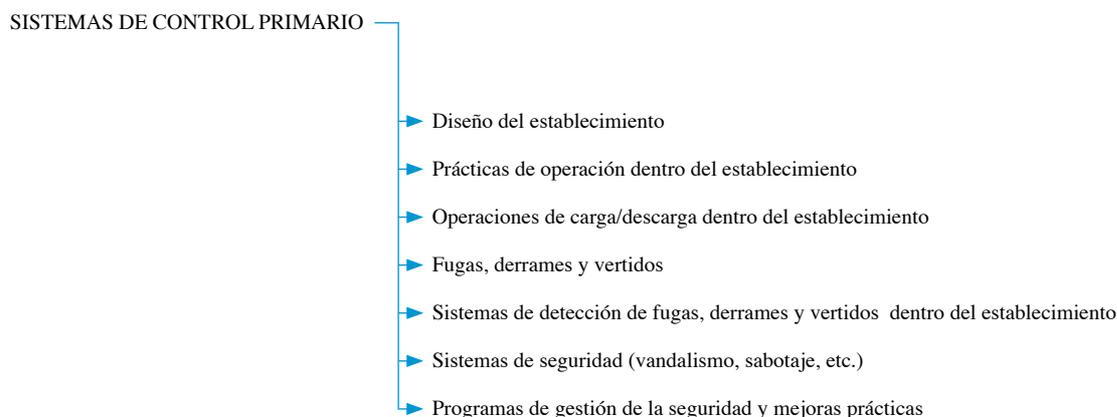
Por ejemplo, un detector de concentración de cloro gas para detectar fugas, un cubeto para retener el contenido de un tanque de almacenamiento en caso de fuga o las medidas realizadas con un explosímetro.

Este apartado de la guía pretende servir de ayuda a los responsables de realizar el análisis del riesgo medioambiental, a la hora de determinar, para cada fuente de riesgo, los sistemas de control dispuestos y su eficacia, estimando qué cantidad de fuente de riesgo puede alcanzar el medio.

A tal efecto, es fundamental que se posea un conocimiento apropiado de las instalaciones y de los procesos que se llevan a cabo en el establecimiento, para poder determinar qué es lo que se ha de tratar de localizar e identificar (véase fig. 3).

FIGURA 3

Sistemas de control primario y relación con distintos aspectos dentro del establecimiento



Para lograr este conocimiento es aconsejable:

- Identificar instalaciones y procesos unitarios del establecimiento.
 - Operaciones que constituyen cada proceso y sus características.

- Identificar y caracterizar las sustancias peligrosas y los equipos críticos.
 - Sustancias que intervienen, incluidas las intermedias, y sustancias o preparados peligrosos en cada proceso (presión, temperatura, etc.) y almacenamiento.
 - Depósitos de almacenamiento de sustancias o preparados peligrosos (volumen, presión, temperatura, válvulas de seguridad, etc.).
- Examinar los sistemas de control y de seguridad dentro del esquema de la planta de proceso.
 - Cubetos (tipo, capacidad, vías de evacuación, etc.).
 - Bandejas de tuberías y conducciones de fluidos (naturaleza del fluido, presión, temperatura, puntos de posible aislamiento, etc.).
 - Servicios externos y sistemas de reserva (electricidad, agua, producción interna de energía, aire para instrumentación, etc.).

Asimismo, se han de verificar los siguientes aspectos:

- Los medios disponibles para actuar en caso de emergencia se encuentran en buen estado de mantenimiento y disponibles para ser usados, así como protegidos de las consecuencias de un posible accidente.

El analista debe verificar que la periodicidad de mantenimiento o inspección de cada equipo se corresponde, al menos, con la especificada en la legislación de aplicación.

Para ello, podrá utilizar como referencia la información recogida en los anexos B y C de la guía para la realización de inspecciones técnicas administrativas en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)²³ o, en su caso:

- Recomendaciones del fabricante.
 - Prácticas ingenieriles aplicables.
 - Experiencias de operación del equipo en el establecimiento o en otras instalaciones.
 - Resultados de inspecciones anteriores.
- La ubicación de los equipos permite la rápida disponibilidad de los mismos en caso de emergencia.

El analista debe comprobar la ubicación, facilidad de acceso y señalización de los equipos.
 - Se deben tener en consideración, al menos, los siguientes equipos:
 - Medios de control (sistemas de venteo, válvulas de aislamiento, etc.).
 - Medios de detección y alarma (detectores de incendio, de fugas tóxicas, pulsadores de alarma, pulsadores de paro de emergencia, medidores portátiles de concentración de sustancias peligrosas, etc.).

En particular los pulsadores de alarma y paro de emergencia deben estar distribuidos por toda la planta o instalación, debidamente señalizados y periódicamente controlados.

Asimismo, el analista debe verificar que el establecimiento dispone de detectores de sustancias tóxicas y/o inflamables en las zonas donde pueda existir riesgo de fuga de las mismas.

- Canales de comunicación interna (alarmas acústicas y/o visuales, sistemas de megafonía, etc.) y externas (teléfono, fax, etc.).

²³ Guía para la realización de Inspecciones Técnicas administrativas en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II), Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Interior.

- Medios de mitigación, contención y control de efectos de accidentes (sistemas de absorción o neutralización de sustancias, sistemas de drenaje, barreras físicas, equipos de movimiento de tierras para eliminar tierras contaminadas u otros materiales, etc.).
- Medios de actuación contra incendios (sistemas fijos de extinción, extintores portátiles, extintores de carro, rociadores, cortinas de agua, BIE, hidrantes, etc.).
- Medios de protección personal.
- Señalizaciones para la evacuación del personal (rutas de evacuación y luces de emergencia).
- Equipos de primeros auxilios.
- Fuentes de suministro alternativo (electricidad, agua, etc.) que garanticen, ante posibles accidentes, el control de la instalación y la operatividad de los medios de emergencia.
- Equipos auxiliares necesarios para la puesta en práctica del plan de autoprotección (vehículos de transporte de equipos de emergencia, luces de emergencia, herramientas especiales, etc.).

Es preciso recordar, que la guía no pretende con este apartado proceder a completar o a renovar los sistemas de control existentes, ya que esto, en todo caso, sería consecuencia del valor o índice de riesgo finalmente estimado. En este sentido, el objetivo perseguido, es más bien descriptivo de cara al posterior análisis de su influencia en el valor o índice final de riesgo medioambiental.

Tras la identificación de los sistemas de control primarios existentes para cada uno de los escenarios accidentales definidos, se deberá determinar el factor de corrección, con el que los sistemas identificados van a actuar sobre la cantidad involucrada en el accidente grave.

Los factores de corrección aplicados variarán en gran medida en función del establecimiento y de las instalaciones con que éste cuenta.

En el apartado 2.6 donde se procede a estimar el índice global de consecuencias medioambientales, se proporcionará información para la parametrización de este punto de la guía.

2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE

Los sistemas de transporte constituyen el nexo de unión entre las fuentes de riesgo (Ej. sustancias químicas) y los receptores del daño (Ej. hábitat afectados). Su modelización a través de sistemas y algoritmos matemáticos constituye una herramienta fundamental para establecer la evolución de la concentración de la sustancia en el tiempo y en el espacio. De esta forma, es posible determinar las distancias al foco accidental en las que se alcanzan determinadas concentraciones de una o varias sustancias accidentalmente liberadas.

2.4.1 Modelos de dispersión

Este apartado de la guía establece un directorio (véase el anexo 3) de modelos de dispersión junto con una breve descripción de las aplicaciones informáticas comerciales relaciona-

das con accidentes químicos con consecuencias medioambientales de forma que, teniendo en cuenta el estado de la sustancia y el medio de transporte de ésta, pueda servir de ayuda al industrial afectado.

La organización de la estructura del directorio es la siguiente:

- Gases en gases.
- Líquidos en líquidos (vertidos).
- Líquidos en sólidos (derrames).

2.5 RECEPTORES VULNERABLES

Los receptores vulnerables constituyen los elementos del medio ambiente que pueden verse afectados si, finalmente, entran en contacto o están expuestos a la fuente de riesgo.

Dentro del sistema de riesgo medioambiental componen el último eslabón de la cadena que comienza con el suceso iniciador del accidente y desemboca en diversos escenarios accidentales con diferentes consecuencias o daños sobre los receptores.

La evaluación de la calidad/vulnerabilidad de estos elementos es fundamental a la hora de delimitar las consecuencias asociadas a un accidente y sus repercusiones sobre el entorno natural y socioeconómico.

2.5.1 Vulnerabilidad/calidad del medio afectado

El presente apartado constituye uno de los puntos más complejos de la metodología. La diversidad y el número de aspectos que se dan cita a la hora de caracterizar el medio afectado en términos calidad o vulnerabilidad, hacen de este criterio uno de los menos desarrollados cuando se profundiza en el tema de las posibles consecuencias aparejadas a un accidente grave.

En este sentido, el conocimiento del medio natural, entendido como el medio abiótico y biótico del entorno de un establecimiento, junto con la evaluación o caracterización de los daños ecológicos propiciados por un escenario accidental, suponen una de las mayores dificultades del proceso de análisis del riesgo medioambiental.

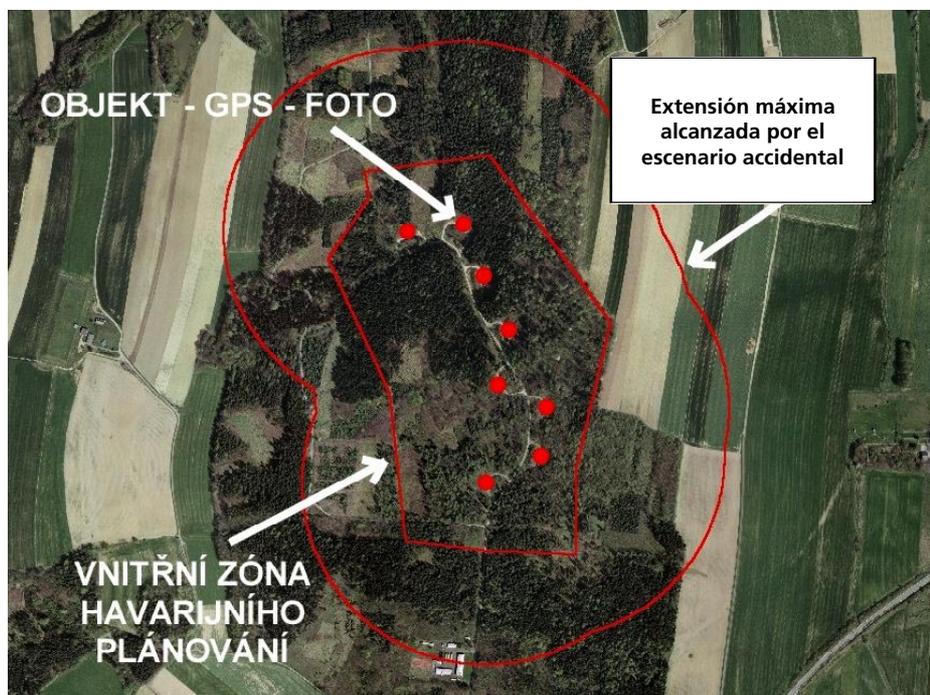
La caracterización de los receptores englobados dentro de la mayor extensión alcanzada por un escenario accidental de cara a establecer su potencial de vulnerabilidad, requiere de un estudio detallado o inventario ambiental que analice la situación del entorno que se verá afectado por el potencial accidente grave.

El anexo 4 recoge el contenido de la información básica (IBA) del informe de seguridad a la que hace referencia el artículo 4 de la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas en relación con las zonas de influencia.

La información que proporcionan estos estudios de los receptores vulnerables en conjunción con la aportada por los modelos de dispersión (véase apartado 2.4) representa una caracterización con un elevado grado de detalle del medio afectado, desde la doble perspectiva de la calidad y la fragilidad de éste.

FIGURA 4

Ejemplo de extensión máxima alcanzada por un escenario accidental



Las metodologías para la realización de este tipo de estudios se encuentran muy desarrolladas en la actualidad. Son utilizadas en los estudios de impacto ambiental que, a su vez, derivan de requisitos legislativos de la Unión Europea y España con más de quince años de antigüedad.

El inconveniente asociado a este tipo de estudios o inventarios no es otro que el esfuerzo y coste derivados de su elaboración, ya que serán pocas las ocasiones en las que el industrial encuentre estudios ya elaborados sobre el entorno de su establecimiento.

A la vista de esta problemática, la aproximación metodológica propuesta por la guía trata de solventar este tipo de inconvenientes de la manera más sencilla posible, pero fiable al mismo tiempo. Se trata de una alternativa basada en una simplificación del problema que podrá ser válida en la mayoría de las ocasiones.

El enfoque adoptado es de naturaleza recomendatoria y no excluye la posibilidad de que los responsables de los establecimientos lleven a cabo estudios o análisis de mayor complejidad de cara a valorar cada uno de los componentes del sistema de riesgo definido en puntos previos.

Otro de los objetivos de la metodología en este punto, gira en torno a la idea de compatibilidad de aplicación de este criterio en el ámbito de la Unión Europea. La metodología propuesta se basa en el concepto de los índices de naturalidad (véase anexo 5) establecido dentro *del inventario nacional de hábitat del Estado Español* y en una clasificación jerárquica de hábitats para la región paleártica²⁴ (véase anexo 5) en la que se halla inscrita la totalidad del territorio nacional.

²⁴ Área biogeográfica que comprende toda Europa, África hasta el límite meridional del Sahara, gran parte de la península arábiga y la mayor parte de Asia, al norte de la línea del Himalaya. Incluye por tanto en general las zonas templadas y frías del hemisferio septentrional, con la excepción de los desiertos cálidos de su límite inferior.

2.5.2 Factores condicionantes

Dentro del componente del sistema de riesgo denominado receptores vulnerables, la metodología propone una serie de factores condicionantes a través de los cuales la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat puede verse modificada.

Estos factores condicionantes consideran cuatro aspectos que, en el caso de un posible accidente grave con consecuencias medioambientales, pueden llegar a tener una influencia importante a la hora de establecer o valorar los daños producidos sobre el medio ambiente.

A continuación, se indican una serie de conceptos correspondientes a cada uno de ellos, así como su aplicación dentro de la mecánica establecida por la metodología.

2.5.2.1 *Espacios naturales protegidos*

En 1989 la *Ley 4/1989 de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres* establece cuatro figuras de protección: parque, reserva natural, monumento natural y paisaje protegido. La Ley recoge el mandato establecido en el artículo 45 de la *Constitución Española* por el que se reconoce el derecho de todos los españoles a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo. Asimismo, se establece para los espacios protegidos la necesidad de proceder a la planificación de sus recursos naturales bajo directrices conservacionistas compatibles con un desarrollo sostenible.

Para más información sobre este punto, consultar el anexo 6.

2.5.2.2 *Categorías de protección de especies.*

La *Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre*²⁵ establece en su capítulo II, artículo 29, una serie de categorías para la clasificación de los animales o plantas cuya protección exija medidas específicas por parte de las Administraciones Públicas. Las especies, subespecies o poblaciones incluidas en el *catálogo nacional de especies amenazadas* deberán ser clasificadas dentro de alguna de las siguientes categorías mencionadas en el anexo 7.

2.5.2.3 *Patrimonio histórico artístico*

El patrimonio histórico español está formado, en líneas generales, por aquellos bienes que poseen interés histórico, artístico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico, además del patrimonio bibliográfico y documental, que incluye grabaciones en soportes de todo tipo y testimonios audiovisuales, documentos generados por razón del cargo, obras de las que existan menos de tres ejemplares en las bibliotecas públicas, manuscritos, etc.

Para más información sobre este punto, consultar el anexo 8.

²⁵ Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestre, modificada por la Ley 40/1997, por la Resolución de 21 de noviembre de 2001 y por la Ley 53/2002.

2.5.2.4 Reversibilidad del daño/recuperación

La reversibilidad se define como la propiedad de ciertos factores o sistemas ambientales afectados por una acción humana, de volver, después de un tiempo variable, a sus estados de calidad inicial, cesada la referida acción.

2.5.2.5 Impacto socioeconómico asociado a la alteración de los recursos naturales.

Además de las consecuencias medioambientales derivadas de un hipotético accidente grave, es necesario valorar los impactos socioeconómicos asociados a un determinado escenario accidental.

Entre los aspectos a considerar destacan los efectos inducidos en:

A) *Actividades económicas* directamente relacionadas con el medio ambiente.

- Agrícola.
- Ganadera.
- Forestal.
- Pesca.
- Minería.
- Industrial.
- Turismo.

B) *Infraestructuras*. Afección causada por el accidente a las infraestructuras del entorno.

- Redes de transporte y comunicación, incluyendo las vías pecuarias.
- Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos (peligrosos, asimilables a urbanos, hospitalarios, etc.).
- Suministro y transporte de energía: tendidos eléctricos, combustibles, conducciones de gas, etc.
- Suministro de agua: efectos del consumo sobre las fuentes de abastecimiento del entorno, almacenamiento y transporte de recursos, sistemas locales de depuración, etc.
- Infraestructuras de telecomunicaciones.

2.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE GLOBAL DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES

En este punto de la guía se establecen las bases de la aproximación metodológica de análisis de riesgos de cara a establecer un índice global de consecuencias medioambientales (IGCM) para cada uno de los escenarios accidentales objeto de estudio.

Una vez obtenidos los diferentes IGCM para los distintos escenarios planteados, será necesario calcular el propio valor o índice de riesgo medioambiental asociado a los distintos escenarios accidentales, mediante la multiplicación de los dos factores principales que definen la función del riesgo medioambiental, es decir, las probabilidades/frecuencias y las consecuencias medioambientales asociadas a los escenarios planteados.

La aproximación metodológica para la estimación de los diferentes IGCM posee un carácter recomendatorio. Su aplicación, sin perjuicio de otro tipo de estudios de análisis de riesgos medioambientales, no exime a los establecimientos Seveso II de la implementación de métodos que logren un mayor grado de precisión a la hora de puntuar cada uno de los componentes básicos del sistema de riesgo (véase fig. 2).

Los criterios definidos en este apartado pretenden facilitar en la medida de lo posible el ámbito de aplicación y la implementación de los análisis del riesgo medioambiental dentro del espíritu de la nueva *Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas*.

En última instancia, el organismo o la Autoridad Competente en esta materia será la encargada de evaluar los resultados obtenidos a través de las metodologías de riesgos medioambientales empleadas por los establecimientos.

Dentro del análisis del riesgo, se pueden establecer dos partes claramente diferenciadas que se relacionan con:

- La probabilidad/frecuencia de que pueda materializarse un determinado escenario accidental²⁶.
- Las consecuencias que, ese escenario, puede llevar aparejadas en función de su localización tanto espacial como temporal del mismo.

La metodología para el análisis del riesgo medioambiental desarrollada en este punto, conserva la estructura básica del análisis del riesgo. Sin embargo, su principal interés se enmarca dentro del factor representado por las consecuencias medioambientales que la materialización de un escenario accidental puede presentar.

Por otro lado, se ha considerado interesante reflejar el proceso completo del análisis del riesgo medioambiental desde la identificación del suceso iniciador²⁷ hasta el cálculo del valor o índice de riesgo medioambiental para cada uno de los escenarios accidentales.

La figura 5 ofrece una visión de conjunto del proceso de análisis del riesgo medioambiental en el que se centra la primera parte de la guía.

Como se puede apreciar en la figura 5, la metodología establece dos áreas sombreadas perfectamente diferenciadas, en las que queda dividido el ámbito de influencia. Por un lado, la parte del proceso de análisis de riesgos y por otra, la relacionada con el principal aspecto de la guía, es decir, la estimación de las consecuencias medioambientales a partir de unos escenarios accidentales y sus probabilidades/frecuencias asociadas.

En la primera de estas áreas y a modo de ejemplo, la figura 5 representa mediante un árbol de sucesos, la evolución de un suceso iniciador «*escape de líquido*» que, dependiendo de una serie de *factores condicionantes*, va a evolucionar en una u otra dirección, dando lugar a una serie de escenarios accidentales distintos.

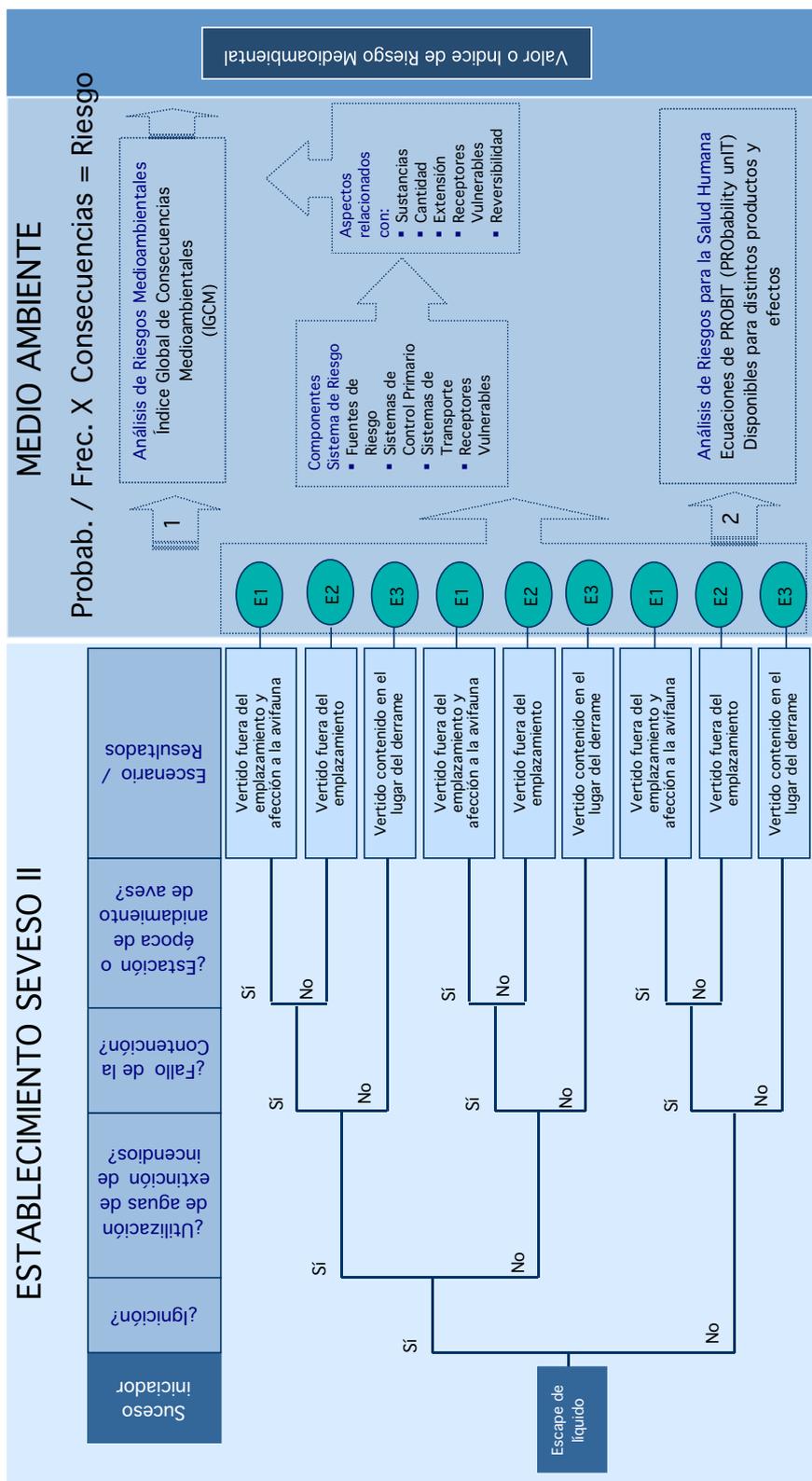
Cada uno de los tres tipos de escenarios accidentales representados en la figura 5 lleva asociada una probabilidad/frecuencia que es función, a su vez, de la probabilidad/frecuencia asociada al suceso iniciador y de las probabilidades/frecuencias unidas a cada uno de los factores condicionantes (*ej. Ignición, fallo de la contención*) que determinan la evolución de ese suceso hacia el escenario1 (*vertido fuera del emplazamiento y afección a la avifauna*) de este ejemplo.

²⁶ La secuencia de avance en el espacio-tiempo del suceso iniciador. La concatenación de una serie de factores condicionantes tras un suceso iniciador en el espacio-tiempo es lo que hace que un mismo suceso inicial pueda derivar en varios escenarios accidentales.

²⁷ Evento interno o externo anómalo que puede conducir a un accidente. Un ejemplo de suceso iniciador podría ser: fallo de un sistema de refrigeración, fuga, sismo, etc.

FIGURA 5

Ejemplo de la metodología para el análisis del riesgo medioambiental en establecimientos afectados por el Real Decreto 1254/1999 (SEVESO II)



El resultado final de la parte bajo la influencia del establecimiento afectado por el *Real Decreto 1254/1999*, constituye el punto de partida para la metodología de análisis del riesgo medioambiental en sí misma. A partir de los tres tipos de escenarios accidentales derivados y sus respectivas probabilidades/frecuencias, se procede a la estimación de un índice global de consecuencias medioambientales para cada escenario. El proceso alcanza su fin cuando cada uno de los escenarios identificados cuenta con su índice o valor de riesgo ambiental, que a su vez tienen asociados una probabilidad/frecuencia y un índice global de consecuencias medioambientales.

Una vez obtenida la fotografía o la imagen general del proceso de análisis de riesgos medioambientales, es interesante centrarse en el denominado índice global de consecuencias medioambientales (IGCM).

El IGCM constituye el pilar básico sobre el que se apoya toda la determinación de las consecuencias medioambientales para un escenario accidental. Para su estimación, la metodología se basa en la evaluación y parametrización de los cuatro componentes que constituyen el sistema de riesgo previamente definido en la Directriz básica de Protección Civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, en base a los que se calcularán los índices globales de consecuencias medioambientales.

Las figuras 6 y 7, representan el esquema seguido a la hora de determinar el IGCM para un determinado escenario accidental.

2.6.1 Fuentes de Riesgo

Dentro del componente de fuentes de riesgo, las propiedades y la cantidad de las sustancias o mezclas implicadas en un accidente constituyen un aspecto muy importante a considerar para establecer un índice global de consecuencias medioambientales.

2.6.1.1 Propiedades de la/s sustancia/s o mezcla/s

El criterio recomendado seguido por la metodología a la hora de clasificar las sustancias químicas en función de sus propiedades intrínsecas, se apoya en un sistema de filtros a través de los cuales la sustancia es evaluada en términos de peligrosidad y comportamiento medioambiental para obtener una puntuación para fuentes de riesgo-sustancia (véase fig. 8).

Mediante un conjunto de cinco propiedades (toxicidad, volatilidad, bioconcentración, adsorción y biodegradación) se procede a la estimación de una puntuación para fuentes de riesgo-sustancia, que puede variar desde un mínimo de 2 puntos en los casos más favorables, a un máximo de 21 puntos en los casos que suponen una mayor amenaza desde el punto de vista de las consecuencias medioambientales.

FIGURA 6
Esquema general del índice global de consecuencias medioambientales

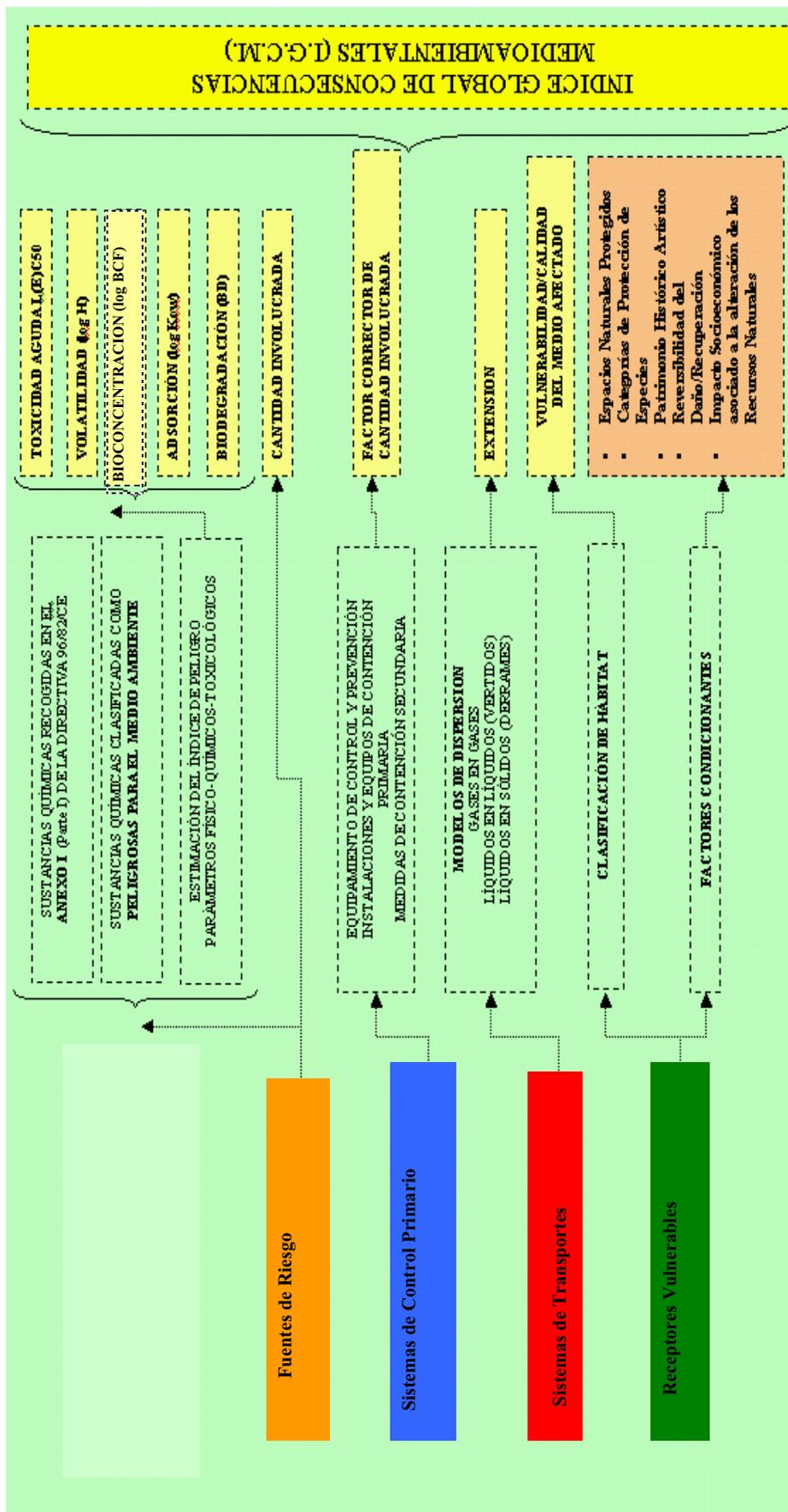


FIGURA 7

