



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT) para el sector porcino

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS
MEDIOAMBIENTALES

ÍNDICE

I.	OBJETO Y ALCANCE	1
II.	EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO	2
III.	JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO	2
IV.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
IV.1.	Descripción de las instalaciones y actividades	4
IV.1.1.	Descripción de la actividad.....	4
IV.2.	Descripción del perfil ambiental del sector	7
V.	DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR	9
V.1.	Identificación de fuentes de información útiles	13
V.1.1.	Fuentes de información para el recurso natural agua.....	13
V.1.2.	Fuentes de información para el recurso natural suelo	14
V.1.3.	Fuentes de información para el recurso natural hábitats	15
V.1.4.	Fuentes de información para el recurso natural especies silvestres	15
V.2.	Orientaciones prácticas a seguir para describir el contexto territorial en los análisis de riesgos particulares.....	16
VI.	BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES NORMATIVAS Y LEGALES	19
VII.	METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	25
VIII.	IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR	30
VIII.1.	Zonificación e identificación de fuentes de peligro.....	31
VIII.1.1.	Zona de almacenamiento de purines	32
VIII.1.2.	Zona de almacenamiento de combustibles.....	34
VIII.1.3.	Zona de transformadores eléctricos	36
VIII.1.4.	Zona de generadores eléctricos.....	36
VIII.1.5.	Zona de carga y descarga.....	36
VIII.1.6.	Zona de sistemas de tuberías	37
VIII.2.	Identificación de sucesos iniciadores básicos y sus causas.....	39

VIII.2.1.	Causas de peligro.....	39
VIII.2.2.	Sucesos iniciadores.....	40
VIII.3.	Identificación de escenarios accidentales.....	44
VIII.4.	Protocolos para la asignación de probabilidades.....	47
VIII.4.1.	Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores.....	48
VIII.4.2.	Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales.....	52
VIII.5.	Protocolos para el cálculo de la cantidad de agente causante del daño.....	53
VIII.5.1.	Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores.....	54
VIII.5.2.	Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales.....	73
IX.	PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES.....	76
IX.1.	Estimación de la gravedad de las consecuencias medioambientales mediante el índice de Daño Medioambiental.....	76
IX.1.1.	Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural afectado.....	79
IX.1.2.	Pautas para la estimación del coeficiente Ecf.....	82
IX.1.3.	Pautas para la estimación del coeficiente A.....	82
IX.1.4.	Pautas para la estimación del coeficiente Ecu.....	83
IX.1.5.	Pautas para la estimación del coeficiente B.....	83
IX.1.6.	Pautas para la estimación del coeficiente α	85
IX.1.7.	Pautas para la estimación del coeficiente Ec.....	86
IX.1.8.	Pautas para la estimación del coeficiente p.....	86
IX.1.9.	Pautas para la estimación del coeficiente Macc.....	86
IX.1.10.	Pautas para la estimación del coeficiente q.....	87
IX.1.11.	Pautas para la estimación del coeficiente C.....	87
IX.1.12.	Pautas para la estimación del coeficiente Ecr.....	87
IX.1.13.	Pautas para la estimación del coeficiente Ecc.....	87
IX.1.14.	Pautas para la estimación del coeficiente β	87
IX.1.15.	Pautas para la estimación del coeficiente Eca.....	88
IX.1.16.	Pautas para la estimación de varias combinaciones agente-recurso.....	88
IX.2.	Selección del escenario de referencia para el cálculo de la garantía financiera.....	88

IX.3. Definición de protocolos para cuantificar el daño referente a cada tipología de escenario y evaluar, por parte de cada operador, su significatividad	92
IX.3.1. Extensión de los daños	93
IX.3.2. Intensidad de los daños.....	103
IX.3.3. Escala temporal del daño	106
IX.3.4. Significatividad del daño.....	107
X. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA POR RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL	108
XI. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL.....	110
XII. PUNTOS CRÍTICOS	114
XIII. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS SECTORIAL	117
XIV. BIBLIOGRAFÍA.....	119

Anexos

ANEXO I: Elementos del modelo

ANEXO II: Árboles de sucesos

ANEXO III: Rebosamiento del depósito o balsa de purines

ANEXO IV: Probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores

ANEXO V: Probabilidad de fallo de los factores condicionantes

ANEXO VI: Efectos sobre el medio ambiente de los vertidos accidentales de purines

I. OBJETO Y ALCANCE

El presente estudio tiene por objeto la elaboración de un Modelo de Análisis de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT) para el sector porcino en España. Dicho sector ha sido seleccionado por parte del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO). El análisis se centra en las fases de explotación y operación en las instalaciones, quedando excluidas aquellas actividades que excedan dichos límites.

En la actualidad, el sector porcino es el sector ganadero más importante de España desde el punto de vista del sector primario ya que agrupa el 12,7% de la Producción Final Agraria y el 36,4% de la Producción Final Ganadera¹. Además es un sector destacado en la economía española debido a que representa el 14% del Producto Interior Bruto Industrial².

Casi dos tercios de la carne que sale de los centros de transformación españoles es carne de cerdo que superó en 2016 los 4 millones de toneladas, lo que supone el 63,2% de la producción total de carne de nuestro país.

Teniendo en cuenta la distribución de la producción por comunidades autónomas, seis de ellas agrupan el 90% de la producción de carne de cerdo en España. Cataluña es la mayor productora con 1,68 millones de toneladas y le siguen en importancia Castilla y León con 566 817 toneladas, Aragón (463 097 tn), Castilla-La Mancha (342 590 tn), Andalucía (309 131 tn) y Murcia (293 354 tn) (Figura 1).

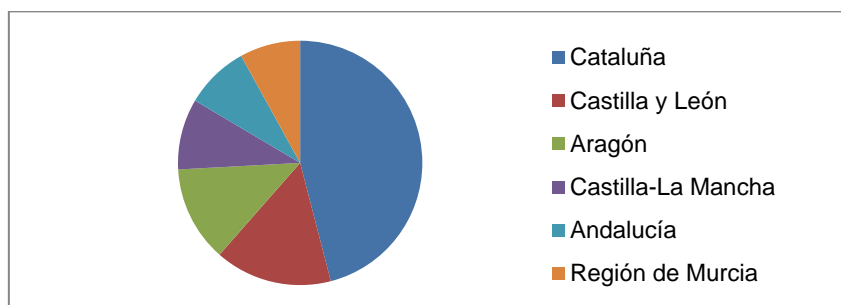


Figura 1. Distribución de la producción de carne por comunidades autónomas. Fuente:

Elaboración propia a partir de datos de INTERPORC (<https://interporc.com/2017/08/22/carne-de-cerdo-lidera-produccion-carnica-espanola/>)

El presente MIRAT abarca aquellas instalaciones ganaderas situadas en España destinadas a la producción de carne de cerdo de capa blanca. Al tratarse de una herramienta sectorial, únicamente se han considerado los elementos representativos comunes a la mayoría de instalaciones con el fin de poder ser utilizado por el mayor número de miembros de dicho sector. Aquellas instalaciones que dispongan de elementos distintos a los detallados en el presente informe serán evaluadas específicamente por el operador en cuestión basándose, entre otros documentos, en el documento de Estructura y contenidos generales de los

¹<https://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/default.aspx>

²<https://interporc.com/2017/08/22/carne-de-cerdo-lidera-produccion-carnica-espanola/>

instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental (CTPRDM, 2015). Dicho documento fue actualizado atendiendo al Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modificó el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

II. EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO

El Grupo de Valoración Ambiental de la Gerencia de Desarrollo Rural y Política Forestal de Tragsatec ha desarrollado el presente informe en colaboración con los técnicos y operadores económicos de la Asociación Nacional de Productores de Ganado Porcino (ANPROGAPOR).

El desarrollo de los trabajos, por parte de la consultora, ha contado con la participación de perfiles profesionales cuya formación y experiencia se detalla en la siguiente tabla.

Cargo	Formación académica	Experiencia profesional
Jefa de grupo	Licenciada en Biología	17
Responsable de proyecto	Licenciada en Ciencias Ambientales	16
Técnico de proyecto	Licenciado en Ciencias Ambientales	16
Técnico de proyecto	Ingeniero de Montes	12
Técnico de proyecto	Licenciada en Ciencias Ambientales	11
Técnico de proyecto	Graduada en Ciencias Ambientales	2

Tabla 1. Equipo consultor responsable del estudio. Fuente: Elaboración propia.

III. JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO

El documento de Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental (CTPRDM, 2015) establece que cada uno de los sectores profesionales o grupo de actividades debe seleccionar el tipo de instrumento al que se acogerá para analizar su riesgo medioambiental pudiendo seleccionar entre un Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT), una Guía Metodológica (GM) o una Tabla de Baremos (TB).

Los criterios de decisión para identificar el instrumento sectorial más adecuado a cada caso deben atender, por un lado, al nivel de peligrosidad o de riesgo medioambiental del sector y, por otro, a la heterogeneidad desde el punto de vista de la variabilidad del comportamiento de las actividades de un mismo sector con respecto al riesgo medioambiental tal y como se muestra en la Figura 2.

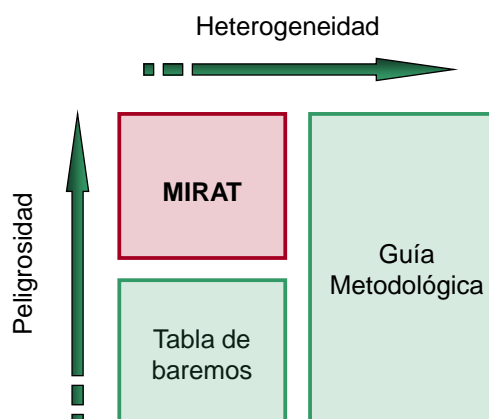


Figura 2. Regla de selección del tipo de instrumento de análisis de riesgos sectorial. Fuente: CTPRDM (2015).

En la Figura 2 se ilustra el procedimiento de toma de decisiones que cruza los criterios de peligrosidad y heterogeneidad. En ella puede deducirse que los MIRAT y las Tablas de Baremos se llevarán a cabo cuando las actividades que forman un sector concreto tengan asociada una alta homogeneidad. Por el contrario, las Guías Metodológicas se aplicarán en los casos en que las actividades muestren ser heterogéneas entre sí y no permitan la homogeneización de sus escenarios de riesgos medioambientales.

Evaluando este criterio, se afirma que el sector porcino es relativamente homogéneo ya que tanto el proceso productivo como su entorno resultan similares. El proceso productivo está basado en la cría y el crecimiento de un número determinado de cerdos para su posterior retirada a centros de transformación. Para ello, es necesario el aporte de insumos como el pienso, agua y energía, así como la gestión de los purines, principal subproducto destinado mayoritariamente a su valorización agrícola. Por otro lado, el entorno en el que se ubican las granjas también es homogéneo ya que suelen alojarse en zonas próximas a cultivos, alejadas en cierta medida de los núcleos urbanos.

Teniendo en cuenta el criterio de peligrosidad, se asume que el sector tiene asociada una peligrosidad media-baja teniendo en cuenta que sus instalaciones no cuentan con grandes volúmenes de sustancias químicas tóxicas. En cuanto al tamaño de las instalaciones, no puede determinarse el número exacto de las dedicadas a la cría intensiva de ganado porcino en España aunque, como dato orientativo, se pueden considerar las 918 explotaciones porcinas que notificaron emisiones en el año 2004 (referidas a 2003) en el inventario EPER (actualmente, inventario E-PRTR, aunque éste ofrece datos de emisiones por complejos del sector porcino junto con el sector avícola (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente, 2006).

En definitiva, las mejoras tecnológicas, el desarrollo comercial del sector y la disminución de la rentabilidad por animal producido durante los últimos años, han propiciado un aumento del censo medio en las explotaciones comerciales a fin de hacerlas más competitivas. Atendiendo a

los últimos datos disponibles, prácticamente el 93% del censo está concentrado en el 28% de las explotaciones (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente, *op. cit.*).

Considerando las características anteriores se ha optado por plantear el presente instrumento de análisis de riesgos como un MIRAT. Si bien, no se descarta que a partir del presente MIRAT el sector pueda diseñar una TB en caso de que los resultados obtenidos a partir del mismo muestren que el sector presenta la suficiente homogeneidad y unos riesgos medioambientales relativamente bajos.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

IV.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y ACTIVIDADES

La producción de carne de cerdo se realiza en diferentes instalaciones según el momento del ciclo de vida en el que se encuentren los animales. Las granjas de cerdas de producción (fase 1) son el primer eslabón de la fase, seguidas de las granjas de transición (fase 2) y finalmente las unidades de engorde (fase 3) donde permanecen hasta alcanzar el peso previo a su sacrificio. Las distintas fases de producción se pueden realizar en un mismo emplazamiento; por ejemplo, las granjas de ciclo cerrado, de producción de lechones a 18-20kg y granjas de *wean to finish* con lechones con 6-7kg de peso vivo hasta alcanzar el peso para matadero.

Las actividades que se realizan dentro del sector porcino de capa blanca tienen riesgos medioambientales similares entre sí, independientemente de la fase de producción a la que se dedique cada entidad. A continuación se exponen las actividades y equipos principales del sector poniendo especial atención en aquellos que puedan tener afecciones medioambientales.

IV.1.1. Descripción de la actividad

1. Alojamiento de cerdos

Durante su cría y cebo, los animales se alojan en recintos cerrados y especialmente diseñados para alcanzar el bienestar animal y medioambiental. El suelo de las naves se encuentra total o parcialmente emparrillado y el subsuelo cuenta con fosas de recepción de purines, que permiten su almacenamiento previo al traslado a la balsa de purines ubicada en el exterior de las instalaciones.

Cada granja suele estar dividida en diferentes recintos debidamente pavimentados y diferenciados en función de la edad de los cerdos y las diferentes fases de explotación en que se encuentran. A su vez, todas las naves están rodeadas con un vallado perimetral que permite aislar la granja de personas o animales externos que pudieran ser vectores biológicos para la difusión de enfermedades.

2. Almacenamiento de purines

El suelo de las naves de la granja se encuentra parcialmente emparrillado permitiendo el paso del purín hacia las fosas ubicadas en el subsuelo. Adicionalmente, los recintos cuentan con canalizaciones que distribuyen el purín hasta la balsa de almacenamiento de purines en el exterior. Es el propio operador quien revisa los niveles de la balsa de purines y que la misma se mantenga en buenas condiciones.

La producción de purín depende del ciclo productivo en el que se encuentren los animales alojados en la explotación. La Tabla 2 recoge unos valores de producción de purines de cerdo según la fase productiva, atendiendo a lo indicado en el Anexo I del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas; en cualquier caso, el consumo de agua también influye en la producción de purín, por lo que será el ganadero el mejor conocedor de la producción de purín de su explotación. Como se desarrolla en párrafos siguientes, la producción de purín determinará el volumen del almacenamiento de purín que el operador deberá disponer en sus instalaciones.

Tipo de ganado y fase productiva	Purín (m ³ /plaza.año)
Cerda en ciclo cerrado ¹	17,75
Cerda con lechones hasta destete (0-6 kg)	5,10
Cerda con lechones hasta 20 kg	6,12
Cerda de reposición	2,50
Lechones de 6-20 kg	0,41
Cerdo de engorde (20-50 kg)	1,80
Cerdo de engorde (50-100 kg)	2,50
Cerdo de recebo (20-100 kg)	2,15
Verraco	6,12

¹ Incluye la madre y su descendencia hasta finalizar el recebado

Tabla 2. Producción de purines de cerdo por fase productiva. Fuente: Anexo I del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas

El Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas establece, en su artículo 5, que, en caso de que la gestión de los purines se enfoque hacia la valoración agrícola como abono órgano-mineral (principal, sino prácticamente única, opción actualmente utilizada), las explotaciones deberán:

1º. Disponer de balsas de estiércol cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de filtración y contaminación de las aguas

superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento o por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permita la gestión adecuada de los mismos.

2º Respetar como distancia mínima, en la distribución de estiércol sobre el terreno, la de 100 metros, respecto a otras explotaciones del grupo primero, y 200 metros, respecto a las explotaciones incluidas en el resto de los grupos definidos en el artículo 3. B) y a los núcleos urbanos. En relación con los cursos de aguas, se respetará lo establecido en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, aprobado por el Real Decreto 849/1996, de 11 de abril, y lo dispuesto en los diferentes planes hidrológicos de cuenca.

3º Acreditar, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, que disponen de superficie agrícola suficiente, propia o concertada, para la utilización de los estiércoles como fertilizantes, cumpliendo determinados límites para la protección de la contaminación por nitratos.

El Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, se erige como legislación básica estatal en relación con las explotaciones porcinas. Las comunidades autónomas pueden establecer nuevas obligaciones para las explotaciones porcinas dentro de su territorio, como, por ejemplo, que la balsa pueda almacenar la producción de purines de al menos 120 días y/o computar en la capacidad de almacenamiento no únicamente la balsa sino también las fosas ubicadas debajo del alojamiento de los animales.

Por último, en ocasiones, el estiércol se somete a sistemas de decantación en las propias balsas de almacenamiento que permiten separar la fase líquida del mismo facilitando su posterior aplicación agrícola. Cabe puntualizar que el purín generado no se vende sino que suele ser aplicado como fertilizante a cultivos del propio operador o de agricultores ajenos.

Actividades auxiliares

1. Limpieza y desinfección de naves

En las granjas del sector porcino la frecuencia de limpieza y desinfección de las naves varía en función de la duración de cada lote de cerdos ya que se aprovecha la retirada de los mismos a otra fase de la producción para llevar a cabo la desinfección. En instalaciones dedicadas a la cría de cerdas reproductoras las naves se limpian aprovechando el cambio de bandas semanales. Por el contrario, el resto de granjas llevan a cabo un sistema “todo dentro-todo fuera”, esto es, las naves se vacían completamente en cada tanda de nuevos animales y por ello se aprovecha este momento para limpiar las instalaciones.

En cualquiera de los casos anteriores las aguas de lavado producidas son gestionadas a través de las mismas canalizaciones que los purines que desembocan en la balsa exterior.

2. Ventilación y refrigeración

La temperatura óptima en las naves suele obtenerse gracias a la ventilación natural; únicamente las salas de maternidad o en algunas naves de transición se puede encontrar ventilación forzada y automatizada, compuesta de ventanas que abren y cierran según la temperatura y que a su vez controlan los gases interiores a través de conductos al exterior. Además, algunas de estas naves de maternidad y de transición cuentan con equipos de refrigeración a través de paneles de celulosa que mantienen la temperatura del ambiente constante y una mayor higiene de las naves al evitar el humedecimiento de los animales.

3. Sistemas de calefacción

La calefacción en este sector puede proceder de diferentes fuentes de energía, siendo la más habitual la biomasa, pero existen otras como los combustibles líquidos, el carbón o el gas.

En las granjas de engorde la calefacción únicamente se usa en invierno manteniéndose la temperatura interior a unos 25°C. Sin embargo, en las instalaciones de explotación de cerdas reproductoras la calefacción es necesaria durante todo el año, en concreto en las naves de parideras pues resulta fundamental para los lechones.

4. Almacenamiento de residuos

En las granjas del sector porcino se generan determinados residuos como los envases de medicamentos y vacunas que son almacenados hasta su posterior retirada. De la misma manera, en caso de muerte de algún animal, los cadáveres son almacenados en depósitos externos al vallado de la granja hasta su recogida por una empresa ajena a la granja.

5. Transformadores y generadores

Las granjas del sector porcino cuentan normalmente con transformadores eléctricos de aceite y en ocasiones secos. Además, la labor de dichos transformadores puede complementarse con el uso de generadores eléctricos para aquellos casos en que falle la red de distribución. La presencia de generadores en este sector es fundamental debido a que los animales requieren ventilación, refrigeración y sistemas de calefacción continua.

IV.2. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL AMBIENTAL DEL SECTOR

Las instalaciones de cría de cerdos demandan gran cantidad de agua debido al consumo que realizan los cerdos de este recurso. Además, se utiliza cierto volumen de la misma para la limpieza y desinfección de las naves donde se alojan los animales, aunque dicha limpieza se realiza prácticamente en todas las granjas con agua a presión. Según la revista *Porcinews*, se estima que en condiciones termoneutras en el interior (de 18 a 25 °C), cada cerdo consume al día 2 litros de agua con 20 kg de peso y 7 litros de agua con 100 kg de peso (Brumm *et al.*, 2000). Este consumo puede establecerse también a partir de la relación entre el agua y el pienso consumido. En este sentido, un cerdo en la fase de cebo requiere de 2,2 a 2,8 litros de agua por

kilogramo de materia seca ingerida, mientras que un lechón ingiere de 3 a 3,5 veces más de agua que de pienso. Respecto a las cerdas reproductoras son mucho más exigentes, especialmente si están en período de lactación, siendo su consumo medio de 4 a 4,5 litros de agua por kilogramo de pienso (Quiles y Hevia, 2004).

En el sector porcino la limpieza de las naves se realiza con agua a temperatura ambiente a presión y con ayuda de desinfectantes. La frecuencia a la que se realiza la limpieza varía en función de la permanencia de cada lote de cerdos; en las naves donde los lotes se cambian más a menudo se genera mayor volumen de aguas de lavado.

El consumo de energía en las instalaciones del sector, por otro lado, es relativamente elevado ya que los animales están implicados en el proceso de producción y demandan cuidados diarios que pueden requerir energía como la ventilación de las granjas (especialmente en las naves de maternidad y en algunas de transición), la termorregulación de las naves o la distribución del pienso. El pienso es otro de los recursos consumidos de manera relevante, ya que es el alimento que aporta los nutrientes necesarios que permiten el crecimiento y engorde de los cerdos.

Las instalaciones del sector porcino, además de suponer un consumo energético y de recursos, originan emisiones procedentes del almacenamiento de purines. En concreto, las emisiones de amoníaco (NH_3), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) pueden variar en función de los diferentes sistemas usados en el suelo sobre el que se alojan los animales. A modo de ejemplo, el porcentaje de amoníaco emitido se reduce cuanto menor es la superficie de suelo enrejillado y de foso ya que se reduce la superficie de emisión y de intercambio. Sin embargo, una reducción excesiva del área de suelo enrejillado podría originar mayor concentración de deyecciones en la zona aumentando del mismo modo las emisiones (MAGRAMA, 2014).

V. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DEL SECTOR

Las instalaciones que componen el sector porcino en España se encuentran generalmente ubicadas en áreas rurales próximas a zonas agrícolas.

Atendiendo a la distribución del sector según el censo de cerdos por comunidad autónoma (Tabla 3) puede afirmarse que el mayor número de cerdos se concentra en Cataluña (24,6%), Aragón (16,4%), Castilla y León (13,6%), Castilla – La Mancha (12,2%), Andalucía (8,4%) y la Región de Murcia (7,2%).

Teniendo en cuenta que el tamaño de las explotaciones en España está limitado a 720 UGM (Unidades de Ganado Mayor)³, el hecho de que el censo sea mayor en esas regiones implica que el número de instalaciones sea también más elevado que en el resto de comunidades, tratándose por ello de un sector principalmente localizado en el levante y centro de la península aunque resulta destacable la presencia del mismo en Galicia.

Respecto al tamaño de las instalaciones y, con ello, su inclusión o no en el régimen de garantía financiera obligatoria, no se han encontrado datos que informen de forma concreta sobre el número de instalaciones por comunidad autónoma que sobrepasan los límites establecidos en el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación: 2 000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg y 750 plazas para cerdas reproductoras. Sin embargo, los datos proporcionados por el Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación permiten obtener una primera aproximación respecto al tamaño de las explotaciones y su distribución territorial.

La **Tabla 4** recoge el número de explotaciones que disponen de cerdos para cebo (es decir, las indicadas en el SITRAN como cebo o cebadero y las de ciclo cerrado) y se relaciona con el censo de animales destinados a cebo, también ofrecidos por la misma fuente.

³Las 720 UGM traducidas a tipo de explotaciones se correspondería con: 750 cerdas reproductoras en ciclo cerrado, 2 880 cerdas reproductoras en producción de lechones de 6kg, 2 400 cerdas reproductoras en producción de lechones de 20 kg y 6 000 plazas para cerdos de cebo de 20 a 100kg. Existe la posibilidad de incrementar estas cantidades en un 20% en función de lo que determine la Comunidad Autónoma correspondiente.

Comunidad autónoma	Censo porcino	
	Número	%
Cataluña	7 293 557	24,6%
Aragón	4 883 182	16,4%
Castilla y León	4 026 281	13,6%
Castilla - La Mancha	3 637 549	12,2%
Andalucía	2 491 020	8,4%
Región de Murcia	2 126 021	7,2%
Extremadura	1 573 648	5,3%
Comunidad Valenciana	1 321 130	4,4%
Galicia	1 281 754	4,3%
C.F. de Navarra	773 117	2,6%
La Rioja	141 331	0,5%
Illes Balears	51 910	0,2%
Canarias	48 768	0,2%
País Vasco	25 446	0,1%
Comunidad de Madrid	18 035	0,1%
Principado de Asturias	7 050	0,0%
Cantabria	2 374	0,0%
Ceuta	0	0,0%
Melilla	0	0,0%
Total	29 702 173	100,0%

Tabla 3. Distribución territorial del sector porcino. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Subdirección General de Estadísticas y estudios del MAPAMA

(<https://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/default.aspx>).

Comunidad Autónoma	Número de explotaciones para cebo o cebadero		Censo porcino para cebo		Número medio de plazas para cebo
Andalucía	10 922	13,17%	1 348 697	6,97%	123,48
Aragón	3 446	6,37%	3 751 106	19,38%	1 088,54
Principado de Asturias	1 346	2,51%	3 676	0,02%	2,73
Illes Balears	267	0,17%	13 036	0,07%	48,82
Canarias	400	0,27%	19 451	0,10%	48,63
Cantabria	903	1,68%	1 523	0,01%	1,69
Castilla - La Mancha	919	1,18%	1 954 870	10,10%	2 127,17
Castilla y León	2 256	3,18%	2 447 019	12,64%	1 084,67
Cataluña	4 584	8,28%	5 142 990	26,56%	1 121,94
Extremadura	4 416	8,29%	690 105	3,56%	156,27
Galicia	26 403	49,68%	855 134	4,42%	32,39
Comunidad de Madrid	72	0,02%	8 313	0,04%	115,46
Región de Murcia	1 187	2,02%	1 642 983	8,49%	1 384,15
C.F. de Navarra	648	1,20%	426 045	2,20%	657,48
País Vasco	185	0,31%	19 315	0,10%	104,41
La Rioja	168	0,30%	112 479	0,58%	669,52
Comunidad Valenciana	776	1,36%	923 350	4,77%	1 189,88
Ceuta	0	0,00%	0	0,00%	-
Melilla	0	0,00%	0	0,00%	-
TOTAL	58 898	100,00%	19 360 092	100,00%	328,71

Tabla 4. Número de explotaciones para animales para cebo y censo porcino para cebo.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de enero de 2018 del Sistema Integral de Trazabilidad Animal del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Con esta información, es posible apuntar a que especialmente en Castilla – La Mancha, pero también en comunidades autónomas como Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Cataluña, Aragón y Castilla y León, será fácil encontrarse con instalaciones que superen el umbral establecido en el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre. En otras regiones es posible aventurar que será raro que existan este tipo de instalaciones (de hecho, en Cantabria, Ceuta y Melilla sería imposible).

El mismo ejercicio puede realizarse para las cerdas reproductoras, cuyo umbral en el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, es, como se ha recogido anteriormente, de 750 animales. En este caso, entre las instalaciones recopiladas en el SITRAN que tienen cerdas reproductoras se encontrarían las de multiplicación (producción de hembras reproductoras), las de ciclo cerrado (cría, recria y cebo) y las de producción de lechones (cría hasta el destete para cebo o recria). La **Tabla 5** muestra la relación entre el número de explotaciones con cerdas reproductoras y el censo de estos animales, que ha de considerarse, especialmente en este caso, como una aproximación a la identificación de regiones donde las explotaciones porcinas con cerdas reproductoras puedan superar los umbrales establecidos por la legislación IPPC.

Comunidad Autónoma	Número de explotaciones con cerdas reproductoras		Censo de cerdas reproductoras		Número medio de plazas para cerdas reproductoras
	Número	%	Número	%	
Andalucía	4 165	42,89%	202 964	9,21%	48,73
Aragón	505	5,20%	439 054	19,93%	869,41
Principado de Asturias	36	0,37%	736	0,03%	20,44
Illes Balears	1 108	11,41%	11 393	0,52%	10,28
Canarias	292	3,01%	6 455	0,29%	22,11
Cantabria	19	0,20%	196	0,01%	10,32
Castilla - La Mancha	389	4,01%	145 552	6,61%	374,17
Castilla y León	1 185	12,20%	346 059	15,71%	292,03
Cataluña	727	7,49%	514 962	23,37%	708,34
Extremadura	292	3,01%	152 821	6,94%	523,36
Galicia	90	0,93%	94 321	4,28%	1 048,01
Comunidad de Madrid	67	0,69%	2 830	0,13%	42,24
Región de Murcia	232	2,39%	155 036	7,04%	668,26
C.F. de Navarra	371	3,82%	54 612	2,48%	147,20
País Vasco	93	0,96%	1 612	0,07%	17,33
La Rioja	21	0,22%	4 728	0,21%	225,14
Comunidad Valenciana	120	1,24%	69 862	3,17%	582,18
Ceuta	0	0,00%	0	0,00%	-
Melilla	0	0,00%	0	0,00%	-
TOTAL	9 712	100,00%	2 203 193	100,00%	226,85

Tabla 5. Número de explotaciones con cerdas reproductoras y censo porcino de cerdas reproductoras. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de enero de 2018 del Sistema Integral de Trazabilidad Animal del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

En este caso, aunque algunas comunidades de las mencionadas anteriormente respecto a los animales para cebo (Aragón, Cataluña y la Región de Murcia, especialmente) se aproximan o superan ampliamente las 750 cerdas reproductivas por instalación, es necesario mencionar el elevado número medio de plazas para cerdas reproductoras que se da en Galicia (supera las 1 000 cerdas por instalación).

En cualquier caso, puede afirmarse que el sector se encuentra mayoritariamente en zonas de clima mediterráneo caracterizado por una sequía estival que puede condicionar el caudal de los cursos de agua y el nivel freático de las aguas subterráneas. En este contexto, es habitual la aparición de cursos de agua estacionales en los que únicamente existe agua superficial durante determinados meses o épocas del año. En cuanto a las temperaturas, lo habitual es contar con inviernos largos y fríos y veranos calurosos en los que se superan habitualmente los 30°C. Sin embargo, es frecuente que las temperaturas bajen los 0°C durante el invierno.

Como se ha indicado anteriormente, las instalaciones del sector porcino suelen instalarse próximas a cultivos de cereales como el maíz a los que se les aplican purines en determinadas

épocas del año para subsanar la demanda de nitrógeno. En el caso de existencia de vegetación natural, al tratarse de un clima mediterráneo predominan las especies de árboles y matorrales perennifolios de baja talla con adaptaciones importantes a la sequía y a los incendios forestales. Adicionalmente, la vegetación de ribera es frecuente en zonas próximas a cauces de agua ante la segura disponibilidad de agua durante todo el año.

Esta información acerca de las características comunes a la ubicación de las empresas del sector debe guiar de alguna forma el desarrollo del presente análisis ya que prestará especial atención a los posibles daños medioambientales al agua subterránea y superficial, así como a las especies silvestres. No obstante, dicha información debe ser contrastada con el contexto concreto de la instalación de cada operador. A continuación, se citan fuentes de información de utilidad que el analista puede emplear para describir su entorno particular.

V.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN ÚTILES

A la hora de evaluar el riesgo medioambiental es necesario conocer las características del medio natural al que puede afectar el daño generado en caso de accidente. Según la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, un daño medioambiental es todo efecto adverso significativo generado al agua, al suelo, a los hábitats, a las especies silvestres y a la ribera del mar y de las rías. Por ello resulta necesaria la caracterización de dichos recursos naturales a partir de las fuentes de información disponibles, facilitando así la evaluación del riesgo medioambiental de cada instalación.

A continuación se facilitan, con fines indicativos y sin ánimo de exhaustividad, algunas de las fuentes públicas más utilizadas a nivel nacional disponibles en internet sobre los recursos que engloba la Ley 26/2007, de 23 de octubre: agua, suelo, hábitats y especies (la ribera del mar y de las rías se trata como una combinación de los restantes recursos naturales, por lo que su descripción podrá realizarse a partir de la descripción de cada uno de estos componentes). Además, los distintos operadores pueden usar y añadir cualquier otra fuente de información pública o privada que permita caracterizar el entorno natural que podría verse afectado.

V.1.1. Fuentes de información para el recurso natural agua

En relación con el recurso natural agua deben tomarse en consideración tanto las aguas continentales, superficiales y subterráneas, como las aguas marinas y sus lechos. El Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) pone a disposición de los usuarios el Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) y el Libro Digital del Agua (LDA) que son la principal fuente de información alfanumérica y cartográfica sobre las masas de agua en España.

El Sistema Integrado de Información del Agua (SIA) incluye formularios que permiten la entrada de información facilitando la búsqueda de bases de datos. A partir de ahí, la herramienta muestra la información digital y cartográfica relacionada con la masa de agua objeto de estudio permitiendo su análisis, seguimiento y aprovechamiento. Mientras, El Libro Digital del Agua

(LDA) ofrece información adicional que amplía con textos explicativos y figuras los datos aportados por el SIA.

Ambos sistemas ofrecen información sobre las aguas superficiales y subterráneas, por ejemplo, su localización y datos sobre el estado cuantitativo y cualitativo (ecológico y químico). Adicionalmente, se ofrece la localización de las masas de agua de transición y costeras, así como las redes de medida de variables hidrológicas.

Otra herramienta que permite obtener información sobre las aguas subterráneas es la Red de Seguimiento del Estado e Información Hidrológica disponible a través del visor cartográfico del Sistema de Información de Recursos Subterráneos (SIRS). El SIRS aporta el nivel piezométrico de numerosos sondeos realizados por todo el país, dato clave a la hora de evaluar la posible afección a las aguas subterráneas de un vertido o derrame de sustancias contaminantes.

A pesar de que la información sobre la calidad de las aguas marinas es relativamente escasa, está disponible la web de Puertos del Estado que ofrece información sobre oleaje, temperatura del agua, corrientes y viento. Está disponible también del Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño (NÁYADE) que ofrece información sobre la calidad del agua de baño y las características de las playas continentales y marítimas. Aunque esta última tiene fines principalmente sanitarios en términos humanos (que la normativa sobre responsabilidad medioambiental no cubre), podría ser un indicador a tener en cuenta a la hora de evaluar la calidad de las riberas del mar y zonas costeras. Además, la página web del MITECO dispone de una sección de Costas y Medio Marino.

V.1.2. Fuentes de información para el recurso natural suelo

En los análisis de riesgos medioambientales es fundamental estudiar el recurso natural suelo ya que sus propiedades físicas, químicas y biológicas influyen en la movilidad del contaminante a través del recurso y por tanto en la escala del daño producido en caso de accidente. A modo de ejemplo, un líquido se dispersa de diferente manera por un suelo según sus propiedades físicas como la textura, estructura, capacidad de drenaje o la porosidad del mismo. Sucede lo mismo con las propiedades biológicas (actividad microbiana, fauna) y las químicas (proporción de sustancias orgánicas y minerales, pH).

El operador puede apoyarse en el inventario de suelos contaminados de cada administración autonómica regulado por el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Gracias a dicho inventario, es posible comprobar la situación inicial a la que se encuentra el suelo (estado básico del suelo) antes de que suceda un posible accidente. En cualquier caso, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, deja a disposición del público un visor cartográfico con distintos servicios (geológico, litologías, hidrogeología, permeabilidad, etc.) y diferentes artículos y publicaciones que ayudan a conocer las propiedades físicas, químicas y

biológicas de los suelos en España. Todo ello resulta de gran utilidad en la caracterización del suelo a efectos de riesgo medioambiental.

Adicionalmente, el Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA) ofrecido por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) permite el acceso a un visor en el que se muestra un mapa de cultivos a escala 1:50.000 en periodos de tiempo de 1980 a 1990 y del año 2000 a 2010 donde se muestra la cartografía y los correspondientes datos alfanuméricos sobre la agricultura a nivel nacional. Del mismo modo, se ofrece la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que proporciona datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico de forma integrada. Los portales IDE del MITECOy del MAPA publicantambién cartografía relacionada con temas como la protección del patrimonio natural, del mar, de los recursos agrícolas, ganaderos pesqueros y alimentarios, entre otros.

V.1.3. Fuentes de información para el recurso natural hábitats

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental engloba en el concepto hábitat tanto los espacios naturales protegidos como el resto de espacios sin figuras de protección específicas en los que puedan encontrarse especies silvestres ya que para la recuperación de las especies silvestres se considera también necesaria la recuperación de su hábitat. Así, los hábitats se evaluarán atendiendo a la fracción vegetal de los ecosistemas al igual que hace el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA). Siguiendo este criterio, deben tenerse en cuenta dos enfoques:

- Los espacios naturales protegidos, los hábitats prioritarios, los espacios protegidos por la Red Natura 2000 y los restantes elementos del territorio que deban ser objeto de especial atención en el análisis de riesgos realizado.
- Los diferentes tipos de vegetación presentes en el entorno de la instalación y que constituyan un hábitat para las especies silvestres.

La identificación de los diferentes espacios naturales protegidos y los tipos de vegetación existentes en la zona de estudio puede realizarse a través del Banco de Datos de la Naturaleza (BDN) perteneciente al MITECO. En él se incluye a nivel nacional fuentes de información tales como la cartografía de espacios naturales protegidos y Red Natura 2000, Mapa Forestal de España e Inventario Forestal Nacional (IFN).

V.1.4. Fuentes de información para el recurso natural especies silvestres

El recurso especies silvestres del presente MIRAT hace referencia únicamente a las especies animales ya que, como se ha determinado en el apartado anterior, las especies vegetales se encuentran englobadas dentro del recurso natural hábitat.

Teniendo en cuenta que no existe ninguna fuente de datos que proporcione la cantidad de individuos por especies presentes en cada porción del territorio nacional, la caracterización del entorno en relación con este recurso natural resulta complicada. Además, al tratarse de especies móviles no es posible asegurar si tras un accidente con repercusiones sobre el medio natural pudieran verse afectados determinados individuos. No obstante, es posible explorar otras fuentes de información proporcionadas por las Comunidades Autónomas, los órganos de gestión de algunos espacios naturales protegidos o algunas fincas privadas con el fin de completar el análisis. A continuación se recogen diferentes portales de los que puede obtenerse información a nivel nacional:

- El Banco de datos de la Naturaleza (BDN) citado previamente publica en Internet el Inventario Español de Especies Terrestres que proporciona la distribución, abundancia y estado de conservación de un listado de especies (mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces continentales, invertebrados y flora). La información cartográfica abarca el territorio nacional en celdas de 10x10 km.
- El mismo portal (BDN) publica el Atlas y Libros Rojos de vertebrados por especies que aporta información detallada sobre los vertebrados. Del mismo modo, puede consultarse el Inventario Español de Especies Marinas para conocer más detalles sobre dichas especies.
- Las Confederaciones Hidrográficas, pueden disponer de información sobre censos piscícolas, especialmente relevantes en entornos donde exista un embalse o masas de aguas que puedan sufrir un daño medioambiental.
- Un portal complementario al Inventario Español de Especies Terrestres, en lo referente a fauna piscícola, es la red ID-TAX, que recopila datos sobre presencia y ausencia de las principales especies piscícolas en una serie de puntos de muestreo. La red ID-TAX ofrece mayor precisión que el Inventario Español de Especies Terrestres, ya que sustituye la malla de 10x10 km por puntos de muestreo específicos.

V.2. ORIENTACIONES PRÁCTICAS A SEGUIR PARA DESCRIBIR EL CONTEXTO TERRITORIAL EN LOS ANÁLISIS DE RIESGOS PARTICULARES

Teniendo en consideración las fuentes indicadas en el epígrafe anterior y otras complementarias, el analista puede describir el contexto territorial en el que se emplaza la instalación objeto de evaluación de riesgos medioambientales. Al tratarse de una herramienta que evalúa el conjunto de un sector, el MIRAT necesita una posterior adaptación por parte de cada operador, que añadirá las peculiaridades de su propia instalación. Para ello, es recomendable enfocar la descripción del contexto territorial en los componentes con mayores incidencias en términos de responsabilidad medioambiental, es decir, los recursos agua, suelo, hábitats, especies silvestres y la ribera del mar y de las rías.

En ese sentido, cabe puntualizar que el régimen jurídico de responsabilidad medioambiental no contempla los daños ocasionados a bienes privados (por ejemplo, posibles afecciones a cultivos o a bienes inmuebles), salvo que estos recursos influyan de alguna manera en los daños a los recursos a los que hace referencia la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Los daños por contaminación atmosférica tampoco están contemplados por lo que únicamente deben introducirse en los análisis de riesgos cuando el aire actúe como un vector de los agentes causantes del daño y acabe afectando a alguno de los recursos contemplados por la normativa sobre responsabilidad medioambiental. Por último, los daños a la salud humana encuentran igualmente excluidos del ámbito de aplicación de la normativa aunque en este caso puede definir el carácter significativo de un daño a un recurso natural, conforme a lo dispuesto en el Anexo I.1 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

En conclusión, la descripción del contexto territorial ha de permitir que sean tenidas en cuenta todas las circunstancias concretas de la actividad del operador respecto a su situación geográfica y, con ello, respecto a los recursos naturales.

Durante el proceso de evaluación del riesgo medioambiental, el analista puede identificar dos apartados concretos en los que la información sobre el entorno de las instalaciones es especialmente relevante:

- Cálculo del Índice de Daño Medioambiental (IDM) asociado a cada uno de los escenarios accidentales que se identifiquen en el análisis de riesgos.

Con el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, se establece el denominado Índice de Daño Medioambiental (IDM) como un estimador semicuantitativo del daño medioambiental asociado a un escenario accidental concreto y que será empleado para la selección del escenario de referencia sobre el que se realizará el cálculo de la garantía financiera.

En la estimación de este índice intervienen una serie de variables ambientales detalladas en el Anexo III del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, para cada una de las combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado.

En función de los diferentes agentes implicados en cada escenario y del recurso natural dañado, será necesaria la recopilación de uno u otro tipo de información medioambiental en el cálculo del IDM. A modo de ejemplo, en caso de existencia de un cauce en las proximidades de la instalación será de interés la información relacionada con la combinación agua superficial-químicos (por ejemplo, las características del

caudal). Por lo tanto, esta información a recopilar puede servir de guía práctica para los operadores estudiando al menos los datos requeridos en el cálculo del IDM.

- Cuantificación del daño medioambiental asociado al escenario accidental seleccionado como referencia para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

En el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental se establece que deberá cuantificarse el daño asociado al escenario accidental que resulte seleccionado aplicando los criterios establecidos en su artículo 33. En este proceso se lleva a cabo la caracterización del daño en términos de extensión, intensidad y escala temporal, que requiere el conocimiento de parámetros específicos sobre el medio en el que se libera el agente que origina el daño.

De este modo, la identificación preliminar de los posibles escenarios accidentales que pueden darse en la instalación puede orientar al operador sobre los aspectos que merece la pena dar cabida en la descripción de su contexto territorial. Sin embargo, al tratarse de datos muy concretos (por ejemplo la porosidad del suelo o la profundidad del nivel freático para evaluar la posibilidad de afección a las aguas subterráneas), deberán ser aportados en el capítulo de cuantificación del daño y no en el correspondiente a la descripción del contexto territorial.

En definitiva, tanto el cálculo del IDM como la cuantificación de los daños en los análisis de riesgos medioambientales permiten al operador enfocar el proceso de descripción del contexto territorial de la instalación aunque esta descripción no debe restringirse únicamente a los parámetros que exigen dichos apartados.

VI. BREVE IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES DISPOSICIONES NORMATIVAS Y LEGALES

Se han identificado una serie de disposiciones legales relevantes para el sector porcino a nivel nacional que pueden afectar a esta actividad. Los operadores han de tener en cuenta adicionalmente las disposiciones legales vigentes en la Comunidad Autónoma donde opere su instalación.

Normativa relacionada con la seguridad y salud humana:

- Ley 14/1986 de 25 de abril General de Sanidad.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Directiva 96/22/CE del Consejo, de 29 de abril de 1996, por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal y tireostático y sustancias β -agonistas en la cría de ganado y por la que se derogan las directivas 81/602/CEE y 88/299/CEE.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Normativa relacionada con la salud animal:

- Directiva 98/58/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas.
- Decisión de la Comisión de 17 de diciembre de 1999 relativa a los requisitos mínimos para la inspección de las explotaciones ganaderas (2000/50/CE).
- Real decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas.
- Real Decreto 348/2000, de 10 de marzo, por el que se incorpora al ordenamiento jurídico la Directiva 98/58/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas.
- Real decreto 3483/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas.

- Real Decreto 441/2001, de 27 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 348/2000, de 10 de marzo, por el que se incorpora al ordenamiento jurídico la Directiva 98/58/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas.
- Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.
- Real decreto 1323/2002, de 13 de diciembre, por el que se modifica el 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas.
- Ley 8/2003, de 24 de abril, de Sanidad Animal.
- Real decreto 479/2004, de 26 de marzo, por el que se establece el Régimen general de explotaciones porcinas.
- Reglamento (CE) nº 1/2005 del Consejo, de 22 de diciembre de 2004, relativo a la protección de los animales durante el transporte y a las operaciones conexas y por el que se modifican las Directivas 64/432/CEE y 93/119/CE y el Reglamento (CE) nº 1255/97.
- Decisión de la Comisión de 14 de noviembre de 2006 por la que se establecen requisitos mínimos para la recogida de información durante la inspección de unidades de producción en las que se mantengan determinados animales con fines ganaderos (2006/778/CE).
- Real Decreto 728/2007, de 13 de junio, por el que se establece y regula el Registro general de movimientos de ganado y el Registro general de identificación individual de animales.
- Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.
- Real Decreto 363/2009, de 20 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1559/2005, de 23 de diciembre, sobre condiciones básicas que deben cumplir los centros de limpieza y desinfección de los vehículos dedicados al transporte por carretera en el sector ganadero y el Real Decreto 751/2006, de 16 de junio, sobre autorización y registro de transportistas y medios de transporte de animales y por el que se crea el Comité español de bienestar y protección de los animales de producción.
- Real decreto 1221/2009, de 17 de julio, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las explotaciones de porcino extensivo y por el que se modifica el Real

decreto 1547/2004, de 25 de junio, por el que se establecen las normas de ordenación de las explotaciones cunícolas.

- Reglamento (CE) nº 1099/2009 del Consejo de 24 de septiembre de 2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza.
- Real Decreto 1392/2012, de 5 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para la protección de cerdos.
- Real Decreto 37/2014, de 24 de enero, por el que se regulan aspectos relativos a la protección de los animales en el momento de la matanza.
- Decisión de ejecución (UE) 2017/302 de 15 de febrero de 2017 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos.

Normativa relacionada con las emisiones y residuos:

- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Real Decreto 1749/1998, de 31 de julio, por el que se establecen las medidas de control aplicables a determinadas sustancias y sus residuos en los animales vivos y sus productos.
- Decisión de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos(2000/532/CE).
- Decisión de la Comisión de 17 de julio de 2000 relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER) con arreglo al artículo 15 de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC) (2000/479/CE).
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas.

- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.
- Ley 15/2010, de 10 de diciembre, de prevención de la contaminación lumínica y del fomento del ahorro y eficiencia energéticos derivados de instalaciones de iluminación.
- Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.
- Real decreto legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 773/2017, de 28 de julio, por el que se modifican diversos reales decretos en materia de productor y emisiones industriales.

Normativa destacada en seguridad alimentaria:

- Real Decreto 1808/1991, de 13 de diciembre, por el que se regulan las menciones o marcas que permiten identificar el lote al que pertenece un producto alimenticio.
- Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- Real Decreto 237/2000, de 18 de febrero, por el que se establecen las especificaciones técnicas que deben cumplir los vehículos especiales para el transporte terrestre de productos alimentarios a temperatura regulada y los procedimientos para el control de conformidad con las especificaciones.
- Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.
- Reglamento (CE) nº 852/2004, de 29 de abril, relativo a la higiene de los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) nº 853/2004, de 29 de abril, normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.
- Reglamento (CE) nº 854/2004, de 29 de abril, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano.
- Reglamento (CE) nº 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.
- Reglamento (CE) nº 2073/2005, de 15 de noviembre, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) nº 1881/2006 de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- Reglamento (CE) 470/2009, de 6 de mayo por el que se establecen procedimientos comunitarios para la fijación de los límites de residuos de las sustancias farmacológicamente activas en los alimentos de origen animal, se deroga el

Reglamento (CEE) nº 2377/90 del Consejo y se modifican la Directiva 2001/82/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) nº 726/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo.

- Reglamento (CE) nº 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1774/2002 (Reglamento sobre subproductos animales).
- Real Decreto 191/2011, de 18 de febrero, sobre Registro General Sanitario de Empresas Alimentarias y Alimentos.
- Ley 17/2011 de 5 de julio de seguridad alimentaria y nutrición.

Normativa relacionada con la responsabilidad medioambiental:

- Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, modificada por la Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- 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, modificado por el Real Decreto 183/2015, por el que se modifica el Reglamento de Desarrollo Parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Ambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre.

Otra normativa relevante:

- Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
- Real Decreto 1202/2005, de 10 de octubre, sobre el transporte de mercancías perecederas y los vehículos especiales utilizados en estos transportes.
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).
- Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas.

- Reglamento (UE) N o 142/2011 de la Comisión de 25 de febrero de 2011 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n o 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma.
- Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.
- Reglamento (UE) n° 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013 por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) n° 922/72, (CEE) n° 234/79, (CE) n° 1037/2001 y (CE) n° 1234/2007.

VII. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

En el artículo 33.2 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental se establece que el cálculo de la cuantía de la garantía financiera ha de partir de un análisis de riesgos medioambientales de la actividad. Por otro lado, el mismo reglamento indica en su artículo 34.1 que dicho análisis ha de realizarse siguiendo el esquema establecido por la norma UNE 150008 u otras normas equivalentes.

El esquema que han de seguir los análisis de riesgos medioambientales con base en la norma UNE 150008 se muestra en las siguientes páginas.

1. Identificación de causas y peligros

La primera fase del proceso de evaluación del riesgo medioambiental es la identificación de las fuentes de peligro relevantes presentes en las instalaciones y actividades realizadas por los operadores. Las fuentes de peligro son tanto los elementos o equipos (almacenamiento de sustancias, depósitos, tuberías, balsas, etc.) como las actividades (carga y descarga, trasiegos, etc.) que puedan entrañar peligro generando un episodio no deseado, accidental, que desencadene un daño al medio natural.

Al tratarse de un instrumento de análisis de riesgos medioambientales sectorial, el presente MIRAT enumera las fuentes de peligro más relevantes y/o representativas del sector (en este caso, del sector porcino). Es cada operador particular quien evaluará si en su instalación existen fuentes de peligro relevantes distintas a las ya definidas en el instrumento sectorial para incorporarlas, en su caso, a su análisis de riesgos individual.

Al mismo tiempo se irán reconociendo las causas que podrían determinar la materialización de la fuente de peligro como generadora de un daño medioambiental. A modo de ejemplo, siendo

una fuente de peligro un depósito de gasóleo aéreo, entre las causas que han de manifestarse para que se genere un daño al medio natural podrían incluirse la corrosión de los materiales del depósito, la colisión de un vehículo o una operación incorrecta. En esta línea, resulta importante destacar que durante el funcionamiento normal de las instalaciones, las fuentes de peligro por sí mismas no generan un daño medioambiental relevante. Dicho de otro modo, la aparición de un daño requiere un accidente o funcionamiento anormal de las fuentes de peligro y dichas circunstancias que inician el daño se denominan causas en el ámbito de los análisis de riesgos.

Para cada fuente de peligro se determinan una serie de causas y teniendo en cuenta cada una de las parejas de fuente de peligro- causa que existen en la instalación pueden determinarse, tal y como se expone en el siguiente apartado, los sucesos iniciadores relevantes. La identificación de las posibles causas de los accidentes resulta útil para el analista en diferentes aspectos:

- (1) Reducción del riesgo medioambiental. La identificación de las causas por las que una fuente de peligro puede derivar en una afección al medio ambiente constituye un proceso básico para la mejora de la gestión del riesgo en este ámbito. A modo de ejemplo, si en las proximidades de una red de tuberías aéreas existe normalmente una elevada densidad de tráfico de carretillas u otros medios de transporte, podría existir un riesgo elevado de impacto. Ante esta circunstancia el operador podría, si le fuese posible, eliminar el tráfico en esa zona o, en su defecto, tomar medidas alternativas como reducir el tráfico o mejorar la señalización.
- (2) Asignación de la probabilidad de ocurrencia de los correspondientes sucesos iniciadores. En el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales, la probabilidad de ocurrencia de un determinado suceso iniciador puede calcularse a partir de la probabilidad de ocurrencia de cada una de sus causas. Continuando con el ejemplo anterior, la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador “vertido de sustancias” se puede calcular sumando la probabilidad de ocurrencia del impacto de un vehículo en la red de tuberías y la probabilidad de que exista corrosión del material. Sin embargo, existen diversas metodologías de cálculo válidas como es la asignación directa de la probabilidad de ocurrencia a cada suceso iniciador.

2. Identificación de sucesos iniciadores

Cuando una determinada fuente de peligro deja de funcionar como debería se origina la aparición de un suceso iniciador, que se define como cualquier incidente por el cual el agente causante del daño (una sustancia química, un incendio, etc.) deja de estar en el lugar donde estaría si continuase la operación normal (en el caso de las sustancias químicas) o bien aparece (en el caso de un incendio o explosión). Así, el suceso iniciador que podría derivar de una tubería con líquido inflamable sería la fuga o derrame de la sustancia a consecuencia de su rotura.

En los análisis de riesgos, el suceso iniciador es el elemento que se fija como frontera entre dos secciones diferenciadas en el esquema propuesto por la norma UNE 150008. Aquellos episodios que suceden de manera previa al suceso iniciador forman parte del llamado árbol causal, centrado en la identificación de las principales causas que puedan originar una operación anormal de un equipo o actividad. Por ejemplo, en esta sección podría encontrarse un depósito de almacenamiento de sustancias químicas y la identificación de las posibles causas que pueden desencadenar un posible vertido.

Por otro lado, el árbol o análisis consecuencial recoge los eventos que ocurren (o pueden ocurrir) posteriormente como resultado de dicha operación anormal. Por lo tanto, este análisis tiene como punto de partida el suceso iniciador y estudia la posibilidad de aparición o actuación de una serie de elementos que condicionan su evolución en el tiempo y en el espacio. En caso de producirse un vertido se asume que podrían actuar una serie de medidas de emergencia de retención de derrames. El éxito o fracaso de cada medida de seguridad determinará si el vertido alcanza finalmente los recursos naturales produciendo en ese caso daños medioambientales.

La identificación de los sucesos iniciadores puede ser intuitiva a partir de la experiencia previa y la observación del funcionamiento de la instalación o con una previa identificación de las fuentes de peligro. En este segundo caso, se toman en consideración las causas más probables de accidente en cada una de las fuentes de peligro utilizando un árbol causal para ello.

Debido a que la identificación de los sucesos iniciadores no requiere necesariamente acudir a los árboles causales, cabe puntualizar que no es necesario incluirlos en los análisis de riesgos medioambientales. Es el caso del presente MIRAT, en el que en lugar de utilizar árboles causales se han determinado los sucesos iniciadores relevantes a partir de la identificación exhaustiva de las fuentes de peligro existentes en las instalaciones y de la consideración de las diferentes causas que podrían desencadenar tales sucesos.

Por el contrario, todo análisis de riesgos medioambientales elaborado en el marco de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental deberá incluir necesariamente una identificación de las fuentes de peligro y de las causas que pueden dar lugar a un accidente medioambiental y los árboles de consecuencias asociados a cada suceso iniciador,

tal y como dispone el Documento de Estructura y Contenidos Generales de los Instrumentos Sectoriales para el análisis del Riesgo Medioambiental (CTPRDM, 2015).

3. Postulación de escenarios accidentales

Cuando ya ha sido concretado un determinado suceso iniciador, el análisis consecuencial exige determinar la evolución del mismo en el tiempo y el espacio que permita conocer las transformaciones y movimientos del agente causante del daño. De esta forma es posible llegar a conocer si se ha producido o no un daño al medioambiente. Como se ha indicado previamente, los árboles de consecuencias incluyen los denominados factores condicionantes que afectan o pueden afectar a la evolución del suceso iniciador.

Al producirse un vertido de sustancias químicas, siguiendo el ejemplo previo, un factor condicionante podría ser la actuación de un cubeto de contención. Si dicho sistema funciona de manera eficiente, podría asumirse que el vertido no llega a traspasar las barreras de la instalación ni a afectar a los recursos naturales. Si por el contrario el cubeto se encuentra en mal estado el vertido avanzaría pudiendo alcanzar los recursos naturales produciéndoles un daño.

La representación esquemática de la participación, exitosa o no, de los factores condicionantes en la evolución del suceso iniciador se realiza, de forma obligatoria, con la construcción de los árboles de sucesos. Tales factores pueden ser elementos humanos, técnicos o tecnológicos (cubetos de retención, sistemas de detección y extinción de incendios, etc.) o características del entorno (presencia de especies, condiciones climatológicas, etc.) que pueden afectar a la evolución del suceso iniciador. Estos árboles ayudan a determinar en qué orden afectan los factores a la evolución del suceso iniciador y la combinación de cada rama del árbol permite finalmente identificar los diferentes escenarios.

Con todo ello, el analista dispone de la estructura de su análisis de riesgos. Es decir, en esta fase del proceso se encuentran identificados todos los elementos implicados en el mismo (fuentes de peligro, causas, sucesos iniciadores, factores condicionantes, recursos naturales potencialmente afectados y escenarios accidentales) y el vínculo existente entre ellos, representado por los árboles de sucesos.

Las siguientes fases del análisis de riesgos añadirán los valores numéricos necesarios a esta estructura con el fin de conocer el riesgo asociado a cada escenario accidental con la estimación previa de la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias medioambientales de cada escenario.

4. Asignación de la probabilidad de ocurrencia

Según la Norma UNE 150008, la probabilidad de ocurrencia, tanto de los sucesos iniciadores como de los factores condicionantes, puede expresarse con valores cuantitativos (suceso/año, fallo/demanda, etc.) o semicuantitativos (asociando escalas numéricas a categorías como: alto,

medio bajo, etc.)⁴. En el presente informe se propone el empleo de métodos cuantitativos aprovechando la posibilidad de obtener a través de la bibliografía datos de probabilidad para todos los sucesos iniciadores y los factores condicionantes contemplados en el sector objeto de estudio.

Llevando a la práctica la estructura definida por los árboles de sucesos se puede calcular la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental mediante el producto de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador por la probabilidad de ocurrencia del éxito o fracaso de todos los factores condicionantes que figuren en su correspondiente rama del árbol de sucesos.

5. Estimación de consecuencias

Cada escenario accidental, además de la probabilidad de ocurrencia, debe estar caracterizado por una medida de las consecuencias medioambientales que del mismo se derivan. Esta medida debe realizarse, si el análisis de riesgos medioambientales se realiza en el marco de la normativa sobre responsabilidad medioambiental, atendiendo a lo dispuesto en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, en su última modificación (Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo). En él se establece el denominado Índice de Daño Medioambiental (IDM) como medida semicuantitativa de las consecuencias medioambientales a emplear en el ámbito de la responsabilidad medioambiental y cuya utilización es obligatoria para aquellos operadores que deban constituir una garantía financiera obligatoria.

6. Estimación del riesgo

El riesgo es definido como el producto de la probabilidad de ocurrencia del escenario por las consecuencias del mismo (en el marco de la responsabilidad medioambiental, por el valor del IDM correspondiente). El proceso de análisis de riesgos medioambientales en el ámbito de la responsabilidad medioambiental estima el riesgo asociado a cada uno de los escenarios accidentales.

En este momento del análisis, el operador dispone de los datos necesarios para tomar las medidas de gestión del riesgo medioambiental que estime más oportunas y evaluar sus efectos sobre el riesgo medioambiental de la instalación. A modo de ejemplo, podrían sustituirse determinados equipos por otros con menor probabilidad de fallo, cambiar las sustancias contaminantes por otras que lo sean en menor medida, etc., con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia y/o el riesgo.

Entre las medidas de gestión del riesgo hay que incluir la constitución de garantías financieras por responsabilidad ambiental tal y como establece la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental y su posterior desarrollo reglamentario. En este caso

⁴Pueden consultarse varias referencias de aplicación de los métodos de asignación de probabilidades cuantitativas y semicuantitativas en el portal de internet de responsabilidad medioambiental del MAPAMA (<http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/>).

concreto, las instalaciones del sector porcino que dispongan de más de 2 000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg—o su equivalente de más de 2 500 plazas de más de 20 kg—o más de 750 plazas para cerdas reproductoras se encontrarán obligadas a constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental al encontrarse sujetas al Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación. Estas instalaciones deberán tener una garantía financiera en el momento que se determine mediante la correspondiente orden ministerial prevista en la disposición final cuarta de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental⁵.

Para el resto de operadores del sector porcino la constitución de la garantía financiera tiene carácter facultativo.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES DEL SECTOR

La herramienta utilizada para identificar los escenarios accidentales, tal y como se ha determinado en el apartado anterior, es el árbol consecuencial de sucesos que parte del suceso iniciador y desemboca en una serie de escenarios según el valor de cada uno de sus factores condicionantes.

Con el fin de poder identificar los sucesos iniciadores, se han determinado previamente las posibles fuentes de peligro medioambiental presentes en las instalaciones del sector y las causas que podrían ocasionar cada uno de estos sucesos. Para hacer posible la identificación de las fuentes y causas de peligro, el equipo consultor, técnicos y operadores del sector han analizado las instalaciones más representativas del mismo. Por último, una vez determinado cada suceso iniciador, se procede a plantear qué factores condicionantes podrían actuar sobre el mismo para generar cada escenario de accidente.

Esta metodología se detalla en el presente apartado y podría resumirse en los siguientes puntos:

- 1) Zonificación e identificación de las fuentes de peligro que puedan tener un riesgo asociado
- 2) Selección de sucesos iniciadores básicos y sus causas
- 3) Identificación y evolución de los escenarios accidentales según los factores condicionantes que en él intervienen

⁵En la actualidad se encuentra publicada la Orden APM/1040/2017, de 23 de octubre, por la que se establece la fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria para las actividades del anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, clasificadas como nivel de prioridad 1 y 2, mediante Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, y por la que se modifica su anexo. Las instalaciones del sector objeto de estudio incluidas en la categoría “2 000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg o 750 plazas para cerdas reproductoras” pertenecen al nivel de prioridad 3, por lo que en el momento de elaboración del presente MIRAT aún no cuentan con su correspondiente orden ministerial para el establecimiento de la fecha a partir de la cual les resultará exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria.

Además, en este capítulo del MIRAT se incluyen los protocolos para la asignación de probabilidades a cada escenario y los protocolos para el cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociado a los mismos.

VIII.1. ZONIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO

El primer paso a realizar en el análisis de riesgos consiste en zonificar las instalaciones del sector de forma que se delimiten actividades o áreas que muestren un nivel de riesgo homogéneo. Se utiliza la nomenclatura F.X.Y para codificar cada fuente de peligro, donde X es el código de la zona en la que aparece la fuente e Y el número de fuente dentro de esta zona. De esta manera, quedan agrupadas las actividades o áreas de tipos de riesgo similar y caracterizadas las fuentes de peligro que pueden ocasionar un hipotético daño medioambiental.

Será cada operador del sector porcino quien tendrá que discernir qué fuentes de peligro existen en su instalación, teniendo la posibilidad de eliminar aquéllas que no aplican a su caso particular. En esta misma línea, cabe puntualizar que a nivel sectorial se ha optado por calificar de no relevante el peligro medioambiental asociado a los productos sanitarios, los almacenamientos de residuos y los productos desinfectantes y detergentes debido a que sus depósitos en las instalaciones son de pequeño volumen.

En el **Cuadro 1** se expone el esquema de zonas y fuentes de peligro sobre el que se construye el MIRAT para el sector porcino. En las páginas siguientes se desarrollan para su mejor comprensión las zonas y elementos de peligro que se han identificado para el sector porcino.

Código zona	Zona	Código fuente	Fuente de peligro
1	Almacenamiento de purines	F.P.1	Depósitos de almacenamiento de purines
2	Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC
		F.C.2	Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas MIC
		F.C.3	Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas MIC
		F.C.4	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles
		F.C.5	Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles
		F.C.6	Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables/combustibles
3	Almacenamiento de sustancias no combustibles	F.NC.1	Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas no combustibles
4	Transformadores eléctricos	F.TR.1	Transformadores en baño de aceite
		F.TR.2	Transformadores secos
5	Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos
6	Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de almacenamiento de purines
		F.CD.2	Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC
		F.CD.3	Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables
7	Sistemas de tuberías	F.TB.1	Tuberías aéreas de purines
		F.TB.2	Tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC
		F.TB.3	Tuberías subterráneas de purines
		F.TB.4	Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC
		F.TB.5	Tuberías aéreas de gases inflamables
		F.TB.6	Tuberías subterráneas de gases inflamables

Cuadro 1. Esquema de zonas y fuentes de peligro para el sector porcino. Fuente:
Elaboración propia.

VIII.1.1. Zona de almacenamiento de purines

Una de las características más comunes en las instalaciones del sector porcino es la presencia de depósitos para el almacenamiento de purín (sustancia líquida compuesta por heces y orina) que almacena cada operador hasta su, de forma mayoritaria si no exclusiva, posterior valorización agrícola. El volumen de purín generado depende del número de plazas de cada instalación y del momento del ciclo productivo al que se dedique la granja (ver Tabla 2); la normativa establece volúmenes mínimos de capacidad de almacenaje (a partir de los 3 meses), por lo que la capacidad de almacenaje puede fácilmente alcanzar los varios centenares y, en ocasiones, millares de metros cúbicos. Los purines almacenados son retirados periódicamente cuando es necesario en función de, entre otras variables, la capacidad de los depósitos o para su utilización como fertilizante agrícola.

El artículo 5 del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas establece como una de las opciones (y, a la postre, la más común actualmente) para la gestión de los estiércoles o purines la valorización agrícola como abono orgánico mineral, para lo cual la explotación deberá contar con balsas de estiércol, deberá respetar distintas distancias y disposición respecto a cauces y acreditar la posesión de una superficie agrícola suficiente para la utilización de los estiércoles como fertilizantes.

Las balsas de estiércol serán *“cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de infiltración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento o por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permita la gestión adecuada de los mismos”*.

Existen distintos tipos de infraestructuras de almacenaje de purines, siendo el más común en España el sistema de balsas (MARM, 2010), impermeabilizadas mediante tierras arcillosas impermeables, geomembranas de polietileno de alta densidad (PEAD) o caucho sintético (EPDM) (SODEMASA, 2011; MAGRAMA, 2015). En el **Cuadro 2** se recoge una valoración de los distintos tipos de infraestructuras de almacenamiento de purines; en términos de riesgos medioambientales, destaca el parámetro de control y aseguramiento de la estanqueidad, en el que las balsas obtienen la peor valoración. Por otra parte, la valoración de los distintos tipos de infraestructuras de almacenamiento de purines que se realiza en el **Cuadro 2**, obtenida de SODEMASA (2011), coincide con la recogida en MAGRAMA (2015).

Recientemente se ha extendido la construcción de balsas hormigonadas, que podrían clasificarse, atendiendo a los tipos identificados en el **Cuadro 2**, como de hormigón *in situ*.

	Hormigón <i>in situ</i>	Hormigón prefabricado	Acero vitrificado	Balsas	Cisterna flexible
Superficie de ocupación en relación con el volumen almacenado	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Rojo
Posibilidad de construcción soterrada	Verde	Verde	Rojo	Verde	Verde
Posibilidad de construcción en superficie	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Posibilidad de construcción en amplitud de volúmenes	Verde	Amarillo	Amarillo	Verde	Naranja
Robustez de la infraestructura	Verde	Amarillo	Amarillo	Naranja	Naranja
Rapidez de instalación	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde
Control de calidad en obra	Naranja	Amarillo	Amarillo	Naranja	Amarillo
Influencia del clima en los trabajos de construcción	Naranja	Amarillo	Amarillo	Naranja	Verde
Control de costes imprevistos	Naranja	Amarillo	Amarillo	Naranja	Verde
Control y aseguramiento de la estanqueidad	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo	Naranja
Facilidad de implementar sistemas de agitación	Verde	Verde	Verde	Rojo	Naranja
Control de olores y emisión de amoníaco sin colocación de cubierta	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
Vida útil	Verde	Verde	Amarillo	Naranja	Naranja



Cuadro 2. Comparativa de características de las distintas tipologías de almacenamiento de purín valoradas desde muy positiva a muy negativa. Fuente: SODEMASA (2011)

En definitiva, en esta zona la principal fuente de peligro es la relacionada con el almacenamiento de los purines ya que el vertido del contenido de los depósitos de almacenamiento de purines puede repercutir negativamente en el medio ambiente teniendo en cuenta la carga de materia orgánica que presentan.

La fuente de peligro estimada para esta zona con su correspondiente código es la siguiente:

- **F.P.1 Depósitos de almacenamiento de purines.** En las instalaciones del sector, los purines producidos en las instalaciones se canalizan hacia una serie de depósitos cuya función es el almacenamiento hasta su posterior retirada o valorización agrícola. Si tales depósitos se rompen de alguna forma (rotura catastrófica o fisura), podría generarse un vertido de purines con repercusiones sobre el medioambiente.

VIII.1.2. Zona de almacenamiento de combustibles

La mayoría de los operadores de este sector cuentan con depósitos de combustible bien para producción de calor o bien para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones en caso de fallo eléctrico. Por ello, otra de las zonas que implican riesgo ambiental es el almacenamiento de combustibles en depósitos de diferentes características.

En el ámbito del presente MIRAT se ha denominado sustancias MIC al conjunto de sustancias químicas líquidas que pueden dar lugar a un incendio, incluyendo los siguientes tipos de sustancias:

- **Líquidos muy inflamables:** incluye los productos que alcanzan su punto de inflamabilidad pero no el punto de ebullición a presión atmosférica. Su punto de inflamabilidad se sitúa por debajo de los 21°C.
- **Líquidos inflamables:** productos que se encuentren a una temperatura inferior a 35°C por debajo de su punto de inflamación, es decir, los líquidos con un punto de inflamabilidad entre 55°C y 21°C.
- **Líquidos combustibles:** productos que están a una temperatura que está a 35°C o más por debajo del punto de inflamación. En este caso, el punto de inflamación es mayor de 55°C.

Como se ha comentado anteriormente, la necesidad de combustibles y, con ello, la existencia de equipos para su almacenamiento se explica por la presencia en las instalaciones de equipos de producción de calor (calderas) o de producción de energía eléctrica en casos de emergencia (generadores eléctricos). En el presente MIRAT, los generadores son considerados como una fuente de peligro específica (F.GE.1 en el **Cuadro 1**), mientras que los equipos de generación de calor se consideran cubiertos por las fuentes de peligro almacenamiento de combustibles (F.C.1 a F.C.6) o sistemas de tuberías (S.TB.2, S.TB.4, S.TB.5 y S.TB.6): se considera que una explosión de la caldera implicaría como agente causante del daño la fuga del combustible y los consiguientes riesgos de vertido e incendio consideradores en las fuentes de peligro arriba citadas.

En función de las características del equipo y de la sustancia empleada como combustible, pueden diferenciarse las siguientes fuentes de peligro dentro de la zona de almacenamiento de combustibles:

- **F.C.1 Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC.** La existencia en la instalación de tanques en superficie o aéreos con sustancias inflamables y combustibles puede ser el origen del vertido de dichas sustancias y, debido a las características de las mismas, originar posteriormente un incendio o explosión.
- **F.C.2 Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas MIC.** De igual forma a lo indicado anteriormente para los tanques aéreos, esta fuente de peligro puede dar lugar a un derrame, incendio o explosión por las sustancias almacenadas en ellos.
- **F.C.3 Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas MIC.** Esta fuente de peligro hace referencia a la existencia de tanques o recipientes portátiles de sustancias líquidas combustibles o inflamables, que también pueden generar derrames y/o incendios y explosiones.

- **F.C.4 Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** Esta fuente de peligro se relaciona con la existencia de depósitos aéreos a presión de gases combustibles inflamables, que pueden dar lugar a incendios o explosiones.
- **F.C.5 Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** En este caso, se hace referencia a la existencia de depósitos subterráneos de gases combustibles inflamables, pudiéndose generar de nuevo incendios o explosiones.
- **F.C.6 Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** Al igual que en el caso de las sustancias líquidas MIC, el almacén de sustancias gaseosas inflamables y combustibles puede realizarse en depósitos móviles o portátiles, generalmente de menor capacidad que los depósitos fijos pero que también pueden dar lugar a explosiones o incendios.

VIII.1.3. Zona de transformadores eléctricos

Como se ha comentado en páginas anteriores, las granjas porcinas precisan de suministro eléctrico para un correcto funcionamiento de sus instalaciones, por lo que pueden necesitar transformadores eléctricos para modificar la tensión suministrada por la red. Estos transformadores eléctricos pueden utilizar aceite como aislante o ser transformadores secos, por lo que se diferencian dos fuentes de peligro diferenciadas en esta zona:

- **F.TR.1 Transformadores en baño de aceite.** Este tipo de transformadores utiliza aceite como aislante, por lo que es necesario contemplar tanto un derrame del mismo como la posibilidad de un incendio o explosión en el equipo.
- **F.TR.2 Transformadores secos.** Estos equipos no disponen de aceite ni de ninguna otra sustancia, por lo que únicamente es posible que se genere un incendio o explosión en caso de funcionamiento irregular de los mismos.

VIII.1.4. Zona de generadores eléctricos

La necesidad de energía eléctrica para el funcionamiento de las instalaciones y la posibilidad de que el suministro eléctrico pueda resultar interrumpido induce a los operadores a instalar en sus granjas generadores eléctricos de emergencia.

- **F.GE.1 Generadores eléctricos.** El funcionamiento de estos equipos y el combustible que emplean para ello (generalmente, combustibles líquidos como el gasóleo) implica un riesgo posible de incendio o explosión.

VIII.1.5. Zona de carga y descarga

La normal operación de una granja porcina necesita de operaciones de carga y descarga de distintos equipos (depósitos y tolvas para alimento y bebida de los animales, depósitos de

combustibles, balsas de purines, etc.), algunos de ellos susceptibles de implicar daños al medioambiente. Dentro de las operaciones de carga y descarga con implicaciones sobre el medioambiente, cabe mencionar las siguientes:

- **F.CD.1 Carga y descarga de depósitos de almacenamiento de purines.** La operación de las granjas porcinas incluye generalmente la utilización de los purines generados como fertilizante agrícola, por lo que para su aplicación al terreno es necesario trasladar el purín almacenado en el depósito o balsa de purines a una cuba o equipo similar. Durante este traslado, es posible que se produzca un derrame.
- **F.CD.2 Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC.** Los depósitos, ya sean aéreos o subterráneos, de sustancias MIC han de ser rellenados a medida que se consume su contenido para la operación de la instalación. Durante la operación de carga es posible que se genere un derrame, y debido a las características inflamables de estos líquidos, un incendio o explosión.
- **F.CD.3 Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables.** La naturaleza de esta fuente de peligro es similar a la anterior (la necesidad de reponer el contenido de los depósitos por su consumo para la operación de la instalación). En este caso, la naturaleza gaseosa e inflamable de las sustancias implicadas hace que únicamente haya de tenerse en cuenta el posible riesgo de explosión o incendio.

VIII.1.6. Zona de sistemas de tuberías

El trasiego de sustancias líquidas o gaseosas dentro de la instalación puede realizarse a través de tuberías, ya sean aéreas o subterráneas. La disposición de estos equipos en el terreno (como se ha comentado, tuberías aéreas o subterráneas) y la naturaleza de las sustancias que transportan define la aparición de fuentes de peligro diferenciadas:

- **F.TB.1 Tuberías aéreas de purines.** El trasiego del purín entre los fosos situados bajo las camas de los animales y el depósito o balsa de almacenamiento suele realizarse por gravedad y mediante tubería. En este caso, la tubería de purín se dispondría en superficie y su rotura podría implicar un episodio de contaminación debido al elevado contenido en materia orgánica y nitrógeno que tiene el purín.
- **F.TB.2 Tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC.** Esta fuente de peligro hace referencia a las tuberías dispuestas en superficie que transportan sustancias inflamables y combustibles entre los equipos de almacenamiento (es decir, depósitos de sustancias MIC) y los equipos de consumo (por ejemplo, generadores eléctricos). Esta fuente de peligro se materializaría en un derrame de la sustancia transportada y, debido a la naturaleza de la sustancia, en la posibilidad de incendio o explosión.
- **F.TB.3 Tuberías subterráneas de purines.** En este caso, la tubería por la que se traslada el purín desde los fosos hasta el depósito o balsa de almacenamiento se

encuentra enterrada. De nuevo, el elevado contenido en materia orgánica y nitrógeno del purín podría suponer la contaminación de los recursos naturales.

- **F.TB.4 Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC.** En este caso, el trasiego de sustancias líquidas MIC se realiza mediante tuberías enterradas. De nuevo, esta fuente de peligro contempla la posibilidad de derrame y de incendio o explosión.
- **F.TB.5 Tuberías aéreas de gases inflamables.** Esta fuente de peligro supone la utilización de sustancias gaseosas (gas natural, propano, etc.) como combustibles para la generación de calefacción para los animales. En este caso, el trasiego entre el depósito y la caldera se realizaría mediante tuberías en superficie y puede suponer la aparición de un incendio o explosión, debido a la naturaleza inflamable de la sustancia que transportan.
- **F.TB.6 Tuberías subterráneas de gases inflamables.** Esta fuente de peligro es muy similar a la anterior, variando únicamente la disposición de las tuberías, que en este caso se encontrarían enterradas. De nuevo, la existencia de esta fuente de peligro puede suponer la aparición de un incendio o explosión.

VIII.2. IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS INICIADORES BÁSICOS Y SUS CAUSAS

Tras la identificación de las zonas y de las fuentes de peligro, en el presente epígrafe se procede a identificar los sucesos básicos que de las mismas pueden aparecer y a identificar las causas que los podrían provocar. La identificación de causas y sucesos iniciadores se realiza de forma simultánea, debido a que la información previa recopilada por el equipo redactor mediante visitas a granjas y bibliografía especializada permite una identificación retroactiva de las causas a partir del reconocimiento de los sucesos iniciadores más representativos.

El Anexo I del presente MIRAT recopila la estructura básica sobre la que se construye el mismo, identificando en una serie de tablas las zonas de peligro, las fuentes de peligro que aparecen en cada una de ellas, los sucesos básicos e iniciadores que se derivan de ellas y sus causas, el agente causante del daño asociada a cada una de ellas y el árbol consecucional con el que se modeliza la evolución típica del incidente.

VIII.2.1. Causas de peligro

Las causas de peligro, es decir, los motivos por los que las fuentes de peligro se manifiestan y provocan un suceso iniciador, han sido extraídas de distintas fuentes bibliográficas y recogidas en el Anexo I del presente MIRAT. Las fuentes de peligro para las que no se ha encontrado en la bibliografía una asignación de causas se ha procedido a designarles bajo criterio experto las que le aplican de entre las siguientes:

a) Ausencia de revisiones y controles

La omisión del plan de revisiones y controles de los distintos elementos de las instalaciones —maquinaria, depósitos, tanques, red de tuberías, etc.— puede provocar un funcionamiento anómalo del equipo y la generación de un accidente con repercusiones sobre el medioambiente.

b) Corrosión/ Desgaste

El deterioro de depósitos, tuberías y otros elementos por la acción de la meteorología (agua, frío, etc.) o por las propias sustancias que contienen y transportan puede derivar en la liberación de dichas sustancias al medioambiente y la generación de un daño medioambiental.

c) Fallo del equipo

Un mal funcionamiento de determinados equipos por circunstancias aleatorias y/o desconocidas también puede ser la causa de la generación de un daño medioambiental.

d) Error humano

A pesar de la creciente automatización de procesos, la presencia del ser humano en muchas operaciones (carga y descarga, por ejemplo) sigue siendo necesaria y, con ello,

existe la posibilidad de equivocaciones o imprecisiones del operario deriven en un accidente con repercusiones sobre el medioambiente.

e) Foco de ignición

La existencia de focos de ignición en las instalaciones puede derivar en un incendio, si además aparecen de forma simultánea un combustible y un comburente (generalmente, el oxígeno atmosférico). A modo de ejemplo, podrían citarse los siguientes focos de ignición más comunes:

- i) Focos eléctricos: Cortocircuitos, arco eléctrico, cargas estáticas, etc.
- ii) Focos químicos: Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas o sustancias auto-oxidables.
- iii) Focos térmicos: Soldadura, chispas de combustión, superficies calientes, etc.
- iv) Focos mecánicos: Chispas de herramientas o fricciones mecánicas.

f) Señalización y/o visibilidad defectuosa

El tráfico necesario para la operación de las instalaciones (carretillas, vehículos de carga de animales o de combustibles, etc.) puede ocasionar accidentes (colisión del vehículo con tuberías o depósitos, etc.), especialmente en situaciones de baja visibilidad y/o señalización defectuosa.

g) Lluvia.

En el caso de las granjas porcinas, la presencia de balsas o depósitos de almacenamiento de purines generalmente a la intemperie puede originar que, ante un episodio de lluvias intenso y/o continuado, se produzca un rebosamiento de los mismos, provocando el arrastre del purín hacia los recursos del medio natural.

h) Diseño inadecuado.

Especialmente en el caso de la construcción de las balsas o depósitos de almacenamiento de purines, la inestabilidad de los taludes u otras infraestructuras necesarias debido a errores de cálculo durante el proceso de diseño o la no consideración de determinados aspectos (pluviometría normal de la zona, etc.) podrían constituirse como el origen de la liberación al medioambiente de contaminantes

VIII.2.2. Sucesos iniciadores

La existencia de una fuente de peligro y la manifestación de una o varias causas de peligro dan como resultado la aparición de los denominados sucesos iniciadores. Estos sucesos iniciadores pueden ser únicos (sucesos básicos) o combinarse para dar lugar a sucesos iniciadores más complejos. Como se ha comentado anteriormente, el Anexo I identifica los

sucesos básicos y sucesos iniciadores asociadas a cada una de las fuentes de peligro identificadas en el presente MIRAT.

Zona de almacenamiento de purines

- **Depósitos y balsas de almacenamiento de purines.** En el caso de los depósitos y balsas de almacenamiento de purines, se han identificado tres sucesos iniciadores distintos: (1) la rotura catastrófica del depósito o balsa (que podría suponer un episodio intenso de contaminación tanto por volumen como por concentración del contaminante); (2) el derrame de purines por rebosamiento del depósito o balsa (que puede suponer el vertido de un volumen importante de purines, pero diluidos por el agua de lluvia); y (3) fuga de purines por fallo de la impermeabilización del depósito o balsa (episodio presumiblemente más contenido de contaminación).

Por otra parte, el fallo en la impermeabilización del depósito o balsa puede derivarse del desgaste/corrosión de los materiales y estructuras que conforman el depósito o balsa o por impactos de vehículos durante determinadas operaciones habituales (carga y descarga del purín, operación del agitador para homogeneizar el purín, etc.).

La Tabla 6 del Anexo I recoge las causas asociadas a cada suceso iniciador identificado en esta zona de peligro.

Zona de almacenamiento de combustibles

- **Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC.** La rotura de estos equipos debido a las causas recogidas en la Tabla 1 del Anexo I del presente MIRAT produciría un derrame de la sustancia contenida en el depósito. De forma adicional, y debido a la naturaleza combustible e inflamable de las sustancias consideradas en esta fuente de peligro, hay que añadir el riesgo de incendio o explosión y, por extensión, el derrame de aguas de extinción. A las causas del derrame, para que ocurra un incendio debería aparecer como causa adicional un foco de ignición.
- **Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas MIC.** Los sucesos iniciadores asociados a los depósitos subterráneos de sustancias líquidas inflamables y combustibles son los mismos que para los depósitos fijos: la rotura del recipiente (cuyas causas se recogen en la Tabla 1 del Anexo I) y la posibilidad posterior de que, ante la presencia de un foco de ignición, se produzca un incendio/explosión y se generen aguas de extinción.
- **Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas MIC.** De nuevo, la rotura de estos recipientes y el posterior derrame de su contenido es el suceso iniciador más evidente; la ausencia de revisiones y controles, el desgaste o corrosión de los recipientes y un error humano en su utilización pueden ser las causas de dicha rotura. De forma adicional, la naturaleza combustible e inflamable de las sustancias

contenidas pueden suponer la aparición de un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción, siempre que a las causas anteriormente mencionadas se le añadieran la presencia de un foco de ignición.

- **Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** La presencia en las instalaciones de depósitos de sustancias gaseosas combustibles e inflamables, generalmente para calefacción para los animales, supone un riesgo de incendio o explosión a partir de una fuga, y la posterior generación de aguas de extinción. La Tabla 2 del Anexo I del presente MIRAT recopila las causas de la fuga, a las que habría de añadir la presencia de un foco de ignición para que apareciera el incendio o la explosión.
- **Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** De igual forma a las sustancias líquidas inflamables y combustibles, las sustancias gaseosas también pueden almacenarse en depósitos subterráneos a partir de los cuales se puede generar una fuga del gas debido a las causas recogidas en la Tabla 2 del Anexo I de este MIRAT. El incendio o explosión aparecerá al unir a estas causas la presencia de un foco de ignición, produciéndose como suceso iniciador un incendio o explosión con generación de aguas de extinción.
- **Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables/combustibles.** Las sustancias gaseosas inflamables o combustibles también pueden disponerse dentro de las instalaciones en depósitos móviles (bombonas, etc.), desde los cuales puede originarse una fuga del contenido si se dan las causas recogidas en la Tabla 3 del Anexo I del MIRAT. La presencia añadida de un foco de ignición produciría el suceso iniciador relevante asociado a este tipo de equipos: el incendio o explosión y la generación de aguas de extinción.

Zona de transformadores eléctricos

- **Transformadores en baño de aceite.** Estos equipos utilizan aceite dieléctrico como aislante, por lo que es necesario plantear como suceso iniciador el derrame de dicha sustancia: las causas serían las recogidas en la Tabla 1 del Anexo I del MIRAT, asimilando estos equipos a un depósito fijo aéreo.
De forma adicional, la naturaleza de estos equipos implica que el funcionamiento anormal de los mismos pueda suponer la aparición de un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción (posiblemente, contaminadas por los aceites dieléctricos empleados como aislantes). La ausencia de revisiones y controles, el desgaste o corrosión de los materiales, un error humano o un fallo del equipo son las causas por las que podría aparecer el mencionado funcionamiento anormal del transformador.

- **Transformadores secos.** Estos equipos no emplean aceites dieléctricos como aislantes, por lo que no hay que considerar el derrame de sustancias como suceso iniciador. En este caso, y debido a las mismas causas arriba indicadas (ausencia de revisiones y controles, desgaste o corrosión de materiales, error humano y fallo del equipo), el único suceso iniciador posible es el incendio o explosión por un mal funcionamiento y la posterior generación de aguas de extinción.

Zona de generadores eléctricos

- **Generadores eléctricos.** El suceso iniciador asociado a estos equipos es, de nuevo, el incendio o explosión y el vertido posterior de las aguas de extinción. Bajo criterio experto, las causas de que apareciera este suceso iniciador sería la ausencia de revisiones y controles, el desgaste o corrosión, el error humano y el fallo del propio equipo.

Zonas de carga y descarga

- **Carga y descarga de depósitos de purines.** Con el fin de que sea aplicado en los campos de cultivo como fertilizante, los purines almacenados en los depósitos o balsas han de ser trasladados a una cuba. Durante esta operación, existe el riesgo de que se genere un derrame de purines debido a un estado deficiente de los equipos (ausencia de revisiones y controles y/o el desgaste o corrosión de los equipos) o a un error humano.
- **Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC.** Durante la carga y descarga de sustancias líquidas combustibles e inflamables utilizadas en la instalación para calefacción o generación de electricidad en caso de interrupción del suministro es posible la aparición de una fuga o derrame por causas que, bajo criterio experto, podrían ser la ausencia de revisiones y controles, el desgaste/corrosión de materiales y equipos y el error humano. De forma adicional, si concurre la presencia de un foco de ignición, podría generarse un incendio o explosión con la consiguiente generación de aguas de extinción.
- **Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables.** Si en lugar de líquidos inflamables o combustibles —o adicionalmente— la instalación emplea sustancias gaseosas inflamables para calefacción, durante la carga y descarga de los depósitos que los contienen puede producirse también una fuga por las mismas causas que las indicadas anteriormente. En este caso, la presencia adicional de un foco de ignición generaría un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción como suceso iniciador.

Zonas de sistemas de tuberías

- **Tuberías aéreas de purines.** El traslado de los purines entre los fosos de los alojamientos de los animales y el depósito o balsa de purines se realiza por gravedad mediante tuberías. Si estas tuberías se encuentran en superficie, es necesario tener en cuenta su posible rotura debido a las causas recogidas en la Tabla 4 del Anexo I del presente MIRAT. De forma adicional, la presencia en superficie de estas estructuras puede implicar también la posibilidad de que la rotura se deba a un impacto de un vehículo debido a la existencia de tráfico en la zona, la ausencia de revisiones y controles, un error humano y la señalización y/o visibilidad defectuosa.
- **Tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC.** De igual forma que las tuberías aéreas de purines, si el trasiego de sustancias líquidas combustibles e inflamables dentro de la instalación se realiza mediante tuberías aéreas puede ocasionarse un vertido por rotura o por colisión de vehículo, aplicando las mismas causas que las mencionadas anteriormente para cada suceso iniciador. En este caso, es necesario considerar de forma añadida la posible presencia de un foco de ignición y, con ello, la aparición de un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción.
- **Tuberías subterráneas de purines.** En este caso, el trasiego de los purines se haría mediante tuberías enterradas y las causas que podrían provocar la rotura de las mismas se incluyen en la Tabla 5 del Anexo I del MIRAT.
- **Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC.** De nuevo, en este caso el transporte de las sustancias líquidas inflamables y combustibles se realizaría mediante tuberías enterradas y el suceso iniciador se generaría por las mismas causas que en el caso de las tuberías de purines (ver Tabla 5 del Anexo I del MIRAT). A este suceso iniciador de vertido habría que añadir la posible concurrencia de un foco de ignición y, con ello, la aparición de un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción.
- **Tuberías aéreas de gases inflamables.** La rotura de este tipo de tuberías por las causas incluidas en la Tabla 4 del Anexo I del presente MIRAT o a un impacto de vehículo (ausencia de revisiones y controles, error humano y señalización y/o visibilidad defectuosa), a lo que habría de añadir la presencia de un foco de ignición, podría provocar un incendio o explosión y la posterior generación de aguas de extinción.
- **Tuberías subterráneas de gases inflamables.** En este caso, las causas de una posible rotura de este tipo de tuberías se recogen en la Tabla 5 del Anexo I del MIRAT, las que, añadiendo la presencia de un foco de ignición, podría provocar, de nuevo, un incendio o explosión y la generación de aguas de extinción.

VIII.3. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES

En el presente epígrafe se desarrollará el análisis consecencial, mediante el cual se modeliza la posible evolución de los distintos sucesos iniciadores identificados en función de los factores

condicionantes que intervienen en ellos de acuerdo a las características del sector. El Reglamento para el desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental establece que dicho análisis consecuencial debe realizarse siguiendo el esquema de la Norma UNE 150008 o norma equivalente. Esta norma propone desarrollar el análisis consecuencial mediante los denominados árboles de sucesos; de esta forma, en este epígrafe se presentan los árboles de sucesos diseñados en el marco del presente MIRAT para las instalaciones del sector porcino.

En este MIRAT para el sector porcino se han diseñado tres tipos de árboles de sucesos. En el Anexo 1 de este MIRAT se asigna cada suceso iniciador a un tipo de árbol de sucesos concreto, mientras que en el Anexo 2 se representan gráficamente.

La naturaleza de los sucesos iniciadores S.P.1 (fuga o derrame de depósito o balsa de purines por rotura catastrófica) y S.P.2 (Fuga o derrame de purines por rebosamiento del depósito o balsa de purines) ha supuesto que no se asigne árboles de sucesos a los mismos. Esto implica suponer que, en caso de que estos sucesos iniciadores tengan lugar, no intervendrán factores condicionantes, es decir, no se aplicarán medidas de prevención o de evitación de nuevos daños. Este supuesto se propone en el marco del presente MIRAT ante la naturaleza del evento (la liberación de, en muchos casos, varios centenares o millares de metros cúbicos de agente contaminante) y la escasa capacidad del operador de actuar ante dicho evento. No obstante, en el caso de que el operador considere que, en determinadas circunstancias, sí que puede intervenir, el mismo podrá aplicar a estos sucesos iniciadores (S.P.1 y S.P.2) el árbol de sucesos Tipo 1.

A continuación se procede a describir cada uno de los tres tipos de árboles de sucesos diseñados.

1. Árbol tipo para sucesos iniciadores de derrame (Tipo 1)

El árbol de sucesos Tipo 1 se aplica al vertido o derrame de sustancias líquidas presentes en la instalación. Como agente causante del daño actuaría la propia sustancia liberada; en el caso de las sustancias MIC, a este árbol de sucesos se le añadiría la posibilidad de incendio o explosión, que se incorpora al análisis mediante el árbol de sucesos Tipo 2.

Los factores condicionantes que intervienen en el árbol de sucesos Tipo 1 se refieren a los distintos tipos de contención disponibles en la instalación:

- **Contención automática.** En caso de vertido o derrame, ya sea desde una estructura de almacenaje (depósito) o de transporte (tuberías), el presente modelo plantea que actuarían en primera instancia medidas automáticas o pasivas de contención de derrames (cubetos de retención o cierre automático de válvulas y compuertas). Este tipo de medidas no suponen ninguna actuación por parte del personal de la instalación.

- **Contención manual.** En segunda instancia, ya sea por un mal funcionamiento de las medidas de contención automática o por la superación, en su caso, del volumen de contención, intervendrían las medidas de contención manual. En este caso, se requiere la presencia y participación de operarios de la instalación y hacen referencia a equipos como mantas absorbentes, sepiolita o el accionamiento manual de válvulas y compuertas.
- **Gestión de aguas y derrames.** Por último, de nuevo debido al mal funcionamiento de las medidas de contención automáticas y/o manuales o a la superación del volumen de contención de las mismas, este factor condicionante se refiere a la existencia de una red de drenaje propia en la instalación, capaz de contener los derrames y las aguas pluviales contaminadas que pudieran generarse.
La gestión de aguas y derrames puede ser manual o automática/pasiva; en el modelo planteado, no se ha considerado que en una instalación se disponga de ambos tipos de gestión de aguas y derrames.

2. Árbol tipo para sucesos iniciadores de incendio (Tipo 2)

Cuando el vertido accidental implica a sustancias inflamables o combustibles (sustancias MIC), además del propio vertido, el modelo incorpora la posibilidad de que, ante la existencia de un foco de ignición, pueda generarse un incendio o explosión. En este caso, las medidas de contención automática y manual dejan de tener sentido y aparecen los sistemas de detección y extinción de incendios.

El árbol de sucesos Tipo 2 modeliza la aparición de un incendio en la instalación. En primera instancia, los sistemas de detección y extinción de incendios (ya sean éstos manuales o automáticos) pueden actuar de forma temprana y hacer que el incidente quede exento de daños medioambientales. En caso contrario, este árbol de sucesos propone la generación de aguas de extinción contaminadas por sustancias presentes en la instalación y que éstas sean contenidas (o no) antes de alcanzar los recursos naturales.

- **Detección y extinción temprana de incendios.** En caso de éxito de este factor condicionante, el incendio será detectado y extinguido de forma temprana, limitando o, en el mejor de los casos, impidiendo la generación de daños medioambientales. En una primera aproximación, el presente MIRAT considera que la detección y extinción elimina la posibilidad de que se generen daños medioambientales (el incendio es extinguido antes de que alcance grandes proporciones y no se generan aguas de extinción contaminadas). No obstante, el operador puede modificar este criterio, asignando la generación de aguas de extinción incluso en el caso de que se haya conseguido la detección y extinción temprana del incendio, debido a las características de los sistemas instalados en la instalación y a las características de ésta.

- **Gestión de aguas y derrames.** Finalmente, en el caso de que el incendio no haya podido extinguirse de forma temprana, el modelo supone la generación de aguas de extinción en cantidades susceptibles de generar un daño medioambiental, ya sea diluyendo sustancias contaminantes solubles presentes en la instalación o arrastrando sustancias no solubles en agua. En este caso, el modelo plantea la posibilidad de que la instalación cuente con un sistema de drenaje o alcantarillado propio que pueda contener las aguas de extinción contaminadas y evitar la generación de un daño medioambiental.

De nuevo, al igual de lo planteado en el árbol de sucesos Tipo 1, el modelo plantea únicamente la existencia de un sistema de gestión de aguas y derrames, ya sea este automático/pasivo o manual.

3. **Árbol tipo para sucesos iniciadores de vertido de purines por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa (Tipo 3)**

El árbol de sucesos Tipo 3 modeliza la evolución de los posibles vertidos de purines ocasionados por un fallo en la impermeabilización del depósito o balsa que los contiene. En este sentido, los operadores pueden haber instalado un sistema de control de fugas mediante red de recogida de filtraciones canalizadas a una arqueta de detección de fugas, lo que permitiría descubrir de forma temprana una fuga y, con ello, limitar (cuando no impedir que sucedan) los daños medioambientales que pudiera ocasionar.

También podrá considerarse como sistema de control de fugas la instalación de un sistema de piezómetros, únicamente si dicho sistema lleva asociado una balsa de recogida del agua subterránea contaminada. En caso contrario, el sistema de piezómetros únicamente permitiría la detección temprana del daño y, con ello, se reducirá la cantidad vertida de agente causante del daño, pero no el propio daño, por lo que no debería representarse en el árbol de sucesos.

Este sistema de control de fugas (ya sea mediante arqueta o mediante piezómetros asociados a una balsa de recogida de agua contaminada) sería el único factor condicionante que intervendría en este caso y ha sido modelizado como un sistema de gestión de aguas y derrames:

- **Gestión de aguas y derrames.** La aparición de un poro o fisura en el lecho y taludes impermeabilizados del depósito o balsa de purines implicaría la liberación al suelo y, en su caso, a las aguas subterráneas de esta sustancia contaminante. El hecho de que la instalación disponga de un sistema de detección de fugas permitiría al operador detectar y localizar la fuga y evitar que el daño medioambiental se produzca o se extienda; la ausencia de este sistema podría implicar que, en función del sistema de gestión del depósito o balsa de purines, la fuga se detecte meses o años después de su producción, habiéndose podido extender el daño medioambiental de forma significativa.

VIII.4. **PROTOCOLOS PARA LA ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES**

En los epígrafes anteriores se ha mostrado la estructura sobre la que se construirá el análisis de riesgos medioambientales sectoriales que propone la normativa sobre responsabilidad medioambiental. En este capítulo y en los siguientes, se expondrá la forma de dotar contenido a dicha estructura, con el fin de proporcionar la información necesaria para realizar los análisis de riesgos medioambientales exigidos por el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre (básicamente, probabilidad de ocurrencia y consecuencias medioambientales de los escenarios accidentales).

En primera instancia, en el presente capítulo se exponen los protocolos para asignar probabilidades de ocurrencia a los sucesos básicos e iniciadores y a los escenarios accidentales identificados en capítulos anteriores. El presente MIRAT propone el método cuantitativo de asignación de probabilidades de ocurrencia, apoyándose en bibliografía especializada que informa sobre probabilidades de fallo de los distintos equipos y operaciones que se realizan en el sector porcino.

Los datos proporcionados por la bibliografía especializada en tasas de fallo se construyen a partir del análisis de numerosas bases de datos sobre fallos de distintos equipos a lo largo de las últimas décadas. De esta forma, se considera un método de análisis de riesgo objetivo y de gran utilidad, pero que presenta la dificultad de cierta rigidez a la hora de asignar un dato específico, estimado a partir del análisis de distintos incidentes y causas, a las circunstancias específicas de un operador concreto. El presente MIRAT habilita al operador a adaptar la información expuesta por estas fuentes a sus especiales circunstancias, siempre de forma debidamente justificada y coherente con la metodología propuesta, ya sea mediante la modificación de los valores propuestos —a pesar de que, por su naturaleza objetiva, resultan poco flexibles— o a través de la propuesta de valores alternativos en función de sus conocimientos y experiencia —por ejemplo, a partir de la utilización de un registro de accidentes sectorial o propio—.

VIII.4.1. Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores

El presente MIRAT construye la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores a partir de la identificación y asignación de probabilidades a sucesos básicos de similar naturaleza (por ejemplo, el fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines puede deberse a un simple mal funcionamiento del material impermeabilizador o a la alteración del mismo por impacto de un vehículo). En el Anexo IV del presente MIRAT se recogen los distintos sucesos básicos identificados como relevantes para el sector porcino, agrupados, cuando proceda, en sucesos iniciadores en función de dicha similar naturaleza. Las probabilidades de ocurrencia recogidas en el mencionado Anexo IV han sido extraídas o construidas a partir de diversas fuentes bibliográficas:

- *Handbook failure frequencies 2009 for drawing up a safety report* (Flemish Government, 2009).

- *Regionalización de leyes IDF para el uso de modelos hidrometeorológicos de estimación de caudales* (De Salas, 2004).
- *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular* (DGC, 1999).
- *Landfill Liner Failure: An Open Question for Landfill Risk Analysis* (Pivato, 2001).
- *Guía para la realización del análisis del riesgo medioambiental (en el ámbito del Real Decreto 1254/99 [Seveso II])* (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, DGPCyE, 2004).
- *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments* (HSE, 2012)
- *Risk assessment for explosive failures in transformers and strategies to reduce such risks* (Petersen, 2008, en Martín, 2009).

La Tabla 6 recoge la correspondencia entre las fuentes de peligro del sector porcino identificadas en apartados anteriores del MIRAT y los equipos o actividades a los que hace referencia la bibliografía citada.

Fuente de peligro - Equipo/actividad	Equipo/actividad asimilado/a	Fuente
Depósitos de almacenamiento de purines	Tanques atmosféricos aéreos y subterráneos	Flemish Government (2009)
	Episodios de lluvias	De Salas (2004) y DGC (1999)
	Revestimiento de vertederos	Pivato (2001)
Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC	Tanques atmosféricos aéreos	Flemish Government (2009)
Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas MIC	Tanques atmosféricos subterráneos	Flemish Government (2009)
Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas MIC	Bidones	HSE (2012)
Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas no combustibles	Bidones	HSE (2012)
Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Tanque aéreo a presión	Flemish Government (2009)
Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Tanque subterráneo a presión	Flemish Government (2009)
Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Tanque a presión móvil	Flemish Government (2009)
Transformadores (derrames)	Tanques atmosféricos aéreos	Flemish Government (2009)
Transformadores (incendio)	Incendio en transformador	Petersen (2008), en Martín (2009)
Generadores eléctricos	Incendio en transformador	Petersen (2008), en Martín (2009)
Carga y descarga de depósitos y balsas de purines	Actividades de carga y descarga	Flemish Government (2009)
Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC	Actividades de carga y descarga	Flemish Government (2009)
Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables	Actividades de carga y descarga	Flemish Government (2009)
Tuberías aéreas de purines	Tuberías aéreas	Flemish Government (2009)
Tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC	Tuberías aéreas	Flemish Government (2009)
Tuberías subterráneas de purines	Tuberías subterráneas	Flemish Government (2009)
Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC	Tuberías subterráneas	Flemish Government (2009)
Tuberías aéreas de gases inflamables	Tuberías aéreas	Flemish Government (2009)
Tuberías subterráneas de gases inflamables	Tuberías subterráneas	Flemish Government (2009)

Tabla 6. Resumen de relación de equipos y actividades propias del sector porcino con equipos o actividades de la bibliografía a la que pueden asimilarse y fuente de referencia.

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo IV del presente MIRAT se recopilan las probabilidades de ocurrencia (y las correspondientes fuentes) de los sucesos básicos/iniciadores identificados como relevantes para cada una de las fuentes de peligro del sector porcino. En la Tabla 2 del Anexo IV del MIRAT, además, se indica, cuando resulta necesario, los datos necesarios para el cálculo de determinadas probabilidades de ocurrencia, que varían en ocasiones en función de determinadas características del equipo (por ejemplo, número de tanques o diámetro o longitud de tuberías).

En concreto, para el suceso básico/iniciador S.P.2 (fuga/derrame de purines por rebosamiento del depósito o balsa de purines) en la Tabla 2 del Anexo IV del MIRAT se hace referencia al Anexo III, en el que se desarrolla la metodología para determinar la relevancia o no de este suceso iniciador para cada operador concreto y, en su caso, el procedimiento para el cálculo de la cantidad de agente contaminante liberada.

Por último, resulta conveniente mencionar la distinción realizada en el presente MIRAT entre suceso básico (suceso causal que por sí mismo o junto a otros puede generar un determinado evento) y suceso iniciador (agregación de distintos sucesos básicos que pueden ocasionar iguales escenarios accidentales).

En la Tabla 6 del Anexo I se recogen los sucesos básicos y, en su caso, la agrupación en sucesos iniciadores: por ejemplo, la rotura de una tubería aérea de sustancias líquidas MIC puede deberse a un fallo del propio equipo (S.TB.3) o a la colisión de un vehículo con dicho equipo (S.TB.4)—cada uno de ellos configurando un suceso básico—; las consecuencias de ambos sucesos básicos serían muy similares (vertido de sustancias líquidas MIC en función del caudal de la tubería y del tiempo de respuesta), por lo que se agrupan en un mismo suceso iniciador (S.TB.3o4).

Como puede apreciarse en la Tabla 6 del Anexo I, la mayoría de los sucesos básicos se corresponden directamente con sucesos iniciadores. En el caso de que un suceso iniciador esté compuesto por varios sucesos básicos, el operador deberá determinar si ambos sucesos básicos concurren en su instalación (por ejemplo, puede que la zona donde se ubiquen las tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC esté completamente libre de tráfico y no sea realista introducir en el análisis el impacto de un vehículo) y, en caso positivo, sumar la probabilidad de ocurrencia de ambos sucesos básicos para calcular la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador.

El operador deberá elegir, atendiendo a las características de la instalación a la que se aplica el presente MIRAT, los sucesos básicos y sucesos iniciadores que aplican a su instalación, asignando posteriormente las probabilidades de ocurrencia siguiendo los comentarios recogidos en el Anexo IV del MIRAT.

VIII.4.2. Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales

La probabilidad de ocurrencia de los sucesos básicos e iniciadores generalmente no coincide con la probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales que de ellos derivan; en el presente MIRAT se han identificado dos sucesos básicos e iniciadores (S.P.1 y S.P.2) para los que, debido a su naturaleza, el suceso iniciador ha de considerarse escenario accidental. En cualquier caso, generalmente, entre los sucesos iniciadores y los escenarios accidentales suelen intervenir los denominados factores condicionantes, elementos internos (generalmente, medidas de prevención y de evitación de nuevos daños) y/o externos (recursos naturales, condiciones meteorológicas, etc.) a la instalación que condicionan la evolución del evento.

La intervención de los factores condicionantes, cuya naturaleza dependerá del tipo de suceso iniciador al que se aplican, se representa esquemáticamente en los árboles de sucesos recogidos en el Anexo II del MIRAT. En el caso de los factores condicionantes, las probabilidades se expresan en términos de probabilidades de éxito/fallo o, en su caso, de presencia/ausencia: en el Anexo V se recopilan las probabilidades de fallo de los factores condicionantes identificados como relevantes en el presente MIRAT para el sector porcino y las fuentes de las que se han obtenido cada una de ellas, que son las siguientes:

- *Handbook failure frequencies 2009 for drawing up a safety report* (Flemish Government, 2009).
- *Methods for determining and processing probabilities. Red Book* (Schüller, 2005).
- *Assessment of benefits of fire compartmentation in chemical warehouses* (HSE, 2003).

La Tabla 7 indica qué fuente bibliográfica se ha empleado para cada uno de los factores condicionantes identificados en el presente MIRAT.

Factor condicionante	Equipo / actividad asimilado/a	Fuente
Sistema de contención automática	Sistema de bloqueo automático	Flemish Government (2009)
Sistema de contención manual	Fallo para realizar acciones rápidas y complejas con el fin de evitar un incidente serio, como una explosión	Schüller (2005)
Gestión de aguas y derrames automática o pasiva	Sistema de bloqueo automático	Flemish Government (2009)
Gestión de aguas y derrames manual	Fallo para realizar acciones rápidas y complejas con el fin de evitar un incidente serio, como una explosión	Schüller (2005)
Sistema manual de detección de incendios	Sistema de detección manual	HSE (2003)
Sistema automático de detección de incendios	Sistema automático de detección	HSE (2003)
Sistema mixto de detección de incendios (manual y automático)	Sistema mixto de detección de incendios (manual y automático)	HSE (2003)
Sistema de extinción manual	Sistema de extinción manual	HSE (2003)
Sistema de extinción automático	Sistema de extinción automático	HSE (2003)

Tabla 7. Resumen de relación de factores condicionantes susceptibles de estar presentes en las instalaciones del sector avícola, actividades de la bibliografía a la que pueden asimilarse y fuente de referencia. Fuente: Elaboración propia

Tal y como se recoge en el epígrafe VIII.3 del presente MIRAT y en el árbol de sucesos Tipo 2 del Anexo II, la detección y extinción de incendios se representa como un único factor condicionante cuando, en realidad, son dos acciones distintas (detectar y, posteriormente, extinguir) y, de hecho, aparecen de forma diferenciada en la bibliografía. La Tabla 2 del Anexo V del presente MIRAT recoge directamente la probabilidad de fallo de las distintas combinaciones entre los sistemas de detección y extinción (incluyendo además el tipo de combustible). Esta tabla se ha construido asumiendo que la extinción temprana del incendio exige que el fuego sea en primer lugar detectado y, posteriormente, extinguido, por lo que la probabilidad de éxito de la detección y extinción del incendio sería, atendiendo al operador lógico “Y”, el producto de la probabilidad de éxito de cada acción (detectar y extinguir) y la probabilidad de fallo el complementario hasta 1. En definitiva, siendo P_D la probabilidad de éxito de detección y P_E la probabilidad de éxito de la extinción:

- La probabilidad de que el incendio se detecte y se extinga es $P_D \times P_E$.
- La probabilidad de que el incendio no se detecte y/o no se extinga es $1 - (P_D \times P_E)$.

Al igual que en el caso de las probabilidades de ocurrencia de los sucesos básicos e iniciadores, el operador puede aplicar a su instalación las probabilidades de fallo de los factores condicionantes recogidos en el Anexo V del MIRAT o emplear otras probabilidades más precisas y/o ajustadas a su instalación, basándose en su experiencia y conocimientos y siempre de forma debidamente justificada.

Finalmente, la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental se calcula aplicando el operador lógico “Y” o intersección de las probabilidades del suceso iniciador y de los factores condicionantes que configuran el escenario accidental. Matemáticamente, el cálculo de la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental se expresa de la siguiente manera:

$$P_E = prob_S.I \times P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad \text{[Ec.1]}$$

Donde:

P_E , es la probabilidad de ocurrencia asociada al escenario “E”, el cual se define por ser el resultado de acontecer de forma conjunta el suceso iniciador “S.I.” y los factores condicionantes “1, 2, ... y n”.

$prob_S.I.$, es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador del cual se deriva el escenario accidental “E”.

P_i , es la probabilidad de éxito (o de fallo) de los factores condicionantes que, a partir de determinado suceso iniciador, intervienen en la definición del escenario accidental “E”. La probabilidad de éxito más la probabilidad de fallo de cada factor condicionante suma la unidad ya que son sucesos alternativos (el factor actúa o no actúa).

VIII.5. PROTOCOLOS PARA EL CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO

Además de la probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico o iniciador y de cada escenario accidental, el análisis de riesgos necesita de una estimación de las consecuencias asociadas a ellos. Estas consecuencias, para muchos tipos de daño medioambiental (especialmente para los causados por agentes químicos, pero también para algunos ocasionados por agentes físicos o biológicos), están asociadas a la cantidad de agente causante del daño liberada por el incidente.

De esta forma, en el presente epígrafe se explican y desarrollan criterios y metodologías que el operador podrá seguir para estimar la cantidad de agente causante del daño liberada en cada suceso básico o iniciador y escenario accidental relevante para su instalación. De forma paralela a lo descrito en el caso de la estimación de las probabilidades de ocurrencia, el cálculo de la cantidad de agente causante del daño se desarrollará en dos fases:

- 1) Cantidad de agente liberada en cada suceso básico o iniciador. En esta primera fase, se estimará la cantidad de agente liberada asociada al evento que inicia la situación de funcionamiento anormal de la instalación. Por ejemplo, la cantidad de sustancia que se liberaría en el caso de rotura de un depósito.
- 2) Cantidad de agente liberada en cada escenario accidental. En la segunda fase, se procederá a estimar la cantidad de agente que finalmente alcanza los recursos naturales y, por ello, ocasiona un daño medioambiental. Los factores condicionantes que intervienen tras el suceso básico o iniciador no sólo modifican la probabilidad de ocurrencia, sino que también pueden modificar la cantidad de agente liberada: los cubetos de retención (contención automática) o las mantas absorbentes (contención manual) pueden reducir la cantidad de contaminante que finalmente alcanza los recursos naturales, mientras que, en caso de incendio, la extinción del fuego puede llevar asociada la generación de aguas de extinción que se mezclen con sustancias contaminantes presentes en la instalación, aumentando de esta forma, en el caso de sustancias solubles, la cantidad de agente liberada.

Como se ha comentado anteriormente, en los siguientes epígrafes se explican y desarrollan criterios y metodologías para estimar la cantidad de agente liberada, en primer lugar tras el suceso básico o iniciador y, posteriormente, la que entraría en contacto con los recursos naturales, una vez hayan actuado, en su caso, las correspondientes medidas de prevención y de evitación de nuevos daños.

VIII.5.1. Cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores

La descripción de los criterios y metodologías para estimar la cantidad de agente liberada asociada a los sucesos iniciadores se estructurará en base a la naturaleza del suceso: derrame de sustancias líquidas, incendio y sucesos iniciadores asociados a los depósitos o balsas de purines.

1. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a derrames de sustancias líquidas

En el caso del derrame de sustancias líquidas, y en ausencia de incendios o explosiones, pueden identificarse dos tipos de sucesos y, con ello, de criterios para estimar la cantidad de agente liberada:

- 1) Rotura de depósitos. En este caso, el cálculo de la cantidad de agente liberada atenderá al volumen de almacenamiento del equipo y al porcentaje de llenado al que suele encontrarse.
- 2) Rotura de tuberías o mangueras. Cuando el suceso iniciador se asocia a estos equipos de transporte y trasiego de sustancias líquidas, el cálculo de la cantidad de agente liberada deberá estimarse a partir del caudal de los mismos y del tiempo de reacción entre que se produce la fuga y ésta se detiene.

Debido a la especial naturaleza de los depósitos y balsas de purines y de las consecuencias que de un mal funcionamiento de los mismos podrían ocasionar debido a las elevadas cantidades que se almacenan en el sector, los depósitos y balsas de purines tendrán un tratamiento especial a efectos del cálculo de la cantidad de agente causante del daño liberada, es decir, no se aplicarán como criterio general a estos sucesos iniciadores estos criterios para el cálculo de la cantidad de agente liberada (ver apartado 3 del presente epígrafe). Sin embargo, en el caso de las tuberías de trasiego de purines y de la carga/descarga de los mismos para valorización agrícola, sí que se considerarán los criterios relativos a rotura de tuberías o mangueras.

La **Tabla 8** resume, para cada suceso iniciador de derrame sin incendio y no asociado a los depósitos o balsas de purines, los criterios a aplicar para el cálculo de la cantidad de agente liberada.

Tipo de fuentes de peligro	Sucesos iniciadores vinculados	Criterios para la estimación de la cantidad de agente liberada
Depósito	S.C.1o2	Volumen liberado = Volumen del depósito de mayor tamaño * Porcentaje medio de llenado
	S.C.5	
	S.C.7o8	
	S.NC.1o2	
	S.TR.1	
Tuberías	S.CD.1	Volumen liberado = Caudal * Tiempo de detección del derrame
	S.CD.2	
	S.TB.1o2	
	S.TB.3o4	(valor máximo = volumen del depósito de origen * porcentaje medio de llenado)
	S.TB.7	
	S.TB.8	

Tabla 8. Procedimiento de estimación de la cantidad de agente liberada en caso de derrame por tipo de fuente de peligro y tipo de suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el equipo involucrado en un suceso iniciador es un depósito, en el presente MIRAT se sugiere seleccionar el depósito que mayor volumen de sustancia contenga (teniendo en cuenta la capacidad y el porcentaje medio de llenado) en una zona concreta. Como se indicará posteriormente, en el caso del almacenamiento de purines también podrá emplearse este criterio. En cualquier caso, el analista podrá considerar uno a uno los depósitos presentes en su instalación e incorporarlos al análisis de riesgos medioambientales de forma independiente atendiendo al volumen y características de cada uno de ellos.

Por otra parte, en el caso de que el derrame se origine en un equipo de transporte y trasiego de sustancias líquidas (tuberías y mangueras), la selección del equipo desde el que se origine el evento deberá seguir un criterio conservador: seleccionar aquella tubería u operación de carga y descarga, para determinada sustancia, que pudiera generar un volumen mayor de derrame, teniendo en cuenta para ello el caudal de transporte y el tiempo de reacción entre fuga y detención.

El tiempo de reacción entre fuga y detención, necesario para determinar la cantidad de agente liberada en el caso de fugas en tuberías y mangueras, depende del sistema de parada de emergencia que el operador tenga instalado en el correspondiente equipo. La Tabla 9 recoge unos tiempos de respuesta recomendados por la bibliografía.

Sistema de parada de emergencia	Tiempo (min)
Automático	2
Semiautomático	10
Manual cumpliendo las condiciones establecidas en Flemish Government (2009)	2
Otros sistemas o inexistencia de sistemas de parada de emergencia	Tiempo necesario para el vaciado del volumen del depósito de origen multiplicado por su porcentaje medio de llenado

Las condiciones establecidas en Flemish Government (2009, página 26) se dirigen a operaciones de carga y descarga que deben cumplir determinados supuestos de operación: operación realizada siempre bajo presencia de un operario, existencia de sistema de seguridad del tipo hombre muerto, el accionamiento de la parada de emergencia se encuentra fijado en un procedimiento, los operarios se encuentran adecuadamente formados y el botón de emergencia se encuentra posicionado cumpliendo con las normas aplicables permitiendo su rápida activación independientemente de la dirección del flujo.

Tabla 9. Tiempos de respuesta en función del sistema de parada de emergencia. Fuente:
Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

En cualquier caso, la cantidad de agente liberada por un fallo en una tubería o durante una operación de carga y descarga no podrá ser nunca mayor que el depósito que alimenta dicha tubería o dicha operación de carga y descarga.

Por último, tanto en el caso de derrame desde depósito como de derrame desde tubería o actividad de carga y descarga, el MIRAT propone la incorporación al análisis de cada sustancia presente en la instalación, siempre que esté presente en cantidades significativas. De esta forma, en el caso de que determinada sustancia se encuentre almacenada en la instalación en distintos depósitos de diferentes capacidades, el presente MIRAT propone centrar el análisis, para esa sustancia, en el depósito que mayor cantidad de sustancia contenga, teniendo en cuenta tanto la capacidad de los depósitos como su porcentaje medio de llenado.

El carácter hipotético de cualquier análisis de riesgos medioambientales induce a alcanzar un compromiso entre exhaustividad del análisis y operatividad del mismo: el operador deberá escoger aquellas sustancias susceptibles de ocasionar un daño medioambiental relevante, ya sea por las cantidades en las que se encuentren en la instalación y/o por la peligrosidad de la sustancia.

El Índice de Daño Medioambiental (IDM), desarrollado en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, define unos tipos de agentes causantes del daño que pueden ayudar al operador a alcanzar el mencionado compromiso entre exhaustividad y operatividad del análisis: por ejemplo, el operador podría seleccionar el depósito de mayor tamaño que contenga cualquier sustancia que pueda clasificarse como fuel o Compuesto Orgánico No Volátil en una zona determinada, evitando realizar el análisis para cada sustancia particular presente en la zona que tuviera estas características. Para obtener más detalles sobre el procedimiento de aplicación del IDM, se remite al analista al apartado IX.1. *Estimación de la gravedad de las consecuencias medioambientales mediante el IDM* del presente MIRAT.

2. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a incendios

Como se demuestra en la identificación de fuentes de peligro realizada en el epígrafe VIII.1 del presente MIRAT, las instalaciones del sector porcino disponen o pueden disponer de sustancias (gasóleos, aceites, etc.) o equipos (transformadores, generadores, etc.) susceptibles de generar un incendio o explosión. La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental excluye a la atmósfera como recurso natural susceptible de ser afectado por un daño medioambiental, por lo que únicamente en las siguientes circunstancias, no excluyentes entre sí, el incendio o explosión podrían generar un daño medioambiental:

- Cuando el incendio o explosión trasciende los límites de la instalación y afecta a recursos naturales próximos. Las granjas de cerdos se ubican en ambientes rurales, en ocasiones próximas a masas forestales, por lo que es necesario contemplar la posibilidad de que un incendio afecte a recursos naturales del entorno (fundamentalmente, hábitats y/o especies). En este sentido, la ubicación de la instalación y las características del entorno influyen de forma determinante tanto en la susceptibilidad de que este escenario se produzca como, una vez producido, en la superficie afectada por el mismo. Finalmente, y como apunte relevante en el presente apartado del MIRAT, en el caso de los escenarios de incendio no resulta necesario estimar la cantidad de agente causante del daño liberada sino la cantidad de recurso natural afectado (superficie y/o del número de individuos).
- Cuando, independientemente de que el incendio se extienda fuera de los límites de la instalación y afecte a recursos naturales próximos, la extinción del incendio precisa de medios (aguas de extinción) que interaccionen con sustancias presentes en la instalación y se genere un daño medioambiental, ya sea por mezcla (en el caso de las sustancias solubles en agua) o por arrastre (cuando se trata de sustancias no solubles en agua).

La naturaleza de la sustancia involucrada en un escenario de incendio a partir de las aguas de extinción tiene una incidencia clave en la consideración de la cantidad de agente causante del daño liberada. Si la sustancia no es soluble en agua, la cantidad de agente causante del daño liberada se estimará siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de vertido o derrame (capacidad del depósito y porcentaje medio de llenado): las aguas de extinción en este caso actúan únicamente como vector de la contaminación, arrastrando la sustancia contaminante hacia los recursos naturales. No obstante, el operador, siguiendo un criterio de prudencia, podrá estimar la cantidad de agente causante del daño en el caso de una sustancia no soluble siguiendo el procedimiento que se indica en las páginas siguientes.

En el caso de que la sustancia involucrada en el incidente sea soluble en agua, la estimación de la cantidad de agente causante del daño liberada deberá tener en cuenta los medios de

extinción empleados (aguas de extinción), teniendo en cuenta tanto los medios de extinción propios (BIE, hidrantes, etc.) y, en su caso, los medios de extinción externos (servicio de bomberos).

En el presente MIRAT se proponen distintas metodologías para estimar las aguas de extinción generadas en un escenario de incendio. Para la aplicación de una u otra metodología, habrán de tenerse en cuenta las características de la instalación (existencia de edificios o naves o no) y la disponibilidad o no de datos sobre los medios de extinción propios disponibles.

A continuación se describen las metodologías propuestas en el marco del presente MIRAT para el cálculo de las aguas de extinción, siguiendo para ello el siguiente esquema:

1. La instalación dispone de naves o edificios en los cuales se desarrolla la actividad, pudiéndose confinar el fuego en una zona sin verse afectada el resto de la instalación. En este caso, el MIRAT propone emplear la metodología propuesta por Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile (2001).
2. La instalación desarrolla su actividad al aire libre (no existen edificios ni naves) y se dispone de datos sobre caudales y capacidades de las medidas de extinción.
3. La instalación desarrolla su actividad al aire libre (no existen edificios ni naves) y no se dispone de datos sobre caudales y capacidades de las medidas de extinción.

I. Existencia de naves o edificios que permitan separar la instalación en sectores

La metodología propuesta por Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile (2001) permite estimar tanto los medios de extinción de la lucha exterior (servicio de bomberos) como los de la lucha interior (BIE, hidrantes, etc.). Su aplicación se limita al caso de instalaciones con naves o edificios, permitiendo dicha disposición que un incendio aparezca en un sector o zona y pueda confinarse en el mismo.

Esta metodología estima de forma independiente los medios empleados para la lucha exterior y para la lucha interior, integrando posteriormente ambas estimaciones en una sola y, por tanto, permitiendo estimar las aguas de extinción contaminadas generadas por el incendio.

A. Cálculo del volumen de agua necesario para lucha exterior (V_{LE})

El cálculo de los medios de extinción empleados para la lucha exterior según esta metodología se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$Q_i = 30 \times \frac{S \times (1 + \sum \text{coeficientes})}{500} \quad \text{[Ec.2]}$$

Donde:

Q_i , es el caudal intermedio (m^3/h)

S , es la superficie de referencia (m^2)

coeficientes, son los coeficientes seleccionados de entre los valores proporcionados por las Tablas 10, 11 y 12 en función de las características de la zona donde surge el incendio.

En las siguientes Tablas 10, 11 y 12 se recogen los coeficientes a emplear en la Ec.2, en función de características de la instalación como altura de los depósitos de almacenamiento, tipo de construcción de la instalación y tipo de intervención interna.

Altura máxima de almacenamiento	Coeficientes
Hasta 3 m	0
Hasta 8 m	0,1
Hasta 12 m	0,2
> 12 m	0,5

En ausencia de datos precisos, la altura máxima de almacenamiento puede asimilarse a la altura del edificio menos un metro.

Tabla 10. Coeficientes según las categorías de altura de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civil (2001)

Tipo de construcción	Coeficientes
Armazón estable ante el fuego $\geq 1\text{h}$ ($>\text{RF-60}$)	-0,1
Armazón estable ante el fuego ≥ 30 mins (RF-30 - RF-60)	0
Armazón estable ante el fuego < 30 mins ($<\text{RF-30}$)	0,1

Tabla 11. Coeficientes según las categorías de tipo de construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civil (2001)

Tipo de intervenciones internas	Coefficientes
Recepción 24h/24	-0,1
Detectores de incendios generalizados conectados 24h/24 a vigilancia o a un puesto de seguridad	-0,1
Servicio propio de seguridad antiincendio 24h/24	-0,3
Ninguno de los anteriores	0

Tabla 12. Coeficientes según las categorías de intervención interna. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civil (2001)

Con la aplicación de la Ec.2, con los correspondientes coeficientes de las Tablas 10, 11 y 12, se estima el denominado caudal intermedio (Q_i), a partir del cual se procede a la estimación de las necesidades de agua para la extinción en la zona de incendio. Este caudal intermedio se pondera posteriormente en función del nivel de riesgo intrínseco de la instalación, según los coeficientes recogidos en la Tabla 13. El nivel de riesgo intrínseco de la instalación (NRI) puede estimarse a partir de los datos proporcionados por Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE) o de la Evaluación de Riesgos de Incendio o Explosión (EVRIE) de la instalación o recurrir a la calculadora NRI disponible en la página web del Ministerio de Empleo y Seguridad Social⁶.

Categoría de riesgo	Coefficientes
Riesgo 1 (NRI bajo)	$Q_1 = Q_i \times 1$
Riesgo 2 (NRI medio)	$Q_2 = Q_i \times 1,5$
Riesgo 3 (NRI alto)	$Q_3 = Q_i \times 2$

Tabla 13. Coeficientes según las categorías de riesgo de incendio. Fuente: Elaboración propia a partir de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civil (2001)

En última instancia, el caudal estimado hasta ahora puede reducirse a la mitad si la instalación cumple las siguientes condiciones:

- a) La planta posee una protección autónoma, completa y dimensionada adecuadamente.
- b) La instalación contra incendios se revisa y mantiene regularmente.
- c) La planta se encuentra en servicio permanentemente.

⁶<http://calculadores.insht.es/SeguridadcontraIncendios/Introducci%C3%B3n.aspx>

Por último, y desde el momento en el que esta metodología da como resultado un caudal (en m³/h), es necesario establecer una duración estimada del incendio para conocer finalmente la cantidad de agua requerida para la lucha exterior; la duración del incendio se establecerá de forma debidamente justificada.

B. Cálculo del volumen de agua necesario para lucha interior (V_{LI})

El cálculo de la cantidad de agua necesaria para extinguir un incendio mediante los medios propios de la instalación requiere conocer los equipos de extinción disponibles en la instalación —rociadores, bocas de incendio equipadas (BIE) e hidrantes—.

La naturaleza de la actividad que desarrolla el sector porcino hace improbable que las instalaciones dispongan de este tipo de equipos; el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales y su predecesor actualmente derogado (Real Decreto 786/2001, de 6 de julio), que se utiliza como referencia en páginas siguientes, no sería de obligado cumplimiento para las instalaciones del sector porcino. En cualquier caso, en el presente MIRAT se describe el procedimiento de cálculo del volumen de agua para lucha interior, con el fin de cubrir la circunstancia de que algún operador dispusiera de este tipo de equipos en su instalación.

Como se comentado anteriormente, el presente MIRAT incluye como equipos de extinción para la lucha interior los rociadores, las BIE y los hidrantes:

- a) **Rociadores.** Para este equipo, se ha estimado un caudal de 10 litros por minuto y metro cuadrado y una autonomía de 90 minutos, tal y como se deriva de la publicación “Indicaciones Básicas para el Diseño y Construcción de la Protección contra Incendios en Edificios Civiles e Industriales”⁷.
- b) **Bocas de incendio equipadas (BIE).** La normativa citada anteriormente establece, en función del Nivel de Riesgo Intrínseco de la instalación, unos parámetros de caudal, autonomía y reserva que permiten estimar la cantidad de agua dedicada a la extinción de un incendio mediante estos equipos. La Tabla 14 recoge estos parámetros.

⁷Disponible en Internet en la dirección: <http://es.scribd.com/doc/100843554/12960125-Nfpalos-Sistemas-de-Proteccion-Activa-Contra-Incendios>

NRI	Tipo de BIE	Simultaneidad	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Reserva (m ³)
RB	DN 25 mm	2	60	96	5,76
RM	DN 45 mm	2	60	198	11,88
RA	DN 45 mm	3	90	198	17,82
RB: RIESGO BAJO / RM: RIESGO MEDIO / RA: RIESGO ALTO					

Tabla 14. Caudales de agua en función del tipo de diámetro nominal de las BIE (DN).

Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 2267/2004

- c) **Hidrantes.** Para este tipo de equipos, se establecen unos caudales y autonomía en función de la configuración física de la instalación, que según la normativa se configura en cinco grandes tipos de establecimientos (A, B, C, D o E):
- Establecimientos industriales ubicados en un edificio:
 - **Tipo A:** el establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial o de otros usos.
 - **Tipo B:** el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
 - **Tipo C:** el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.
 - Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:
 - **Tipo D:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de las fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.
 - **Tipo E:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

La Tabla 15 recoge los caudales y autonomía de los hidrantes en función de la configuración del equipo y de su Nivel de Riesgo Intrínseco (NRI).

Configuración del establecimiento	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	RB		RM		RA	
	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)
A	500	30	1.000	60	-	-
B	500	30	1.000	60	1.000	90
C	500	30	1.500	60	2.000	90
D y E	1.000	30	2.000	60	3.000	90

Tabla 15. Caudales de agua en hidrantes en función del tipo de instalación. Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 2267/2004.

En el caso de que la instalación disponga de una combinación de estos equipos (rociadores, BIE e hidrantes), las reservas de agua necesarias para su funcionamiento y, con ello, la cantidad de agua necesaria para la extinción del incendio, no se corresponde necesariamente con la suma de la reserva de agua necesaria para cada uno de los equipos. En concreto:

- a) Si la instalación dispone de un sistema de BIE y otro de hidrantes:
 - a. Edificios con plantas únicamente a nivel rasante. Se toma como volumen la reserva de agua necesaria para el sistema de hidrantes.
 - b. Edificios con plantas sobre rasante. El volumen de agua que se toma es la suma del volumen requerido para las BIE y para el sistema de hidrantes.
- b) Si la instalación dispone de un sistema de BIE y otro de rociadores automáticos, se toma como volumen la reserva de agua necesaria para rociadores automáticos.
- c) Si la instalación dispone de los tres sistemas (BIE, de hidrantes y de rociadores automáticos), se toma como volumen el 50 por ciento requerido para hidrantes sumado a la reserva necesaria para los rociadores automáticos.
- d) Si la instalación dispone de un sistema de hidrantes y otro de rociadores automáticos, el volumen de agua que se toma es la reserva mínima exigible del sistema que requiera la mayor reserva de agua.

En todo caso, en aquellas instalaciones que no dispongan de estos equipos (contando, por ejemplo, únicamente con extintores de accionamiento manual), el operador, en el análisis de riesgos de su instalación, puede declarar de forma justificada que el volumen de agua para la lucha interior del incendio no resulta relevante para el análisis de riesgos medioambientales.

C. Cálculo del volumen de sustancias contaminantes arrastradas (V_{sust})

El interés de tener en consideración las aguas de extinción para un análisis de riesgos medioambientales radica en la posibilidad de que éstas puedan arrastrar o mezclarse con sustancias contaminantes presentes en la instalación y, con ello, puedan generar un daño medioambiental. Con el fin de situar al análisis de riesgos medioambientales del lado de la prudencia, se propone incluir esta circunstancia en el análisis de riesgos medioambientales y, por ello, se toma en consideración en el presente MIRAT.

Para determinar qué sustancia se vería involucrada por un incendio y movilizada por las aguas de extinción, el operador ha de tener en cuenta en primer lugar las sustancias presentes en la zona donde se declara el incendio o, en su caso, las sustancias ubicadas suficientemente próximas como para verse afectadas por las condiciones generadas en la instalación por el incendio; si el operador considera que no existen sustancias contaminantes susceptibles de verse involucradas por un incendio en determinada zona de la instalación, deberá indicar expresamente en el análisis de riesgos medioambientales esta circunstancia y justificarla debidamente. Finalmente, en el caso de que existan varias sustancias que pudieran potencialmente verse involucradas en un incendio por mezcla o arrastre de las aguas de extinción, el operador seleccionará una de ellas atendiendo a criterios debidamente justificados, como la sustancia contaminante más abundante en la zona o la sustancia contaminante más tóxica presente en la misma zona.

Una vez seleccionada la sustancia involucrada en el incendio a través de las aguas de extinción, el operador deberá seleccionar la cantidad de la misma que se verá comprometida. Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile (2001) propone una cantidad del 20% del volumen máximo de la sustancia de referencia (es decir, de la sustancia seleccionada atendiendo a los criterios establecidos en el párrafo anterior).

D. Cálculo del volumen total de aguas de extinción (V_j)

Con toda la información generada en los apartados anteriores, el cálculo de la cantidad de agua de extinción contaminada que puede generarse en un escenario de incendio y, por ello, producir un daño a los recursos naturales se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$V_I = (V_{LE} + V_{LI}) \times Fm + 0,2 \times V_{sust} \quad \text{[Ec.3]}$$

Donde:

V_I , es el volumen de agua de extinción que resultaría contaminado, representando por ello un agente causante del daño (m^3)

V_{LE} , es el valor del volumen de agua calculado para la lucha exterior (m^3)

V_{LI} , es el volumen de agua calculado para la lucha interior (m^3)

Fm , es el coeficiente que introduce en el modelo, a modo de porcentaje, la posibilidad de que no se contamine la totalidad del agua empleada en la extinción. Como norma general, este coeficiente podrá establecerse con base en la miscibilidad de la sustancia que potencialmente podría contaminar el agua, dato que puede obtenerse, generalmente, de la ficha de seguridad de la sustancia; este porcentaje es el resultado del cociente entre la solubilidad de la sustancia y la densidad de la misma. En caso de no disponer de estos datos, en el marco del presente MIRAT se propone emplear por defecto un valor del 30%, siguiendo la Guía Metodológica para determinadas actividades de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos publicada por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM, 2015), disponible en la página web del Ministerio para la Transición Ecológica⁸.

V_{sust} , es el volumen de la sustancia química de referencia (aquella de mayor volumen, de mayor peligrosidad, etc.) presente en la zona afectada por el incendio (m^3)

El factor Fm introduce en la ecuación la solubilidad de la sustancia comprometida por las aguas de extinción en el cálculo de las aguas de extinción contaminadas. Cuando la sustancia sea insoluble en agua, este factor será igual a 0, quedando anuladas de esta forma como agente causante del daño las aguas de extinción generadas tanto por la lucha exterior como por la lucha interior; en este caso, la cantidad de agente causante del daño será únicamente la cantidad de sustancia contaminante involucrada en el incendio: es decir, siguiendo el criterio de Institut National D'Etudes de la Sécurité Civile (2001), un 20% (el coeficiente 0,2 del segundo término de la ecuación) del volumen máximo de la sustancia de referencia. En este caso, las aguas de extinción únicamente participan en la generación del daño medioambiental como vehículo de arrastre de la sustancia contaminante hacia los recursos naturales.

Por último, la Ec.3 implica que, del total de las aguas de extinción generadas para sofocar el incendio, únicamente se verán contaminadas Fm por la sustancia de referencia un porcentaje expresado por el factor. Además, únicamente el 20% de la cantidad de sustancia de referencia presente o próxima a la zona del incendio se vería comprometida por las aguas de extinción.

II. Inexistencia de naves o edificios pero sí de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción

⁸<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-medioambiental/analisis-de-riesgos-sectoriales/herramientas.aspx>

Como se ha comentado anteriormente, la metodología descrita en páginas previas únicamente puede ser utilizada si la instalación objeto de análisis tiene naves o edificios. En caso contrario, es necesario aplicar metodologías diferentes.

En el caso de que la instalación no disponga de naves o edificios, pero sí de datos sobre caudales y capacidades de las medidas de extinción disponibles en la instalación, el análisis de riesgos medioambientales podrá recurrir a estos datos para estimar la cantidad de aguas de extinción generadas en caso de incendio. De forma similar, si la instalación dispone de un tanque de aguas para la protección contra incendios, y ésta es la única fuente de suministro para ello, puede emplearse el volumen medio de llenado del mismo para el cálculo de las aguas de extinción.

Una vez estimadas las aguas de extinción generadas en caso de incendio atendiendo a la información sobre caudales y capacidades de las medidas de extinción disponibles por la instalación, el operador puede aplicar la Ec.3, sustituyendo V_{LEY} /o V_{LI} por estas estimaciones. De esta forma, es posible introducir en el análisis la posibilidad de que únicamente una proporción de la sustancia de referencia llegue a contaminar las aguas de extinción (el factor 0,2 de Ec.3) o de que únicamente una fracción de las aguas de extinción generadas acaben contaminadas (el factor F_m de la misma ecuación).

III. Inexistencia de naves o edificios y de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción

Por último, en el caso de que la instalación no se disponga en naves o edificios (o de que éstos no puedan cumplir la función de contención del fuego) y de que no exista información sobre caudales y capacidades de las medidas de extinción, el presente MIRAT propone apoyarse en las Notas Técnicas de Prevención (NTP) publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para el cálculo de las aguas de extinción.

En este sentido, la *NTP 420: Instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios* proporciona al analista unos criterios para el cálculo de las aguas de extinción generadas en un incendio:

1. En primer lugar, los manuales y guías generales proponen un caudal mínimo de extinción de entre 4 y 20 litros/min/m² (expresado por m² del área de la superficie proyectada). En el presente MIRAT se propone el empleo del caudal de 20 litros/min/m² siguiendo el criterio de precaución que debe gobernar la elaboración de un análisis de riesgos medioambientales.
2. En segundo lugar, la NTP propone una duración del incendio en función del tipo de incendio, según lo indicado en la Tabla 16.

Duración del incendio (minutos)	
Categoría I	<10
Categoría II	15-60
Categoría III	>60

Tabla 16. Categorías de incendios en función de su duración. Fuente: Elaboración propia a partir de NTP 420 (INSHT)

Atendiendo a los sucesos iniciadores identificados en capítulos anteriores del presente MIRAT para el sector porcino, los incendios más comunes en el sector serían los incendios generados en tanques o por fugas de líquido; en estos casos, la NTP los considera incendios de categoría III, por lo que la duración del incendio considerada en el análisis de riesgos medioambientales debería ser superior a una hora.

En definitiva, el volumen de aguas de extinción generado puede estimarse a través del producto de los siguientes tres parámetros:

- Caudal de referencia (20 l/minuto/m² o 0,02 m³/minuto/m²).
- Tiempo medio estimado de duración del incendio (minutos).
- Superficie de la instalación o de cada zona de riesgo (m²).

De nuevo, una vez estimada la cantidad de aguas de extinción generadas, el operador podrá introducir en el análisis la cantidad de aguas de extinción contaminadas por la sustancia de referencia y la cantidad de sustancia de referencia involucrada en el incendio. En definitiva, una vez estimada la cantidad de aguas de extinción, el analista puede aplicar la Ec.3, cuyo coeficiente 0,2 establece que el 20% del volumen de la sustancia de referencia se vería comprometida por las aguas de extinción y el factor Fm (relativo a la solubilidad de la sustancia) informa de la cantidad de aguas de extinción que se verían afectadas por la sustancia de referencia.

3. Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a los depósitos o balsas de purines

De acuerdo con lo identificado en el presente MIRAT, el almacenamiento de purines lleva asociado cuatro sucesos básicos que se agrupan finalmente en tres sucesos iniciadores: rotura catastrófica (S.P.1), rebosamiento (S.P.2) y fallo de la impermeabilización (S.P.3o4). La cantidad de agente causante del daño liberada en cada uno de estos sucesos iniciadores se estimará atendiendo a criterios diferenciados para cada uno de ellos.

I. Rotura catastrófica del depósito o balsa de purines

La rotura catastrófica del depósito o balsa de purines llevará consigo la liberación de un volumen importante de los purines almacenados. El operador, en el marco del presente MIRAT, deberá estimar en primer lugar la cantidad de purines liberados teniendo en cuenta el volumen de purines que se encuentra por encima de la cota del terreno; la Figura 3 ilustra este criterio, que es desarrollado de forma más extensa en el capítulo II del Anexo VI del presente MIRAT.

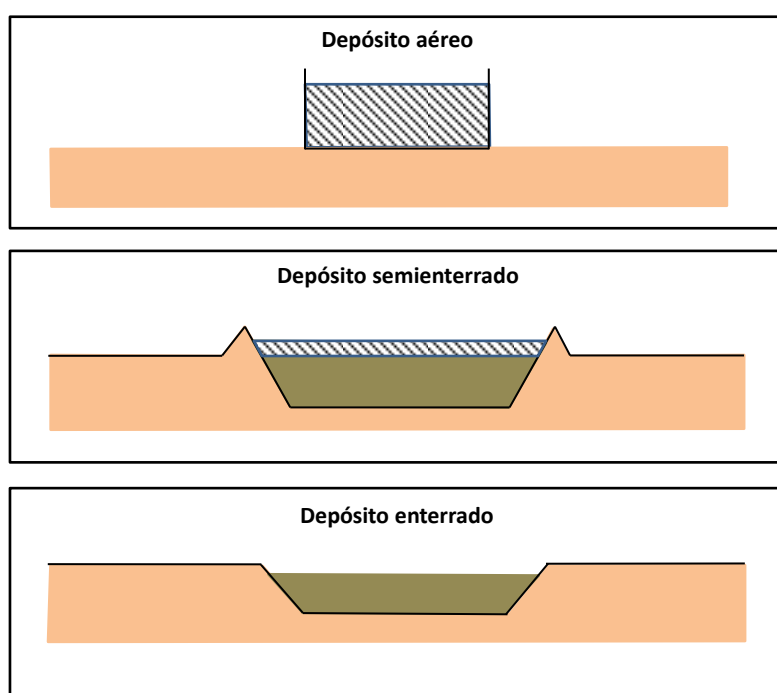


Figura 3. Tipos de depósitos o balsas de purines y relación con el volumen vertido en caso de rotura catastrófica. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, el operador deberá identificar la cantidad de agente causante del daño que afectará a cada uno de los recursos naturales afectados por la liberación de los purines (básicamente, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelo y especies).

En el capítulo III del Anexo VI del MIRAT se propone una metodología para identificar los recursos naturales potencialmente dañados por la liberación de purines desde los equipos de almacenamiento de los mismos: en el capítulo III.1 del Anexo VI del MIRAT, se desarrolla una propuesta metodológica para estimar la proporción de vertido que podría alcanzar un cauce próximo y el que finalmente acabaría percolando en el suelo (y afectando potencialmente a las aguas subterráneas) en el caso del vertido masivo de purines (rotura catastrófica del depósito o balsa de purines). De forma adicional, esta propuesta metodológica se ilustra mediante un caso práctico.

A modo de resumen, y teniendo en cuenta que las siguientes consideraciones se encuentran desarrolladas de forma más extensa en el Anexo VI del MIRAT, pueden plantearse los siguientes escenarios de afección a los recursos naturales:

- **Afección al suelo y/o a las aguas subterráneas.** La ausencia de cauces próximos a la instalación o, aunque exista en las proximidades una masa de agua superficial, una orografía que no permita la escorrentía de los purines hacia dicha masa de agua, permitirá descartar la afección a las aguas superficiales y limitar el hipotético daño, en primera instancia, al recurso suelo. En este caso, la cantidad de agente causante del daño al suelo se estimará a partir de la cantidad de materia seca que contiene el purín liberado (si el purín liberado tiene un porcentaje de materia seca del 3,5%, la cantidad de agente causante del daño que afecta al suelo será un 3,5% del volumen de purines liberados desde el depósito o balsa).

Por otra parte, y únicamente en el caso de que exista una masa de agua subterránea susceptible de verse afectada por un vertido de purines, el operador deberá contemplar el daño adicional a las aguas subterráneas; la cantidad de agente causante del daño que podría afectar a las aguas subterráneas se correspondería, aplicando un criterio de prudencia, con la fracción líquida del vertido (es decir, el 96,5% del volumen de purines liberado desde el depósito o balsa).

- **Afección al suelo y/o a las aguas subterráneas y a las aguas superficiales.** La proximidad de cauces al depósito o balsa de purines y una orografía favorable a que el vertido de purines alcance el cauce por gravedad (barrancos o vaguadas que encaucen el vertido a la masa de agua superficial) provocará que el análisis de riesgos tenga que contemplar la afección a las aguas superficiales. En este caso, el operador deberá estimar qué volumen del vertido alcanza el cauce y qué porcentaje afectaría al suelo; para ello, el presente MIRAT propone en el capítulo II del Anexo VI una metodología para determinar, en función de determinadas características del terreno (pendiente, rugosidad, etc.) y del vertido (caudal), la distribución del vertido entre lo que acabaría infiltrándose en el suelo y lo que, por escorrentía, alcanzaría el cauce.

De forma similar a lo indicado anteriormente en el caso de afección al suelo y/o a las aguas subterráneas, del volumen que no alcanzaría el cauce resultaría necesario diferenciar entre lo que acabaría afectando al recurso suelo (materia seca del purín) y lo que, en su caso, podría llegar a afectar a las aguas subterráneas.

II. Rebosamiento del depósito o balsa de purines

El suceso iniciador de rebosamiento del depósito o balsa de purines por un episodio de lluvia intensa, pero en ningún caso de carácter excepcional, ha sido desarrollado de forma extensa en el Anexo III del presente MIRAT.

La cantidad de agente causante del daño liberado por este tipo de episodio dependerá de las dimensiones del depósito o balsa de almacenamiento (y siempre que éste no esté completamente cubierto), del régimen de precipitaciones de la zona (en el Anexo III se expone la metodología propuesta para estimar la cantidad de precipitación según la ubicación de la instalación) y de la gestión que el operador realice del almacenamiento de purines (básicamente, que la gestión provoque que en determinados momentos el nivel del purín almacenado se encuentre muy próximo a la capacidad máxima del depósito o balsa). Estos tres parámetros se relacionan con el volumen de purín derramado para este suceso iniciador atendiendo a la siguiente ecuación:

$$V = S * (P_{M\acute{A}X} - h) \quad \text{[Ec.4]}$$

Donde:

V , es el volumen de purín derramado (m^3)

S , es la superficie del depósito o balsa de almacenamiento de purines (m^2)

$P_{M\acute{A}X}$, es la precipitación total para una duración de la lluvia y un período de retorno determinado (m)

h , es la altura entre el nivel de almacenamiento de purines y el borde del depósito o balsa (m)

La distribución del vertido entre suelo, aguas superficiales y aguas subterráneas seguirá los mismos criterios que los indicados en el caso del suceso iniciador de rotura catastrófica del depósito o balsa de purines: la proximidad o no a cauces y una orografía favorable a que el vertido alcance dicho recurso natural y/o la proximidad del nivel freático a la superficie del suelo.

III. Fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines

Este suceso iniciador ocasionará la fuga del purín desde el depósito o balsa de purines a través del subsuelo. La complejidad del comportamiento en el subsuelo de un contaminante como el purín exige, especialmente en el contexto de un análisis de riesgos medioambientales, realizar una serie de simplificaciones.

Para ello, se ha consultado bibliografía sobre fugas en infraestructuras de almacenaje de estiércol y purines: en caso de fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines, existe un consenso generalizado respecto a la capacidad del purín de sellar, al menos de forma muy significativa, la fuga (Culley y Phillips, 1982; Barrington *et al.*, 1987a y b; Fleming *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 1999). Según estas mismas fuentes, el sellado se produce especialmente

mediante procesos físicos, básicamente por el rellenado de los poros del suelo por los sólidos del purín. Este sellado se produce en los primeros centímetros de contacto entre el purín y el suelo y no llega a ser una total impermeabilización: la bibliografía informa sobre una tasa de infiltración de $8,64E-05$ m/día (Barrington *et al.*, 1987b) o 3,15 cm/año.

La tasa de infiltración es una medida del flujo de agua que penetra en el suelo por unidad de tiempo. Se suele medir en unidades de longitud por tiempo, lo que indica cuánto desciende la columna de líquido por unidad de tiempo. La traducción de esta medida a caudal que ingresa en el suelo (y, con ello, caudal de fuga y, por extensión, cantidad fugada) exige conocer la superficie a partir de la cual se produce la infiltración; es decir, en términos de fallo en la impermeabilización de la balsa de purines, es necesario estimar la superficie de la balsa que ha perdido la impermeabilización y, por ello, permite el ingreso del purín en el suelo.

Por último, es necesario estimar el tiempo en el que la fuga será detectada, el operador corrija el fallo de la impermeabilización y detenga la fuga de purines hacia el suelo. Este tiempo de detección dependerá de la presencia o no de sistemas de detección de fugas y/o del modelo de gestión que el operador realice de su depósito o balsa de purines (cada cuánto tiempo se vacía el depósito o balsa de purines para su limpieza, por ejemplo).

Una vez estimado la superficie de fuga y el tiempo de detección, el cálculo de la cantidad de purín liberada al medio ambiente se calculará aplicando la siguiente ecuación:

$$V = i * S * t \quad \text{[Ec.5]}$$

Donde:

V, es el volumen de purín liberado (m^3)

i, es la tasa de infiltración ($8,64E-05$ m/día)

S, es la superficie de fuga desde el depósito o balsa de almacenamiento de purines (m^2)

t, es el tiempo de detección de la fuga (día)

En el capítulo III.2 del Anexo VI del MIRAT, además de recogerse de nuevo la argumentación anterior respecto a los efectos de un fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines, se ilustra un caso práctico cuyo resultado permite descartar una posible afección a las aguas subterráneas; por su parte, en el capítulo IV.2.2 del mismo Anexo VI se desarrolla un caso práctico en el que sí que se produce una afección a las aguas subterráneas por fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines.

VIII.5.2. Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales

El volumen de agente causante del daño del escenario accidental puede ser distinto al volumen de agente causante del daño liberado en el suceso iniciador. Esto se debe a los factores condicionantes (por lo general, medidas preventivas y/o de evitación de nuevos daños presentes en la instalación) que pueden anular, reducir o aumentar la cantidad de agente causante del daño que finalmente alcanza los recursos naturales. Por ejemplo, un factor que podría disminuir la cantidad de agente derramada sería un cubeto de contención; por otro lado, un factor que haría aumentar la cantidad liberada sería el empleo de un elevado volumen de aguas de extinción para apagar un incendio que podrían arrastrar a su vez sustancias contaminantes.

La descripción de los factores condicionantes y sus efectos sobre la cantidad de agente causante del daño en función del tipo del árbol de sucesos en el que actúen se expone en los siguientes epígrafes.

1. Árbol de sucesos de tipo 1: Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de derrames de sustancias líquidas

Los factores condicionantes considerados en el marco del presente MIRAT en el caso de derrames o vertidos de sustancias líquidas hacen referencia a distintos equipos o actuaciones destinados a la contención de dicho vertido: contención automática, contención manual y gestión de aguas y derrames.

a) Contención automática.

Hace referencia a la instalación de sistemas de contención automática y pasiva (cubetos de contención, válvulas de emergencia, compuertas de emergencia, etc.). Estos equipos permiten reducir la cantidad de agente causante del daño liberada incluso en el caso de que, por distintas circunstancias, no actúen adecuadamente.

En caso de éxito de la medida de contención, estos dispositivos reducirán la cantidad de agente causante del daño tanto como la capacidad de retención para la que fueron diseñados. A modo de ejemplo, si el suceso iniciador llevara aparejado un derrame de 10 m³ de sustancias tóxicas y, conforme con las probabilidades de éxito recogidas en el MIRAT, se considera que existe un cubeto que actúa de forma eficaz reteniendo 9 m³, únicamente 1 m³ sería susceptible de causar daños a los recursos naturales.

Por otro lado, se considera que, incluso en el caso de que estos equipos no funcionen de forma adecuada, los mismos podrían llegar a reducir en cierta medida la cantidad de agente causante del daño (un cubeto de retención en mal estado puede no poder contener todo el vertido que recibe, pero es realista considerar que sí que podrá contener cierto volumen del vertido recibido). El presente MIRAT propone adoptar un valor conservador de este porcentaje mínimo

de retención que no supere salvo causas justificadas el 10% de la capacidad total del equipo de retención.

b) Contención manual.

La contención del vertido por parte de un operario de la instalación podrá también, en caso de éxito, reducir el volumen de agente causante del daño en la cantidad para la que los sistemas disponibles fueron diseñados. En caso de no disponerse de este dato, el analista deberá fijar un valor de forma justificada y, atendiendo en todo caso al principio de precaución, adoptar una decisión conservadora. Pueden tratarse, entre otros, de mantas absorbentes o materiales absorbentes como sepiolita.

Por otro lado, la posibilidad de que incluso en el caso de que la contención no tenga éxito pueda llegar a reducirse la cantidad de agente causante del daño dependerá de la presencia continua o no de personal en el lugar donde se produce el vertido o derrame.

Cuando exista presencia continua de personal en la zona donde se produce el vertido, se acepta que, incluso en caso de accionamiento ineficiente, pueda llegar a reducirse la cantidad de agente causante del daño de la misma forma que en el caso de la contención automática. Igualmente, se aplicará el mismo criterio a la hora de definir la capacidad de retención mínima: inferior al 10% de la capacidad de retención de los equipos empleados.

Sin embargo, en los casos que no exista presencia continua de personal, el fracaso de las medidas de contención manual no supondrá ninguna reducción de la cantidad de agente causante del daño.

c) Gestión de aguas y derrames

El tratamiento dado en el MIRAT a la gestión de aguas y derrames será función de si la misma es de tipo automático o pasivo o, si por el contrario, la misma se acciona manualmente.

- Si el sistema se acciona de forma automática o es de tipo pasivo se atenderá a los criterios expuestos anteriormente para los sistemas de contención automática.
- Si la gestión de aguas y derrames se activa de forma manual se deberá atender a lo indicado para los sistemas de contención manual.

2. Árbol de sucesos de tipo 2: Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de incendio

En caso de incendios (árbol de tipo 2) el presente MIRAT ha considerado que intervendrá como factor condicionante, en primer lugar, el sistema de detección y extinción de incendios (ya sea manual, mixto o automático) y su capacidad de apagar el incendio de forma temprana sin causar daños relevantes. Si esta extinción temprana fracasa, se considera que serán necesarios volúmenes de agua relativamente elevados para extinguir el incendio dando lugar a un posible derrame de aguas de extinción. En ese caso entra en juego el factor condicionante “gestión de aguas y derrames”, que pueda retener las aguas de extinción que pudieran haberse

contaminado con sustancias presentes en la instalación evitando así su vertido a los recursos naturales.

a) *Detección y extinción temprana de incendios*

Este apartado considera los distintos sistemas de extinción que podría tener una instalación para evitar que el incendio quede en conato y no suponga daños en el medio ambiente. Tal y como se detalla en el Anexo V, los sistemas considerados en este MIRAT son los sistemas de detección automáticos, manuales y mixtos y los sistemas de extinción con rociadores de agua, rociadores de agua y espuma, con gases y los sistemas de extinción manuales.

En caso de éxito de la detección y extinción temprana del fuego, el presente MIRAT considera que los medios de extinción empleados evitan la generación de aguas de extinción y, con ello, la generación de ninguna cantidad de agente causante del daño: el escenario accidental se define como un incidente sin repercusiones medioambientales.

Sin embargo, cuando se considere el fallo de estos equipos se propone prever la generación de un volumen relevante de aguas de extinción que podrá constituirse en un agente causante del daño debido al arrastre de sustancias químicas bien en suspensión o bien en disolución.

b) *Gestión de aguas y derrames*

Tras la generación de un incendio y el fracaso en su detección y extinción temprana y, con ello, tras la generación de aguas de extinción, la existencia en la instalación de una red de drenaje constituye una medida de prevención básica para evitar la generación de un daño medioambiental. Su consideración en el modelo seguirá las mismas pautas establecidas para este mismo sistema en el caso de sucesos iniciadores de tipo derrame (árbol de suceso tipo 1).

3. *Árbol de sucesos de tipo 3: Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados del vertido de purines por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa*

El depósito o balsa de purines puede tener instalado un sistema de detección de fugas por fallo en la impermeabilización de la estructura. En caso de estar instalado, este sistema permitiría no sólo detectar la existencia de una fuga sino contener la misma y evitar el contacto de los purines con los recursos naturales. Este equipo se asimila a una gestión de aguas y derrames.

a) *Gestión de aguas y derrames*

En caso de que se produzca un fallo en la impermeabilización del depósito o balsa de purines, la existencia de un sistema de detección y contención de fugas se constituye como una medida de prevención de generación de daños medioambientales. Al igual que en el caso de los árboles de sucesos de tipo 2, la gestión de aguas y derrames en estos árboles de sucesos de tipo 3 tendrá en cuenta las mismas consideraciones que las realizadas para este mismo sistema en los árboles de suceso de tipo 1.

IX. PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR Y EVALUAR LA SIGNIFICATIVIDAD DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

IX.1. ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES MEDIANTE EL ÍNDICE DE DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Según las disposiciones del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, dentro del procedimiento para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental, se debe estimar las consecuencias medioambientales asociadas a cada escenario accidental a través de un Índice de Daño Medioambiental (IDM). El IDM es de naturaleza semicuantitativa, permitiendo ordenar los escenarios relevantes de cada instalación en función de sus mayores o menores consecuencias medioambientales previstas (cuanto mayor es el valor del IDM, mayores son las consecuencias medioambientales previstas).

Dicho índice se calcula específicamente para cada escenario aplicando la siguiente ecuación:

$$IDM = \sum_{i=1}^n \left[(Ecf + A \times Ecu \times (B \times \alpha \times Ec) + p \times M_{acc}^q + C \times Ecr) \times (1 + Ecc) \right] + (\beta \times Eca) \quad \text{[Ec.6]}$$

Donde:

IDM, es el Índice de Daño Medioambiental.

Ecf, es el estimador del coste fijo del proyecto de reparación para la combinación agente causante de daño-recurso potencialmente afectado *i*.

A, es el multiplicador del estimador del coste unitario del proyecto de reparación, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan a los costes unitarios (M_{A_i}) para cada combinación agente-recurso *i*. Su fórmula es:

$$A = \prod_{j=1}^l M_{A_j} \quad \text{[Ec.7]}$$

Ecu, es el estimador del coste unitario del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso *i*.

B, es el multiplicador del estimador de cantidad, siendo el resultado de multiplicar los valores de los modificadores que afectan al estimador de cantidad (M_{B_i}) para cada combinación agente-recurso *i*. Su fórmula es:

$$B = \prod_{j=1}^m M_{B_j} \quad \text{[Ec.8]}$$

α , representa la cantidad de agente involucrada en el daño.

Ec, representa la relación entre las unidades de recurso afectadas y las unidades de agente involucradas en el daño para cada combinación agente-recurso *i*.

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 aquellas que implican daños al lecho marino o al lecho de las aguas continentales en las que adopta un valor específico.

C , es el multiplicador del estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación, siendo igual al valor del modificador que afecta al estimador del coste de revisión y control (M_{Cj}) para cada combinación agente-recurso i . Su fórmula es:

$$C = M_{Cj} \quad \text{[Ec.9]}$$

E_{cr} , es el estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso i .

E_{cc} , es el estimador del coste de consultoría del proyecto de reparación, expresado en tanto por uno, para la combinación agente-recurso i .

i , hace referencia a cada una de las combinaciones agente-recurso i consideradas en la tabla de combinaciones agente-recurso del IDM (Cuadro 3).

n , es el número total de combinaciones agente-recurso que el analista considere relevantes para el escenario que esté siendo evaluado.

β , representa la distancia (Dist) desde la zona a reparar a la vía de comunicación más cercana.

E_{ca} , es el estimador del coste de acceso a la zona potencialmente afectada por el daño medioambiental, siendo su valor igual a 6,14.

La identificación de las combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado propias del sector es un aspecto clave de cara al cálculo del IDM. En el Cuadro 3 se han identificado estas combinaciones relevantes dentro del sector porcino, quedando en color gris aquellas otras combinaciones agente-recurso previstas en la normativa pero que, sin embargo, no se consideran relevantes en este sector.

Agente causante de daño		Recurso							
		Agua			Lecho continental y marino	Suelo	Ríbera del mar y de las rías	Especies	
		Marina	Continental					Vegetales	Animales
			Superficial	Subterránea					
Químico	COV halogenados	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 5	Grupo 7	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 16
	COV no halogenados								
	COSV halogenados								
	COSV no halogenados								
	Fueles y CONV								
	Sustancias inorgánicas								
	Explosivos								
Físico	Extracción/Desaparición								
	Vertido de inertes								
	Temperatura								
Biológico	Incendio							Grupo 14	Grupo 19
	OMG								
	Especies exóticas invasoras								
	Virus y bacterias								
	Hongos e insectos								

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

Cuadro 3. Grupos de combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado representativas del sector porcino. Fuente: Elaboración propia a partir del RD2090/2008

Con el fin de garantizar el correcto cálculo del IDM, en la página web del Ministerio para la Transición Ecológica puede encontrarse diversa información de apoyo a los operadores que facilita el cálculo del IDM de cada escenario, entre la cual se recomienda consultar la siguiente:

- Memoria del análisis de impacto normativo abreviada del proyecto de Real Decreto por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre. En esta Memoria se ofrece una descripción y una justificación detallada del IDM así como una serie de indicaciones útiles para la asignación de valores a cada una de las variables de entrada que requiere la ecuación de cálculo del IDM.
- Módulo de cálculo del IDM. Se trata de una aplicación incluida a su vez dentro de la aplicación informática MORA que facilita el valor del IDM una vez que el operador ha introducido los correspondientes parámetros de entrada
- Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM. Se trata de un manual práctico en el que se indica la manera de utilizar el módulo de cálculo del IDM integrado en la aplicación informática MORA. Dentro de la guía resulta especialmente destacable la existencia de un caso práctico ilustrativo en el que se muestra paso a paso la forma de calcular el IDM.

IX.1.1. Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural afectado

Para una correcta identificación de la combinación agente causante del daño-recurso natural afectado, el analista deberá identificar previamente ambos componentes en su análisis:

- El agente causante del daño puede establecerse atendiendo al Cuadro 4, el cual ha sido extraído de la Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM. Por ejemplo, si en el escenario evaluado se asume la fuga de una sustancia química orgánica con un punto de ebullición menor de 100°C y contiene elementos halógenos en su formulación ésta sería catalogada como un COV halogenado.
- Para la identificación de los recursos naturales potencialmente afectados en caso de accidente, el operador deberá tener en cuenta las características del medioambiente que rodea a su instalación, pudiendo acudir para ello al capítulo V del presente MIRAT (Descripción del contexto territorial del sector). En él se identifican algunas fuentes de información para la descripción del medio físico y biótico del entorno de la instalación que permite conocer los recursos naturales que podrían verse afectados.

En este sentido merece la pena recordar que el IDM se calcula para cada uno de los escenarios accidentales que se hayan declarado relevantes en el análisis.

Agente causante de daño	El agente lleva asociado un umbral de toxicidad	El agente no es una sustancia explosiva	Agente orgánico	$P_E < 325\text{ }^\circ\text{C}$	$P_E < 100\text{ }^\circ\text{C}$	El agente contiene elementos halógenos	<i>Daños por COV halogenados</i>
						El agente no contiene elementos halógenos	<i>Daños por COV no halogenados</i>
					$P_E > 100\text{ }^\circ\text{C}$	El agente contiene elementos halógenos	<i>Daños por COSV halogenados</i>
						El agente no contiene elementos halógenos	<i>Daños por COSV no halogenados</i>
				$P_E > 325\text{ }^\circ\text{C}$	Fuel	<i>Daños por fueles</i>	
					Otras sustancias	<i>Daños por compuestos orgánicos no volátiles (CONV)</i>	
		Agente inorgánico	<i>Daños por sustancias inorgánicas</i>				
		El agente es una sustancia explosiva	<i>Daños por sustancias explosivas</i>				
	El agente no lleva asociado un umbral de toxicidad	Agentes físicos	<i>Daños por extracción o desaparición del recurso natural</i>				
			<i>Daños por vertido de inertes</i>				
<i>Daños por incremento de la temperatura</i>							
Incendio		<i>Daños por incendio</i>					
Agentes biológicos		<i>Daños por organismos modificados genéticamente</i>					
		<i>Daños por especies exóticas invasoras</i>					
		<i>Daños por virus y bacterias</i>					
		<i>Daños por hongos e insectos</i>					

Cuadro 4. Esquema de asistencia para la selección del agente causante de daño. PE = Punto de ebullición. Fuente: Guía de usuario del módulo de cálculo del IDM

Cuando los escenarios impliquen el derrame de una mezcla de productos químicos, será el operador el que deba decidir la forma más adecuada de adaptarlos al esquema del Cuadro 4, si

bien la opción elegida debe justificarse adecuadamente. A continuación se detallan algunos de los criterios que habitualmente se plantean en los análisis de riesgos medioambientales, aunque, como se ha comentado, cada operador podrá aplicar aquellos que precise oportuno, siempre que queden justificados adecuadamente:

a) Selección como referencia de una sustancia similar

Propone seleccionar el tipo de sustancia del Cuadro 4 que más se asemeje a la mezcla atendiendo a aspectos como: su comportamiento o potencial difusión (viscosidad, solubilidad en agua, etc.), su toxicidad, el coste de reparación que tendrían los posibles daños medioambientales que podría ocasionar, etc.

b) Selección como referencia de la sustancia más tóxica

Este criterio plantea que la totalidad de la mezcla tiene las propiedades de la sustancia más tóxica presente en la misma. Es una de las opciones más conservadoras ya que, al menos a priori, podría afirmarse que los daños previstos en el análisis serían superiores a los que ocurrirían en un accidente real.

- c) Selección como referencia de la sustancia que podría causar unos daños medioambientales cuyo coste de reparación fuera más elevado

Se trata de otro enfoque conservador que implicaría estimar a priori el coste que tendría la reparación de los daños medioambientales que ocasionarían por separado los diferentes componentes de la mezcla y seleccionar como sustancia de referencia aquella que supondría unos mayores costes. El analista podrá acudir a la herramienta MORA —disponible en la web del MITECO— y hallar los costes de reparación vinculados a cada sustancia.

- d) Asignación a la mezcla de las características más desfavorables de cada uno de sus componentes.

Otra posibilidad consiste en caracterizar la mezcla en su conjunto asignando a cada una de sus características relevantes para el análisis de riesgos el valor dado por el componente más desfavorable. En esta línea, a modo de ejemplo:

- Para definir el punto de ebullición de la mezcla se seleccionaría el punto de ebullición de la sustancia menos volátil que la compone (asumiendo que las sustancias más volátiles, en general, causarían unos menores daños medioambientales dado que la atmósfera no es un recurso natural cubierto por la LRM).
- Para determinar el punto de inflamación de la mezcla se seleccionaría el punto de inflamación de su componente más inflamable.
- Para establecer la biodegradabilidad de la mezcla se seleccionaría la biodegradabilidad de su componente menos biodegradable.
- Para definir la solubilidad de la mezcla se seleccionaría la solubilidad de su componente más soluble (asumiendo que las sustancias más solubles podrían producir daños más extensos).
- Para concretar la toxicidad de la mezcla se seleccionaría la toxicidad de su componente más tóxica.
- Para determinar la viscosidad de la mezcla se seleccionaría la viscosidad de su componente menos viscoso (asumiendo que las sustancias menos viscosas podrían producir daños más extensos).

Esta opción de caracterización de la mezcla arrojaría de nuevos valores conservadores en el análisis de riesgos al asignar a la misma los parámetros más desfavorables de cada uno de sus componentes.

- e) Selección como referencia de la sustancia tóxica que representa un mayor volumen en la mezcla.

Cabe la opción, menos conservadora, de asumir que la totalidad de la mezcla se comportaría como la sustancia tóxica que represente una mayor importancia relativa en su formulación evaluada a través del porcentaje en peso o en volumen.

- f) Selección únicamente de la fracción tóxica de la mezcla.

Por último, existe la posibilidad de considerar que únicamente la fracción contaminante de la mezcla causaría daños medioambientales. Esta opción, al ser la menos conservadora de las presentadas, deberá justificarse debidamente con base en, a modo de ejemplo, la escasa toxicidad de la sustancia evaluada.

En el caso de los purines, es posible su consideración como una mezcla de sustancias. En el Anexo VI del MIRAT se ha propuesto una serie de criterios (y, con ellos, de parámetros para el cálculo del IDM) para guiar al analista en la consideración de los purines para el cálculo del IDM.

En este Anexo VI se argumenta una consideración del purín, a efectos de cálculo del IDM, de forma diferenciada en función del recurso natural al que podría afectar: en el caso de que el vertido alcance al agua continental superficial, al suelo y/o a las especies animales, el purín podría ser considerado como FUEL y Compuesto Orgánico No Volátil; cuando el vertido afecta o puede afectar a las aguas subterráneas, el purín deberá ser considerado como sustancia inorgánica, debido a que dicha afección se manifiesta especialmente a través de la contaminación por nitratos.

A continuación, se desarrollan los distintos coeficientes que intervienen en el cálculo del IDM con indicaciones que facilitan la recopilación de los datos de entrada necesarios para el cálculo de este índice.

IX.1.2. Pautas para la estimación del coeficiente Ecf

El estimador de los costes fijos (Ecf) se encuentra predeterminado en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, para cada una de las combinaciones agente causante del daño-recurso natural afectado.

IX.1.3. Pautas para la estimación del coeficiente A

El coeficiente "A" es el multiplicador del estimador del coste unitario y para su cálculo requiere el conocimiento de los siguientes valores modificadores:

- *Modificador «Densidad de la vegetación».* *Densidad de la vegetación.* La densidad de la vegetación puede ser medida sobre el terreno o, por el contrario, acudiendo a referencias como el Inventario Forestal Nacional y el Mapa Forestal de España.
- *Modificador «ENP».* *Afección a un Espacio Natural Protegido.* La pertenencia o no de la zona dañada a un espacio natural protegido o a un espacio protegido Red Natura 2000 puede determinarse consultando a la correspondiente Comunidad Autónoma o en la página web del MITECO.
- *Modificador «Pedregosidad».* *Pedregosidad del terreno.* El valor de este modificador debe establecerse atendiendo a la observación directa del terreno.
- *Modificador «Pendiente».* *Pendiente media del terreno.* La pendiente media del se estimará directamente en campo o bien acudiendo a la cartografía temática sobre la misma existente actualmente en internet. A modo de ejemplo, puede consultarse el Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA) disponible en la web del MITECO.

IX.1.4. Pautas para la estimación del coeficiente Ecu

El coeficiente “Ecu” es el estimador del coste unitario del proyecto de reparación y viene predefinido por la normativa para cada combinación agente-recurso por lo que no resulta necesario acudir a información externa para su cumplimentación.

IX.1.5. Pautas para la estimación del coeficiente B

El valor del multiplicador de la cantidad de receptor natural afectado “B” se obtiene mediante la multiplicación de los valores adoptados respecto a una serie de modificadores que el IDM considera con influencia sobre la cantidad de recurso afectada:

- *Modificador «Biodegradabilidad».* *Degradabilidad de la sustancia.* El grado de biodegradabilidad de las sustancias implicadas en el escenario puede consultarse en las fichas de seguridad de las sustancias químicas.
- *Modificador «Densidad de población».* *Densidad de población.* Hace referencia a la densidad de población de las especies animales pudiendo estimarse acudiendo a fuentes bibliográficas específicas de la zona objeto de estudio.
- *Modificador «Densidad de la vegetación».* *Densidad de la vegetación.* La densidad de la vegetación, tal y como se ha mencionado anteriormente, puede estimarse mediante mediciones en campo o bien acudiendo a fuentes como el Inventario Forestal Nacional o el Mapa Forestal de España.
- *Modificador «Diferencia de temperatura».* *Diferencia de temperatura vertido-receptor.* Este modificador se emplea en el caso de vertidos de agua a elevadas temperaturas, no siendo éste un episodio considerado relevante en el ámbito del presente MIRAT.

- *Modificador «Lago o embalse».* *Daño a un lago o embalse.* El operador puede consultar la capacidad del embalse o lago en el que se prevea un daño en el Inventario de Presas y Embalses de España elaborado por el MITECO y disponible a través de Internet
- *Modificador «Peligrosidad».* *Peligrosidad del agente biológico.* Este parámetro debe ser evaluado en el caso de liberación de agentes de tipo biológico y puede ser obviado cuando se simulen los daños causados por otro tipo de agentes.
- *Modificador «Pendiente».* *Pendiente media del terreno.* La pendiente del terreno puede medirse directamente en campo o bien consultar referencias cartográficas disponibles actualmente a través de internet.
- *Modificadores «Permeabilidad 1» y «Permeabilidad 2».* *Permeabilidad del suelo.* Para conocer la permeabilidad del suelo es posible acudir a estudios específicos de los que disponga el operador, a la información publicada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) o consultar el visor cartográfico disponible en la aplicación informática MORA.
- *Modificador «Precipitación».* *Precipitación media anual.* La Agencia Estatal de Meteorología, el Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA) del MITECO o el Atlas Nacional de España elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) pueden proporcionar al analista la precipitación media anual de la zona de estudio.
- *Modificador «Río».* *Daño a un río.* Este parámetro requiere conocer el caudal del río o arroyo al que iría dirigido el vertido accidental. El dato puede tomarse de la red de estaciones de aforo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) o de los distintos organismos de cuenca.
- *Modificador «Solubilidad».* *Solubilidad de la sustancia.* El grado en que la sustancia vertida o derramada es soluble en agua puede consultarse en su correspondiente ficha de seguridad.
- *Modificador «Temperatura».* *Temperatura media anual.* La temperatura media anual de una determinada zona es aportada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Atlas Nacional de España o el Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA) del MAPAMA. Este dato puede ser relevante para el IDM en caso de incendio.
- *Modificador «Tipo de fuga».* *Forma en la que se produce el vertido.* La cantidad de recurso afectado también depende de las características de la fuga. En el IDM se distinguen tres tipos posibles de fuga: creciente —se trata de vertidos cuyo caudal aumenta con el tiempo—, fuga continua —en las que el caudal fugado se mantiene constante— o fuga instantánea —si el tiempo que tarda en producirse el vertido se considera despreciable—. En cada análisis de riesgos, el analista debe asumir el tipo de fuga que se produciría justificándolo en dicho documento.

- *Modificador «Toxicidad».* *Toxicidad de la sustancia.* Este dato puede consultarse en las fichas de seguridad de las sustancias químicas.
- *Modificador «Viento».* *Velocidad media del viento.* La velocidad media del viento puede consultarse en la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Atlas Nacional de España o en la cartografía facilitada por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Este dato tiene mayor relevancia a la hora de conocer la cantidad de recurso afectado en caso de incendio.
- *Modificador «Viscosidad».* *Viscosidad de la sustancia.* El grado de viscosidad de la sustancia puede consultarse en su correspondiente ficha de seguridad.
- *Modificador «Volatilidad».* *Volatilidad de la sustancia.* La metodología del IDM vincula la volatilidad de la sustancia a su punto de ebullición por lo que, una vez conocido el punto de ebullición, puede catalogarse la sustancia en su correspondiente grupo de volatilidad. En todo caso, tanto el punto de ebullición como la volatilidad son datos que usualmente recogen las fichas de seguridad de las sustancias químicas.

Cabe destacar que, en el caso de mezclas o preparados que combinen varias sustancias de diferentes propiedades, el analista podrá adoptar algunos de los criterios previamente mencionados en el epígrafe IX.1.1 del presente MIRAT (Pautas para la selección de la combinación agente causante de daño-recurso natural afectado) con objeto de calcular el IDM. Es decir, entre otras opciones, podrá seleccionar una sustancia similar, seleccionar como referencia la sustancia más tóxica, seleccionar como referencia la sustancia que podría causar unos daños medioambientales cuyo coste de reparación fuera más elevado o seleccionar como referencia la sustancia tóxica que representa un mayor volumen en la mezcla.

IX.1.6. Pautas para la estimación del coeficiente α

En la ecuación IDM, el coeficiente “ α ” hace referencia a la cantidad de agente del daño asociada a cada escenario accidental. Según la combinación agente-recurso que se esté evaluando, dicha cantidad se determina atendiendo a las magnitudes siguientes:

- La masa vertida a los recursos naturales (Mvert)
- El volumen vertido a los recursos naturales (Vvert)
- El volumen extraído de recursos naturales (Vext)
- La masa extraída de recursos naturales (Mext)
- La superficie extraída de recursos naturales (Supext)
- El número de individuos extraídos (Next)

En el MIRAT para el sector porcino se prevé que los únicos agentes causantes del daño relevantes sean los vertidos de sustancias y los incendios por lo que los únicos parámetros que deberá completar el analista serán la masa vertida (Mvert) en el caso de que se evalúen vertidos al agua marina o al lecho marino, o el volumen vertido a los recursos naturales (Vvert)

en el caso de que se evalúen vertidos a otros recursos naturales diferentes del agua marina o el lecho marino.

Con objeto de conocer la cantidad de agente causante del daño que sería liberada al medio en cada uno de los escenarios accidentales, el analista podrá estimar tanto el volumen de agente liberado (V_{vert}) como, en caso necesario, la masa liberada (M_{vert}) utilizando la densidad de la sustancia vertida (dato que figura en las correspondientes fichas de seguridad). En el capítulo VIII.5.del MIRAT (Protocolos para el cálculo de la cantidad de agente causante del daño) se detalla dicha metodología.

Cuando la afección sea a varios recursos, el analista podrá establecer de manera justificada un reparto del volumen total vertido entre los distintos recursos. Por ejemplo, encaso de vertido al suelo podrían utilizarse criterios para evaluar la fracción del derrame que se infiltraría en el suelo (causando daños al suelo y, potencialmente, al agua subterránea) y la fracción que escurriría superficialmente hacia cotas más bajas (causando potencialmente daños al agua superficial). Entre estos criterios podrán utilizarse (con las debidas cautelas y salvedades) los resultados de escorrentía total y escorrentía subterránea del modelo SIMPA publicados en la web del MITECO.

Sin embargo, la metodología del IDM reparte de manera automática el volumen vertido al suelo y al agua subterránea. En ese sentido, el IDM exige introducir la profundidad media de las aguas subterráneas, para lo que el operador podrá consultar informes particulares de la zona, el Sistema de Información de Aguas Subterráneas del MITECO o a datos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

IX.1.7. Pautas para la estimación del coeficiente E_c

El coeficiente “ E_c ” representa la relación entre la cantidad de recurso natural potencialmente afectado y la cantidad de agente causante del daño librada en cada combinación agente-recurso.

IX.1.8. Pautas para la estimación del coeficiente p

El coeficiente “ p ” toma valor únicamente en el caso de que se estimen daños al lecho de las aguas marinas o de las aguas continentales. Los valores de este coeficiente aparecen establecidos por la normativa para cada combinación agente-recurso.

IX.1.9. Pautas para la estimación del coeficiente M_{acc}

Del mismo modo que ocurre con el coeficiente “ p ”, el coeficiente “ M_{acc} ” únicamente se emplea cuando se prevé un daño al lecho de las aguas continentales o marinas y se corresponde con la cantidad de agente causante del daño que podría depositarse en el lecho, medida en toneladas. Puede estimarse según las pautas ofrecidas para el coeficiente M_{vert} considerado previamente.

IX.1.10. Pautas para la estimación del coeficiente q

Los valores de “q” se encuentran fijados en la normativa siendo igual a 1 para todas las combinaciones agente-recurso excepto en los daños al lecho de las aguas marinas y continentales donde tiene valores específicos.

IX.1.11. Pautas para la estimación del coeficiente C

El coeficiente “C” multiplica al estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación y su valor depende de la duración estimada de las tareas de reparación del daño.

Cuando se producen daños a las especies (animales o vegetales) el valor de “C” aparece fijado en la normativa en función del recurso natural dañado: mamíferos, peces, arbolado, matorral, etc. Sin embargo, para el resto de recursos naturales, el operador deberá estimar la duración del daño.

El analista podrá emplear el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) disponible en la web del MITECO para conocer la duración del daño. Esta herramienta recomienda una técnica reparadora del daño en función de una serie de parámetros, la cual lleva asociada una duración del procedimiento de reparación (y, con ello, del daño) expresada en meses o años. Además, es posible recurrir a fuentes bibliográficas de técnicas y proyectos de reparación que informen sobre la duración de la técnica a emplear en cada caso (por ejemplo, la base de datos de la *Federal Remediation Technologies Roundtable* (FRTR)).

IX.1.12. Pautas para la estimación del coeficiente Ecr

El coeficiente “Ecr” es el estimador de los costes de revisión y control. La normativa establece para cada combinación agente-recurso el valor que ha de adoptar en su participación en el cálculo del IDM.

IX.1.13. Pautas para la estimación del coeficiente Ecc

A través del coeficiente “Ecc” la ecuación del IDM incorpora a la estimación semicuantitativa del daño los costes de consultoría del proyecto de reparación. La combinación agente-recurso determina el valor de este coeficiente, que se expresa como un porcentaje del coste de reparación del daño.

IX.1.14. Pautas para la estimación del coeficiente β

El coeficiente “ β ” incorpora al análisis la accesibilidad al lugar donde se produce el daño hipotético, siendo la distancia existente entre el lugar que resultaría dañado y la vía de comunicación más cercana. El analista puede tomar dicho valor de mediciones sobre el terreno o bien utilizando la aplicación MORA y su visor cartográfico.

IX.1.15. Pautas para la estimación del coeficiente Eca

La ecuación de cálculo del IDM cuenta finalmente con el coeficiente “Eca” cuyo valor es igual a 6,14 para todas las combinaciones agente-recurso y hace referencia al coste de acceso a la zona potencialmente afectada por el daño.

IX.1.16. Pautas para la estimación de varias combinaciones agente-recurso

Merece la pena recordar que aunque un mismo escenario accidental pueda suponer la liberación de varios agentes causantes del daño y/o afectar a varios recursos naturales, el IDM trata cada combinación agente-recurso de forma independiente. Posteriormente, el valor obtenido en cada combinación agente-recurso se suma dando como resultado el valor semicuantitativo del daño medioambiental del escenario accidental. Dicho dato, se corresponderá con la magnitud del daño esperado asociado al escenario accidental evaluado, es decir, el IDM proporciona un valor semicuantitativo de las posibles consecuencias medioambientales que derivan del escenario accidental al que se refiere.

IX.2. SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA

La normativa de responsabilidad medioambiental establece la constitución de una garantía financiera por parte de los operadores que les permita cubrir las obligaciones en relación a los daños medioambientales que se prevén en la propia norma. Concretamente, en el artículo 37 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, modificado por el Real Decreto 183/2015 de 13 de marzo se indica qué operadores están obligados a constituir la citada garantía financiera por responsabilidad medioambiental. Deberán constituirla los operadores de las actividades enumeradas en el Anexo III de la LRM:

1. Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (SEVESO) (actualmente Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas).
2. Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC) (actualmente Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación).
3. Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Por lo tanto, en lo que al sector porcino se refiere, quedarán sujetas a la obligación de constituir una garantía financiera aquellas instalaciones que se encuentren en el ámbito de aplicación del Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC) ya que no existen operadores sujetos al Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (SEVESO) o que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

El resto de las instalaciones pertenecientes a este sector tendrán la opción de constituir o no una garantía financiera por responsabilidad medioambiental según su política de gestión de riesgos. La constitución de esta garantía es especialmente recomendable para aquellos operadores de las actividades señaladas en el Anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, dado que las mismas tienen una responsabilidad objetiva frente a los daños medioambientales, estando obligados a su reparación con independencia de que exista dolo, culpa o negligencia. Dicho de otro modo, aunque estarán exentos de obligación de constituir una garantía financiera, sí estarían obligados a reparar los posibles daños causados a los recursos naturales cubiertos por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Los pasos a seguir en el procedimiento de cálculo de la cuantía de la garantía financiera se detallan en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, y se muestran a continuación:

1) Identificar los escenarios accidentales que se consideran relevantes para la instalación analizada.

En el Anexo I de este MIRAT los operadores pueden consultar y seleccionar los distintos sucesos iniciadores que afectan a su instalación. En dicho Anexo se determina el tipo de árbol de sucesos que debe seguirse para poder identificar los escenarios accidentales en los que desembocaría cada suceso iniciador. Los árboles de sucesos se encuentran desarrollados en el Anexo II del presente MIRAT.

2) Asignar la probabilidad de ocurrencia a cada escenario.

El apartado VIII.4.1(“Asignación de probabilidades a los sucesos iniciadores”) de este documento muestra la metodología para asignar una probabilidad de ocurrencia a cada suceso iniciador así como el apartado VIII.4.2. (Asignación de probabilidades a los escenarios accidentales) la metodología para asignar la probabilidad de ocurrencia a cada escenario accidental.

La probabilidad de cada escenario se obtiene operando con los árboles de sucesos del Anexo II, introduciendo en los mismos la probabilidad de éxito y de fallo de cada factor condicionante. Los datos concretos de probabilidad de ocurrencia de los sucesos

iniciadores se encuentran en el Anexo IV y los datos de probabilidad de fallo de cada factor condicionante en el Anexo V.

3) Calcular el IDM de cada escenario.

Como se ha comentado anteriormente, en la página web del MITECO existe un módulo informático que facilita el cálculo del IDM. El apartado IX.1. (Estimación de la gravedad de las consecuencias medioambientales mediante el Índice de Daño Medioambiental) trata de orientar a los operadores sobre la forma de calcular y conocer cada uno de los parámetros de entrada que requiere la ecuación del IDM con el fin de obtener el valor del IDM de cada escenario accidental.

4) Calcular el riesgo asociado a cada escenario multiplicando su probabilidad por el valor del IDM.

El riesgo de cada escenario consiste en multiplicar su probabilidad de ocurrencia por el valor del IDM.

5) Seleccionar los escenarios con menor índice de daño medioambiental asociado que agrupen el 95 por ciento del riesgo total.

En primer lugar, deben ordenarse los escenarios de mayor a menor IDM y, en segundo lugar, se seleccionan únicamente los escenarios de menor IDM que acumulen el 95% del riesgo total para continuar con el estudio. Para facilitar esta tarea, puede realizarse en una hoja de cálculo.

6) Establecer la cuantía de la garantía financiera, como el valor del daño medioambiental del escenario con el índice de daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados.

La normativa indica que, de entre todos los escenarios seleccionados en la fase anterior, debe extraerse únicamente aquel que tenga el mayor valor de IDM obviando los restantes en las siguientes fases del estudio. De este punto en adelante se trabaja sólo con este escenario seleccionado (escenario de referencia).

El valor de la garantía financiera coincide con el valor del daño medioambiental asociado al escenario de referencia. Este valor del daño se calcula siguiendo los pasos siguientes:

i. En primer lugar, se cuantificará el daño medioambiental generado en el escenario seleccionado.

La cuantificación del daño implica determinar su extensión, intensidad y escala temporal (que incluye a su vez estudiar la duración, la frecuencia y la reversibilidad). En el siguiente epígrafe de este documento se ofrecen pautas para cuantificar el escenario de referencia (IX.3. Definición de protocolos para cuantificar el daño referente a cada tipología de escenario y evaluar, por parte de cada operador, su significatividad).

Una vez cuantificado el daño, el operador evaluará su significatividad. Este aspecto es fundamental ya que únicamente los daños significativos tienen la consideración de daños medioambientales conforme con la normativa de responsabilidad medioambiental. El apartado IX.3.4. (Significatividad del daño) de este MIRAT ofrece una serie de indicaciones para que los operadores determinen si el daño asociado a su escenario de referencia es significativo o no.

- ii. **En segundo lugar, se monetizará el daño medioambiental generado en el escenario de referencia, cuyo valor será igual al coste del proyecto de reparación primaria. En caso de que la reparación primaria diseñada consista exclusivamente en una recuperación natural, se desestimará dicho escenario para calcular la garantía financiera y se seleccionará el siguiente escenario con mayor valor de IDM; repitiéndose la secuencia hasta que se seleccione un escenario cuya reparación no se base exclusivamente en la recuperación natural.**

Es recomendable utilizar la aplicación informática MORA (disponible en la página web del MITECO) para monetizar el daño medioambiental generado ya que permite calcular el coste que conllevaría la reparación del daño ocasionado bajo el escenario de referencia.

En caso de que el tipo de reparación propuesto para el escenario de referencia se base únicamente en la recuperación natural, deberá seleccionarse el siguiente escenario con mayor valor de IDM.

De esta manera, el cálculo de la cuantía de la garantía financiera se centra en el análisis exhaustivo de un único escenario accidental, denominado escenario de referencia. Una vez identificado el escenario de referencia de entre todos los escenarios relevantes, el analista cuantificará y monetizará el daño con objeto de expresarlo en términos económicos. En la Figura 4 se expresa de forma gráfica el proceso de selección del escenario de referencia y la posterior cuantificación y monetización del daño.

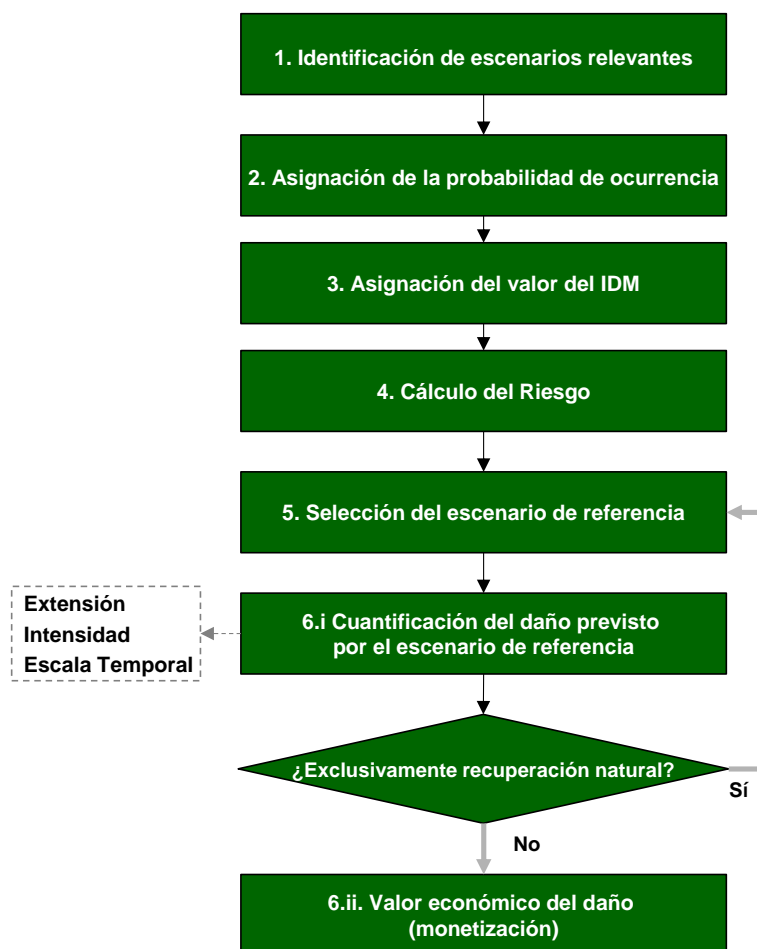


Figura 4. Esquema simplificado para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental. Fuente: Elaboración propia a partir del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

IX.3.DEFINICIÓN DE PROTOCOLOS PARA CUANTIFICAR EL DAÑO REFERENTE A CADA TIPOLOGÍA DE ESCENARIO Y EVALUAR, POR PARTE DE CADA OPERADOR, SU SIGNIFICATIVIDAD

Como se ha indicado previamente, cada operador debe cuantificar y posteriormente monetizar únicamente el escenario que resulte seleccionado según lo establecido en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre. Tal escenario puede componerse de varias combinaciones agente-recurso.

De manera adicional, puede ocurrir que existan diferencias notables entre los escenarios de referencia seleccionados en cada una de las instalaciones del sector porcino. De este modo, mientras que en una determinada instalación el escenario de referencia, a modo de ejemplo, podría corresponder con un vertido a un cauce en otra podría ser un vertido con afección al acuífero y, en otra, el incendio de un hábitat.

Por todo ello es necesario que el MIRAT facilite las pautas para llevar a cabo la cuantificación de todas las combinaciones agente-recurso que pudiesen ser relevantes a nivel sectorial.

En los artículos 11, 12, 13 y 14 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, junto con el Anexo I del mismo, se describen los criterios normativos a seguir para la cuantificación del daño medioambiental.

Por otro lado, la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM) elaboró el documento denominado “*Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental*” disponible en la página web del MITECO, donde ofrece una serie de modelos concretos para evaluar la dispersión de los contaminantes:

- Modelos de dispersión atmosférica.
- Modelos de simulación en agua superficial.
 - o Aguas continentales: vertido en río.
 - o Aguas continentales y Dominio Público Marítimo Terrestre: vertido en lago, embalse, humedal, bahía o estuario.
- Dominio Público Marítimo Terrestre: vertido en línea de costa.
- Modelos de simulación en suelo y agua subterránea.

Por su parte, en el Anexo VI del presente MIRAT para el sector porcino se proporcionan criterios y metodologías para proceder a la cuantificación de los daños más comunes asociados a los purines producidos por las granjas porcinas. No obstante, además de lo indicado en este Anexo VI, que se refiere exclusivamente a daños ocasionados por los purines, a continuación se muestran pautas de carácter genérico necesarias para la cuantificación del daño atendiendo a sus tres componentes: extensión, intensidad y escala temporal.

Las pautas ofrecidas a nivel sectorial podrán ser modificadas por los distintos operadores siempre y cuando se haga de manera justificada, con objeto de que puedan ser adaptadas de la mejor manera posible a las circunstancias concretas que se estén evaluando. Es recomendable que en caso de incertidumbre sobre las estimaciones a realizar se tome la opción más conservadora posible, siguiendo de esta manera el principio de precaución. Dicho de otro modo, el objetivo es conseguir que el resultado del análisis sea igual o superior a los daños reales que pudieran ocasionarse para asegurar que el operador queda cubierto por la garantía financiera que contratase.

IX.3.1. Extensión de los daños

Tal y como se describe en el artículo 12 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, “la extensión del daño se determinará mediante la medición de la cantidad de recurso o de servicio afectado”. Al tratarse de una cantidad, su unidad de medida son unidades biofísicas como toneladas de suelo, metros cúbicos de agua contaminada, hectáreas de hábitat o número de individuos.

En las siguientes páginas del MIRAT se procederá a la identificación de una serie de posibles modelos que los operadores podrán seguir para el cálculo de la extensión de los daños ocasionados. Se han seleccionado modelos de sencilla aplicación y libre acceso a través de Internet o de bibliografía especializada; en cualquier caso, y acorde con el carácter voluntario de los análisis sectoriales de riesgos medioambientales, las sugerencias respecto a modelos de difusión o criterios de dispersión de la contaminación que se realicen en las páginas siguientes han de considerarse de seguimiento voluntario.

En el Cuadro 5 se han sombreado en verde las combinaciones agente-recurso identificadas como relevantes para el presente sector y en gris otras combinaciones agente-recurso previstas en el Reglamento. Las combinaciones agente-recurso relevantes para el sector se han codificado para evaluar la extensión de sus daños a continuación.

Agente causante de daño		Recurso							
		Agua			Lecho continental y marino	Suelo	Ríbera del mar y de las rías	Especies	
		Marina	Continental					Vegetales	Animales
			Superficial	Subterránea					
Químico	COV halogenados	C1	C2	C3		C5	C6	C7	C9
	COV no halogenados								
	COSV halogenados								
	COSV no halogenados								
	Fueles y CONV								
	Sustancias inorgánicas				C4				
	Explosivos								
Físico	Extracción/Desaparición								
	Vertido de inertes								
	Temperatura								
Biológico	Incendio							C8	C10
	OMG								
	Especies exóticas invasoras								
	Virus y bacterias								
	Hongos e insectos								

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

Cuadro 5. Criterios para cuantificar la extensión para cada combinación agente-recurso suministrados en el presente MIRAT. Fuente: Elaboración propia.

1) C1. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua marina

La solubilidad de la sustancia química que entra en contacto con el agua marina determina notablemente la cuantificación del daño a este recurso natural.

Si la sustancia es soluble en agua puede atenderse al elevado volumen de agua existente en los mares y océanos para plantear la dilución de la sustancia derramada hasta que se recupere el estado básico (estado en el que se encontraba el recurso natural antes de sufrir el daño). Concretamente, el analista podría argumentar que se recurra a una reparación vía recuperación natural o, incluso, que el daño causado al agua marina se considere no relevante.

Debe tenerse en cuenta que el hecho de que la solubilidad de la sustancia haga que la contaminación del agua marina se elimine o deje de generar daño de forma natural al cabo de un tiempo prudencial no impide que dicha contaminación haya causado daños a otros recursos (por ejemplo, a especies animales y/o vegetales). Por ese motivo, debe analizarse en todo caso si dicho derrame podría causar un daño significativo a las especies marinas con objeto de que las mismas sean reparadas si es necesario.

Cuando se acuda a la recuperación natural del agua marina se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- 1) Deberá justificarse la decisión adoptada.
- 2) La recuperación natural no es necesariamente una técnica libre de costes de reparación ya que la misma puede implicar costes de consultoría y costes de revisión y control atendiendo a la herramienta informática MORA.
- 3) La cuantía de la garantía financiera nunca podrá estar estimada a partir de un escenario accidental cuyo daño es reparado íntegramente por recuperación natural (artículo 33 del Reglamento). Por lo tanto, si en el escenario se propone únicamente la reparación natural para tratar los daños a la totalidad de los recursos naturales ese escenario deberá ser desestimado.
- 4) Llevar a cabo una recuperación natural no exime al operador de tener que calcular la extensión del daño ya que este dato tendrá por objeto, entre otros, dimensionar las medidas de reparación compensatoria (que persiguen compensar a la sociedad por el tiempo que el recurso natural permanece dañado).

A la hora de determinar la extensión que alcanzaría el daño en el caso de sustancias solubles surgen una serie de complicaciones que deberán ser resueltas caso por caso. Por ejemplo, una posible alternativa a estudiar consistiría en calcular cuánto volumen de agua marina sería necesario para reducir la concentración de la sustancia vertida hasta niveles situados por debajo de su umbral de toxicidad.

Cuando la sustancia química vertida al mar es insoluble en agua, la densidad de la misma determinará si la sustancia permanece en la superficie o es depositada en el lecho marino. No obstante, esta asunción es una simplificación ya que en la realidad una parte de la sustancia

podría permanecer en la superficie o en el fondo (en función de su densidad) y, otra parte, podría ser transportada en suspensión. Sin embargo, dicha simplificación podría considerarse válida atendiendo al carácter apriorístico de los análisis de riesgos medioambientales siempre y cuando se introduzca en los cálculos del escenario accidental la totalidad del volumen de la sustancia insoluble vertida. Las fichas de seguridad de las sustancias químicas proporcionan el dato de solubilidad en agua de cada sustancia así como su densidad. Conforme a esos datos el analista puede asumir que cuanto más soluble sea la sustancia más probable es que se produzca una dilución y para sustancias insolubles, cuanto menos densa sea mayor proporción quedará en suspensión y cuanto más densa sea precipitará en el lecho mayor proporción.

En caso de que la sustancia quede retenida en la superficie del mar la cuantificación ha de apoyarse en fuentes bibliográficas como USEPA (2001) que muestra diferentes espesores medios de vertidos en agua marina. Una vez conocido dicho dato, puede realizarse la división del volumen de vertido entre el espesor promedio dando lugar a una medida de la extensión de la mancha. El volumen de agua dañada, expresado en metros cúbicos, podría calcularse estimando diferentes valores de profundidad del agua a la que sería perjudicial el vertido ocasionado, teniendo en cuenta que deben emplearse valores conservadores en caso de incertidumbre.

La fracción del vertido que se precipita al lecho marino podría cuantificarse atendiendo a los criterios ofrecidos en el punto C5.

2) C2. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua continental superficial

Cuando la afección por sustancias químicas se produce a las aguas continentales superficiales, se añaden ciertas propuestas además de las tenidas en cuenta en el criterio C1 (químicos-agua marina) debido a las diferentes circunstancias que pueden variar en este recurso, por ejemplo, masas de agua estáticas o móviles, diferentes caudales, etc.

Por un lado, los vertidos que se estime que alcanzarían el lecho marino deberán cuantificarse según el criterio de cuantificación C4. Por otro lado, para los vertidos que permanecen en el agua la cuantificación habrá de tener en consideración si el vertido tiene lugar en una masa de agua en movimiento (ríos, arroyos, etc.) o en una masa de agua más o menos estática (lago, embalse, etc.).

- Criterios de cuantificación para daños por sustancias químicas a corrientes de agua

El vertido, en este caso, se ocasiona a una masa de agua en movimiento y por ello se desplaza hasta masas de agua estáticas (embalse, azud, etc.) o, por el contrario hasta alcanzar el mar. Cuando el cauce que recibe el vertido de una sustancia química dispone aguas abajo de una estructura de retención del agua (o la misma es construida o desplegada de forma previa a la llegada del vertido) el analista podrá considerar que la contaminación podrá ser retenida aguas

abajo y, de esta forma, tratar en términos de cuantificación del daño un vertido a masa de agua en movimiento como un vertido a masa de agua estática.

Si en el cauce no existen estructuras de contención (o no es posible su construcción o despliegue antes de la llegada del vertido) el analista tiene diversas opciones para cuantificar el daño. Algunas posibilidades (de carácter no exhaustivo) son:

- 1) Estimar como volumen de agua contaminado la multiplicación del caudal del río (consultado, por ejemplo, en la Red de estaciones de aforo del CEDEX accesible a través de internet) por el tiempo de permanencia del contaminante en el agua (estimado por el analista siguiendo en todo caso criterios de precaución).
- 2) Considerar la recuperación natural del recurso (de forma similar a lo planteado en la combinación agente-recurso C1) cuando la sustanciaderramada sea soluble en agua y/o biodegradable en un corto espacio de tiempo. Tal y como se ha desarrollado en el criterio C1, la consideración de que el agua podría recuperar su estado básico de forma natural no exime al analista de considerar el posible daño medioambiental a otros recursos naturales como las especies animales y vegetales. En ese caso, deberán realizarse las técnicas de reparación necesarias a las especies afectadas.
- 3) Cuando se estime que el vertido finalmente alcanzaría el mar, sin haberse podido detener y tratar previamente, podrán seguirse las indicaciones ofrecidas en el criterio C1 para cuantificar el daño ocasionado.

De forma adicional, el analista ha de considerar la posibilidad de que el daño ocasionado sea tal que no pueda restitirse el estado básico del recurso natural y, con ello, no puedan realizarse medidas de reparación primaria. En este caso, el daño se catalogaría como irreversible y la cuantía de la garantía financiera no podría calcularse empleando ese escenario de referencia.

Merece la pena destacar que, conforme con la normativa de responsabilidad medioambiental, las técnicas que se realicen para compensar a la sociedad por los daños irreversibles que podrían sufrir los recursos naturales se denominan medidas de reparación complementaria. El dimensionamiento y valoración económica de este tipo de medidas puede realizarse acudiendo a la aplicación informática MORA de la página web del MITECO.

- Criterios de cuantificación para daños por sustancias químicas a masas de agua estáticas

En el caso de que el vertido de la sustancia química tenga lugar en una masa de agua más o menos estática o que el vertido a cauce haya podido ser contenido de alguna forma, el analista evaluará si dicho vertido, en el caso de sustancias no solubles en agua, puede ser confinado mediante barreras flotantes (por lo que el daño quedaría acotado a la zona delimitada por las barreras) o, por el contrario (ya sea en el caso de sustancias no solubles en agua que no han podido contenerse o sustancias solubles en agua), si se afectaría a toda la masa de agua.

Cuando la sustancia no es soluble en agua se podrá determinar la posible afección al lecho cuando la sustancia sea más densa que el agua (aplicando el criterio C4) o la permanencia de la sustancia en la superficie si su densidad es menor que la del agua. La extensión ocupada por las sustancias insolubles menos densas que el agua podrá estimarse caso por caso atendiendo, como se ha mencionado anteriormente, al posible despliegue de barreras flotantes.

El volumen de agua afectado, expresado en metros cúbicos, podría estimarse aplicando diferentes valores de la profundidad del agua a la que llegarían los efectos perjudiciales del vertido adoptando siempre valores conservadores cuando exista una incertidumbre relevante.

En cualquier caso, el analista nunca ha de desestimar la posibilidad de que el daño pueda repararse mediante recuperación natural o que el daño pueda llegar a considerarse como irreversible, en cuyos casos se invalidaría el escenario seleccionado para el establecimiento de la cuantía de la garantía financiera por responsabilidad ambiental.

3) C3. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al agua continental subterránea

Debido a la estrecha relación existente entre el suelo y el agua continental subterránea se propone que los vertidos químicos que los puedan afectar sean analizados de forma conjunta bajo un mismo criterio de cuantificación. Esto se debe a la asunción de que un vertido alcanza una masa subterránea habiendo tenido previamente contacto con el suelo. En definitiva, llevando a cabo la estimación del volumen de suelo contaminado a partir de modelos de dispersión de la contaminación en el suelo, se conoce la profundidad que alcanza el contaminante haciendo posible que el analista identifique la posible afección a las aguas subterráneas y, con ello, el volumen de agua subterránea afectada.

El documento "*Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental*", elaborado por la CTPRDM, ofrece diferentes alternativas de modelos de difusión a los que podrá recurrir el analista con el fin de cuantificar este tipo de daños justificando siempre su elección.

Adicionalmente, se propone un modelo alternativo desarrollado por autores de las Universidades de Udine (Italia) y Belfast (Reino Unido) de aplicación relativamente sencilla y que proporciona resultados de precisión en gran parte de sus aplicaciones en el marco de los análisis de riesgos medioambientales. La descripción del modelo, construido a partir de una serie de ecuaciones matemáticas, puede consultarse en Grimaz *et al.* (2007) y Grimaz *et al.* (2008).

El modelo propuesto por Grimaz ofrece como resultado de salida una evaluación de la superficie que ocuparía el vertido y de la profundidad que éste alcanzaría en el suelo. El volumen de suelo dañado sería la multiplicación de la superficie dañada por la profundidad y podría expresarse en toneladas siempre que se conozca o pueda estimarse la densidad del suelo. De esta manera, siempre que la profundidad estimada mediante el modelo iguale o

supere la profundidad a la que se encuentra el nivel freático de la zona de estudio podría asumirse que el vertido alcanza y daña la masa de agua subterránea.

En conclusión, podría asumirse que el volumen de agua subterránea afectado vendría dado por la profundidad (medida entre el nivel freático y la profundidad que alcanzaría el derrame con base en el modelo de Grimaz) y la superficie de suelo afectado conforme con el modelo de Grimaz, teniendo en cuenta su porosidad (espacio del suelo que ocuparía el agua contaminada por el vertido).

No obstante, existen diversos modelos de difusión de la contaminación en el suelo que el analista podrá utilizar, siempre y cuando sea de forma debidamente justificada.

En el caso de los vertidos de purines, se exponen en el Anexo VI varias propuestas metodológicas para el cálculo del volumen de agua subterránea contaminada por el vertido.

4) C4. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al lecho continental y marino

Para que un vertido de sustancias químicas alcance el lecho, generalmente, debe atravesar previamente la masa de agua continental o marina. Por ese motivo, se recomienda evaluar el daño al lecho de forma conjunta con los daños al agua pudiendo acudir a los criterios C1, C2 y C4 para determinar el daño causado a estos recursos.

El planteamiento propuesto se basa en la solubilidad de la sustancia y la densidad de la misma con objeto de estimar la cantidad que se depositaría en el lecho, de forma que a menor solubilidad y a mayor densidad se podría asumir un mayor volumen depositado en el lecho. Con ello, el analista deberá concretar la cantidad de recurso que resulta dañada basándose en aspectos como el poder de arrastre de la corriente y el grado de movilidad de la sustancia (fundamentada a su vez en su densidad y solubilidad).

A modo de ejemplo, si se produce un vertido de sustancias insolubles y más densas que el agua en aguas lentas o embalsadas podrían asumirse superficies o volúmenes de lecho afectados reducidos debido a la escasa dispersión del contaminante. Sin embargo, si el vertido de sustancias se produce en aguas rápidas con sustancias de mayor solubilidad (pero siempre poco solubles) y menor densidad (pero igualmente más densas que el agua) podrían recomendar asumir volúmenes y superficies de lecho contaminados superiores. No obstante, según se ha establecido previamente, las decisiones del analista deberán ser justificadas.

5) C5. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas al suelo

Como se ha descrito anteriormente en el apartado C3, los daños ocasionados al suelo pueden considerarse siguiendo las indicaciones para estimar los daños a las aguas subterráneas. El informe "*Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental*" y la aplicación del modelo de Grimaz *et al.* en los estudios piloto de análisis de riesgos sectoriales, todo ello

disponible en la página web del MITECO, pueden ser de utilidad para la estimación de los daños por sustancias químicas al suelo.

En el caso concreto del sector porcino es posible que se produzcan daños por purín al suelo para cuyo caso el Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental, teniendo en cuenta que se trata de un compuesto orgánico, propone aplicar *landfarming* como técnica de reparación primaria. Sin embargo, y para el caso concreto del vertido de purines al suelo, podría ser una opción modificar la técnica que MORA propone por defecto por el método de retirada de inertes ya que eliminandola fracción sólida del vertido se subsanaría la posible afección. En cualquier caso, el Anexo VI del presente MIRAT para el sector porcino argumenta estas consideraciones respecto al vertido de purines al suelo.

Cabe puntualizar que la cantidad de suelo dañado podría expresarse en toneladas si se conoce la densidad del suelo o dicho parámetro puede estimarse a partir de bibliografía especializada. A modo de ejemplo, en Yu *et al.* (1993) se indica que la densidad de la mayoría de suelos se sitúa entre 1,1 y 1,6 g/cm³ donde los valores más elevados corresponden a suelos arenosos y los más bajos a suelos arcillosos.

6) C6. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a la ribera del mar y de las rías

La cuantificación (y, con ello, la estimación de la extensión) de los daños a las riberas del mar y de las rías suele construirse a partir de una combinación de los daños ocasionados sobre los restantes recursos naturales contemplados por la Ley de Responsabilidad Medioambiental. En definitiva, la estimación de la extensión de los daños sobre la ribera del mar y de las rías ocasionados por vertido de sustancias químicas puede basarse en las pautas e indicaciones recogidas en este MIRAT relativas a la estimación de la extensión del daño ocasionado al suelo, agua, a las especies y los hábitats.

7) C7. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a las especies vegetales

Teniendo en cuenta que las especies vegetales se encuentran ubicadas sobre el propio suelo, es posible tomar los mismos criterios usados en la cuantificación del suelo. Concretamente, el modelo propuesto por Grimaz *et al.*, realiza la estimación de la superficie que ocuparía el vertido y, por lo tanto, puede conocerse la superficie de especies vegetales que se verían afectadas en caso de derrame. Normalmente, los modelos consultados de dispersión y difusión de la contaminación en el suelo suelen incluir en el análisis la presencia de vegetación en el terreno y los efectos que dicha presencia pueden ocasionar en la dispersión de la contaminación (posibilidad de contención del derrame, efectos sobre la capacidad y velocidad de percolación del contaminante en el suelo, etc.). Sin embargo, al tratarse de una opción conservadora (dado que la vegetación podría reducir la extensión de dicha mancha de contaminante por un efecto de contención de la contaminación), podría asumirse como una aproximación válida en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales.

A partir de la superficie afectada, y con datos relativos a la densidad de la vegetación, puede estimarse el número de individuos de especies vegetales afectados por un vertido de una sustancia química contaminante. Dicha densidad puede tomarse directamente sobre el terreno en referencias como el Mapa Forestal de España y el Inventario Forestal Nacional.

8) C8. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por incendio a las especies vegetales

La estimación de la extensión de los daños sobre las especies vegetales ocasionados por un incendio se verá influida de forma muy determinante por la dirección dominante del fuego. El modelo BEHAVE, herramienta pública, gratuita y de fácil acceso a través de Internet, puede constituirse como un modelo para la estimación de este tipo de daños. Este modelo permite estimar la dirección que seguiría el hipotético incendio y su extensión.

El modelo BEHAVE es reconocido a nivel internacional y permite simular y analizar el desarrollo del hipotético incendio forestal estimando el alcance del mismo a partir del cálculo de una elipse cuya forma y extensión es función de variables como la pendiente del terreno y la velocidad y dirección del viento dominante en la zona donde se produce el incendio.

Merece la pena también citar el modelo propuesto por Julio *et al.* (1995), cuyo resultado es similar al arrojado por BEHAVE (una elipse que determina la extensión del daño) pero que exige de menos información para su aplicación; este modelo determina la extensión del incendio a partir de datos sobre el tipo de vegetación, la velocidad del viento dominante, la pendiente, la humedad relativa del aire y la temperatura.

No obstante, hay elementos externos a las variables empleadas por estos modelos que pueden afectar al desarrollo del incendio por lo que se incorporan, además, otros aspectos al análisis:

- Con objeto de estimar la extensión del daño empleando BEHAVE o el modelo de Julio *et al.* (1995) puede asumirse que la extensión del daño coincidiría con la elipse del daño planteada por el modelo. No obstante, en este caso el analista deberá introducir en cualquiera de los dos modelos citados el tiempo en el cual los equipos de emergencia extinguirían el incendio siendo este dato, al menos en principio, difícil de estimar. Bajo estas circunstancias, el operador seleccionará valores conservadores con el fin de situar el estudio del lado de la precaución.
- Como posible opción, más conservadora que la anterior, se plantea la posibilidad de que el incendio únicamente se detendría al alcanzar una barrera física no combustible, por ejemplo, cortafuegos, zonas de escasa o nula vegetación, masas de agua de determinada anchura o entidad, vías de comunicación, etc. Así, el área afectada por el hipotético incendio podría determinarse a través de cartografía y/o fotografías aéreas que permitan conocer la superficie situada entre el foco del incendio y las barreras anteriormente mencionadas.

La extensión del daño podrá venir dada en términos de superficie afectada o en términos de números individuos utilizando los correspondientes datos de densidad de la vegetación.

9) C9. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por sustancias químicas a las especies animales silvestres

Tanto el carácter móvil de la fauna silvestre como la escasez de inventarios de la misma y/o de cartografía sobre poblaciones o densidad poblacional de las especies animales dificultan una estimación precisa del número de individuos afectados por un posible vertido de sustancias químicas. Por lo tanto, de cara a la cuantificación de este recurso merece la pena incidir en la necesidad de que el estudio realizado se sitúe en el lado de la precaución seleccionando valores conservadores siempre que sea necesario.

Se recomienda, en el marco del presente MIRAT, consultar la existencia de inventarios de fauna específicos para la zona que se esté evaluando. Estos inventarios pueden servir como fuente para determinar las especies presentes y la densidad de individuos de cada una de ellas.

A nivel nacional, el Inventario Nacional de Biodiversidad de la página web del MITECO ofrece un listado de especies presentes en cuadrículas del territorio de 10 por 10 kilómetros; si bien esta fuente únicamente ofrece información sobre el grado de amenaza que tiene la especie pero no su densidad en las cuadrículas del territorio donde están presentes. De esta manera, y ante la ausencia de mejores datos, el analista podría asignar a las cuadrículas donde determinada especie está presente una densidad de población que dependa de las características biológicas de la especie y del grado de amenaza que soporta, recurriendo para ello a criterio experto o mediante consulta a las administraciones públicas competentes, todo ello con el fin de obtener una cifra del número de individuos de la especie afectados por el vertido de una sustancia química.

Si el vertido de sustancias químicas se produce sobre el suelo, el analista podrá determinar de forma justificada que no se produce una afección relevante sobre las especies animales silvestres. La decisión podrá fundamentarse, entre otros criterios, en la superficie afectada por el vertido, la movilidad de las especies animales potencialmente afectadas y el grado de amenaza de las mismas. Es decir, un vertido de escasas dimensiones en una zona donde existen especies capaces de huir o de no aproximarse a la zona afectada y estas especies se encuentren no amenazadas podría argumentar la no relevancia de los efectos del agente químico.

Cuando los daños se producen sobre una masa de agua superficial continental, generalmente, los daños tienen una mayor relevancia dada la limitada capacidad de la fauna ligada al agua para escapar de un posible derrame y la capacidad de los agentes químicos para extenderse en este medio. La base de datos ID-TAX, disponible en la página web del MITECO, ofrece informes con periodicidad anual sobre presencia de determinadas especies piscícolas en una

red de puntos de muestreo a escala nacional, indicando además las densidades de población que pueden encontrarse en dichos puntos.

Adicionalmente, resulta de utilidad recurrir a la página web de los distintos organismos de cuenca ya que las mismas pueden contar con inventarios de esta fauna en sus correspondientes territorios; la Confederación Hidrográfica del Ebro, por ejemplo, ofrece datos de densidad de fauna piscícola por metro cúbico de agua para algunos embalses.

Una vez conocida la densidad de peces y la extensión del agua afectada por el daño (a través del criterio C2) el analista podría determinar el número de individuos afectados por el daño operando con ambos valores. En caso de no disponer de datos de densidad específicos para una zona concreta se podrá extrapolar, de forma justificada, datos provenientes de otra zona considerada similar o, en último término, de nuevo justificadamente y siguiendo un criterio conservador, aplicar un criterio de experto para estimar el número de individuos dañados.

10) C10. Criterios de cuantificación de la extensión para daños por incendio a las especies animales silvestres

La estimación de la extensión de los daños ocasionados por incendio a las especies animales silvestres puede realizarse recurriendo, en primer lugar, a las propuestas recogidas en el criterio C8 con el fin de estimar la superficie de vegetación afectada por el incendio y, una vez estimada dicha superficie, determinando la cantidad de animales que se consideran afectados empleando como base los criterios expuestos en el epígrafe C9.

Combinación de modelos y criterios

Resulta frecuente en los análisis de riesgos medioambientales que un mismo escenario accidental pueda tener varias combinaciones de agentes causantes del daño y recursos naturales afectados. A modo de ejemplo, un mismo vertido podría afectar al suelo y a las aguas subterráneas. En estos casos se recomienda acudir a cada uno de los criterios establecidos anteriormente y comprobar la coherencia entre los mismos de forma que se justifique de forma adecuada los resultados obtenidos en el estudio.

IX.3.2. Intensidad de los daños

La intensidad de los daños se corresponde, según el artículo 13 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, al grado de severidad de los efectos que ocasiona el agente causante del daño a los recursos naturales.

En la normativa de responsabilidad medioambiental se fijan las siguientes pautas para la estimación de la intensidad de los daños que potencialmente podrían causarse en el ámbito del presente sector (esto es, daños de tipo químico e incendios):

a) Intensidad del daño causado por sustancias químicas

En el epígrafe 1 del apartado III del Anexo I del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre se ofrecen las pautas a seguir para estudiar el daño causado por

agentes químicos. Este epígrafe refleja que la intensidad se debe medir en relación con la concentración que la sustancia alcanza en el medio receptor y el umbral de toxicidad de dicha sustancia.

Generalmente, los umbrales de toxicidad figuran en las correspondientes fichas de seguridad asociados a una o varias especies concretas y a un determinado tiempo de exposición. La normativa establece tres grados de intensidad del daño:

1º «Agudo»: nivel de intensidad que representa efectos adversos claros y a corto plazo sobre el receptor, con consecuencias evidentes sobre los ecosistemas y sus hábitats y especies. Los efectos agudos suponen una afección sobre al menos el 50 por ciento de la población expuesta al agente causante del daño.

2º «Crónico»: nivel de intensidad que indica posibles efectos adversos a largo plazo para un porcentaje de la población expuesta al agente causante del daño comprendido entre el 10 y el 50 por ciento.

3º «Potencial»: nivel de intensidad que corresponde a efectos que superan el umbral ecotoxicológico y afectan al menos al 1 por ciento de la población expuesta al agente, pero no alcanzan los efectos de los niveles crónicos o agudos. El término «nivel de concentración admisible» hace referencia al umbral ecotoxicológico.

Cada nivel de intensidad del daño se corresponde con un umbral de toxicidad o curva de distribución de la toxicidad (CTD, por sus siglas en inglés). En este sentido, los CTD que se recogen con mayor frecuencia en las fichas de seguridad y, por lo tanto, los más empleados, se dividen en las siguientes categorías:

- *Median Lethal Concentration (LC50) o Median Effect Concentration (EC50)*: suelen tomarse como referencia para evaluar los efectos agudos, esto es, aquellos que suponen la afección a, al menos, el 50% de la población.
- *No Observed Effect Concentration (NOEC) o No Observed Adverse Effects Level (NOAEL)*: suelen emplearse como referencia para evaluar los efectos crónicos, que suponen la afección a entre el 10% y el 50 % de la población.
- *Predicted No Effects Concentration (PNEC)*: se asume que dicho umbral no garantiza la ausencia de daños potenciales, esto es, que afecten a al menos el 1% de la población.

Por motivos prácticos, además de estos tres niveles, en los análisis de riesgos suele diferenciarse un cuarto nivel de intensidad del daño. Se trata de los daños de intensidad letal, que supondrían una pérdida completa de los individuos de la población (100% de bajas ante el contacto con un agente).

De esta manera, la determinación de la intensidad del daño medioambiental por agente químico se construirá comparando la concentración prevista de la sustancia tóxica en el medio receptor (valor que se denomina Predicted Environmental Concentration o PEC y que puede

obtenerse de los modelos y criterios mencionados en el apartado de cálculo de la extensión del daño) con los anteriores CTD que figuren en la ficha de seguridad de la sustancia o en su defecto en bibliografía sobre toxicología. Así, si el PEC supera el valor del LC50 de la sustancia derramada, podrá afirmarse la aparición de un daño agudo y, con ello, la afección a más del 50% de la población.

No obstante, en el ámbito de los análisis de riesgos medioambientales, en los que se evalúan daños medioambientales hipotéticos, es posible que no se disponga de uno o de ambos de los componentes arriba indicados, bien porque los modelos y criterios de difusión empleados no ofrezcan la concentración esperada de la sustancia contaminante y/o porque no exista información toxicológica relativa a las sustancias contaminantes liberadas en el escenario de referencia. En estas circunstancias desde el presente MIRAT se recomienda adoptar un criterio de prudencia, asumiendo un nivel de intensidad letal para el escenario evaluado. En cualquier caso, se podrían seleccionar otros niveles de afección a la población de forma debidamente justificada.

Cuando se trata de evaluar los daños por vertidos de sustancias químicas a las aguas superficiales continentales se propone también emplear, como alternativa a lo establecido en el Anexo VI, la metodología propuesta en la *Technical Guidance Document* (TGD) de la Comisión Europea (ECB, 2003). Dicha guía ofrece un modelo de acceso público y gratuito a través de Internet para la obtención de la concentración esperada de la sustancia en el medio (PEC). Por otro lado, existe en la actualidad un elevado número de datos relativos a umbrales de toxicidad de numerosas sustancias en el agua, por lo que la evaluación de la intensidad del daño en el caso de vertidos de sustancias químicas a este medio receptor puede resultar más factible que realizar la misma operación para daños a otros recursos naturales.

Por otra parte, la naturaleza del contaminante más significativa del sector porcino (los purines), con una elevada carga orgánica con efectos muy dañinos sobre las masas de agua superficiales, exige el empleo de umbrales pero no tanto relativos a la sustancia contaminante (purines, o algún componente de los mismos) como de los efectos del contaminante sobre las características del medio (en este caso, el oxígeno disuelto en el agua). En el Anexo VI se desarrolla de forma más detallada la estimación de la intensidad del daño en el caso del vertido de purines a las aguas superficiales.

De forma adicional, en el caso de la contaminación por purines de las masas de agua subterránea, se propone emplear como sustancia de referencia los nitratos que contiene el purín o en los que se convertirá el nitrógeno amoniacal del purín (ver Anexo VI). De esta forma, pueden emplearse los CTD que la literatura aporta respecto a nitratos o, en su defecto, y teniendo en cuenta el marco de análisis de riesgos medioambientales en el que se encontraría el analista, la consideración de daños letales a las aguas subterráneas.

b) Intensidad del daño ocasionado por un incendio

La 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 propone evaluar la intensidad del daño ocasionado por un incendio calculando el cociente entre la superficie incendiada y la superficie total que habría estado expuesta a dicho incendio. Atendiendo al resultado de este cociente pueden asignarse los siguientes valores de intensidad del daño:

- Valores inferiores a 0,03 de este cociente: daño potencial.
- Valores comprendidos entre 0,03 y 0,25 de este cociente: daño crónico.
- Valores superiores a 0,25 de este cociente: daño agudo.

Sin embargo, como se ha indicado en el apartado anterior, en caso de que exista una notable incertidumbre en la evaluación de la intensidad se recomienda que el analista declare el daño como letal, adoptando un enfoque de precaución.

IX.3.3. Escala temporal del daño

Según lo descrito en el artículo 14 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, el estudio de la escala temporal del daño debe incluir una estimación de la duración, frecuencia y reversibilidad de los efectos que el agente causante del daño ocasiona sobre el medio receptor.

a) Duración del daño

Para valorar este parámetro el analista dispone del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) disponible en la página web del MITECO. Esta herramienta recomienda una técnica de reparación para el escenario que se haya introducido, que lleva vinculada un coste de ejecución y un plazo de recuperación de los daños. Aunque se sugiere acudir a esta herramienta como dato de partida con vistas a evaluar la duración del daño, resulta recomendable que el operador ajuste la información basándose en la situación específica real, pudiéndose modificar de forma justificada.

b) Frecuencia del daño

La frecuencia del daño medioambiental se corresponde con las veces al año que se estima que puede producirse un suceso. En el presente análisis de riesgos la frecuencia se corresponde con la probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales que puedan tener lugar en las instalaciones.

c) Reversibilidad del daño

En términos de la normativa de responsabilidad medioambiental se define un daño como reversible cuando se estima que los servicios y recursos naturales afectados por el mismo pueden devolverse a su estado original (estado básico en términos de la normativa de responsabilidad medioambiental) con un coste proporcionado y en un plazo de tiempo razonable.

En caso de producirse un daño catalogado como irreversible pasan a implementarse las medidas de reparación complementaria, en lugar de las de reparación primaria. A su vez, ambos tipos de medidas deben llevar asociada una reparación compensatoria cuando la reparación no se produzca de manera inmediata.

Con el fin de establecer la reversibilidad del daño, el analista puede basarse en una serie de pautas prácticas ofrecidas en el Documento Metodológico de MORA:

- Observaciones en referencia a la localización geográfica del daño. En MORA se asumen por defecto como irreversibles los daños ocasionados por sustancias no biodegradables sobre terrenos no accesibles.
- Observaciones sobre al agente causante de daño y la cantidad de recurso afectado. En la metodología del proyecto MORA se plantea la posibilidad de catalogar como irreversibles los daños para los cuales en la actualidad no se dispone de técnicas efectivas de reparación de los recursos naturales.

IX.3.4. Significatividad del daño

Teniendo en cuenta que la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental únicamente resulta aplicable cuando los daños ocasionados tengan la consideración de significativos, la determinación de la significatividad del daño evaluado es un aspecto clave en la evaluación. El resto de daños serán tratados a través de la normativa sectorial que corresponda.

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, en su artículo 2 desglosa los criterios a seguir de cara al estudio de la significatividad en función del tipo de recurso afectado: especies silvestres, hábitats, agua, ribera del mar y de las rías y suelo. De esta forma el operador, dentro de su correspondiente análisis de riesgos medioambiental, deberá indicar si el escenario accidental seleccionado implicaría o no una afección significativa a los citados recursos naturales.

Adicionalmente, el analista deberá tener en cuenta una serie de criterios establecidos en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre:

- El artículo 15 del Reglamento recoge una serie de criterios generales para determinar la significatividad.
- En el artículo 16 se disponen los criterios a seguir en función del tipo de recurso natural afectado.
- El artículo 17 recoge las disposiciones relativas al tipo de agente que causa el daño.
- Por último, el artículo 18 cita otros criterios para la estimación de la significatividad además de los ya citados.

En los análisis de riesgos medioambientales puede aparecer una notable incertidumbre a la hora de evaluar la significatividad de los daños ya que, merece la pena recordar, que en los mismos no se están evaluando daños ocurridos si no daños previstos o hipotéticos. Por ello, se sugiere a los operadores que siempre que no dispongan de información de detalle para

determinar la significatividad o no del daño declaren los daños evaluados como significativos, situando de esta forma su estudio del lado de la prudencia.

Especial complejidad representa la estimación de la significatividad del daño a las aguas subterráneas por vertido de purines, teniendo en cuenta que habría que considerar el estado previo químico y cuantitativo del recurso afectado y el nivel de calidad de dicho recurso a fin de considerar si los daños ocasionados a las aguas por un vertido son significativos. De acuerdo con el artículo 16 sobre significatividad del daño, los daños ocasionados a las aguas serán significativos si la masa de agua receptora experimenta un efecto desfavorable de su estado ecológico, químico o cuantitativo, en el caso de aguas superficiales o subterráneas, que traiga consigo un cambio en la clasificación de dicho estado en el momento de producirse la afectación, de conformidad con lo dispuesto en el reglamento de planificación hidrológica aprobado mediante el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio y demás legislación aplicable. En el caso de afectaciones a las masas de aguas subterráneas habría que considerar por lo tanto el estado previo de contaminación por nitratos del propio acuífero por derivado de otras fuentes de contaminación y valorar si como consecuencia del vertido se pudiera producir o no un cambio significativo de la concentración de nitratos que pudiera conllevar al cambio de la clasificación de la masa de agua.

X. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA POR RESPONSABILIDAD MEDIOAMBIENTAL

De acuerdo con la actual redacción del artículo 37 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre —según el Real Decreto 183/2015—, quedarán obligados a constituir la garantía financiera por responsabilidad medioambiental aquellos operadores que se encuentran en alguna de las siguientes actividades que expone el anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre:

- 1) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, recientemente derogado por el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- 2) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, también derogada, en este caso por el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

- 3) Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Por tanto, deberán constituir una garantía financiera obligatoria aquellos operadores cuyas instalaciones se encuentren incluidas en alguno de estos tres supuestos. En el caso del sector porcino se encuentran las instalaciones que dispongan de más de 2 000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg o más de 750 plazas si se trata de cerdas reproductoras.

Dichas instalaciones se encuentran catalogadas como de prioridad 3 en la Orden APM/1040/2017, de 23 de octubre, por la que se establece la fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria para las actividades del anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, clasificadas como nivel de prioridad 1 y 2, mediante Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, y por la que se modifica su anexo. En la fecha de redacción del presente MIRAT no se encuentra publicada la orden ministerial en la que se concretará la fecha a partir de la cual se exigirá la constitución de la garantía financiera obligatoria a las actividades clasificadas de prioridad 3.

La formulación del instrumento de garantía financiera, en cumplimiento de la normativa, atenderá a lo que se indica en los apartados 1 a 4 del artículo 40 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre —y su redacción modificada por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo—.

Según lo establecido en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, también modificado por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, la cuantía de la garantía financiera a constituir se corresponde con el valor económico de la reparación primaria del escenario de referencia obtenido tras la realización de un análisis de riesgo medioambiental de la actividad. Conforme se ha expuesto en los capítulos previos, el escenario de referencia será aquel con mayor valor del IDM de entre todos los escenarios que acumulen el 95% del riesgo total. Posteriormente, partiendo de la cuantificación de dicho escenario y según los criterios estipulados en el apartado IX del MIRAT, se otorgará un coste al proyecto de reparación primaria, para lo cual se puede utilizar la herramienta informática MORA, aplicación de acceso público y gratuito que cuenta con el respaldo de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales.

En la página web del MITECO existe numerosa bibliografía acerca de MORA con el fin de facilitar su uso: la guía de usuario, manuales, presentaciones o ejemplos de utilización en los análisis de riesgos. No obstante, merece la pena recalcar que su uso no es obligatorio sino, simplemente, recomendable, por lo que el operador que así lo desee podrá elaborar y presentar otro presupuesto de reparación de daños siempre que quede correctamente fundamentado.

Se reincide, además, en que si el proyecto de reparación primaria del escenario de referencia se basa íntegramente en la recuperación natural, dicho escenario no se podrá tomar como base para el cálculo de la garantía financiera, por lo que habrá que acudir al siguiente escenario con mayor IDM cuya reparación primaria no consista en esta medida de reparación.

El siguiente paso para calcular la garantía financiera consiste en añadir los costes de prevención y evitación del daño al valor calculado por MORA, puesto que esta aplicación no los incluye. Para ello, conforme con el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, el operador podrá:

- a) Aplicar un porcentaje sobre la cuantía total de la garantía obligatoria, o
- b) Estimar tales costes de prevención y evitación a través de su análisis de riesgos medioambientales.

En todo caso, la cuantía de los gastos de prevención y evitación del daño debe ser, como mínimo, el diez por ciento del importe total de la garantía que se haya calculado siguiendo los pasos anteriores.

Por último, debe indicarse que en el capítulo 28 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, se establecen una serie de exenciones a la hora de constituir la garantía financiera. En concreto quedan exentos ciertos operadores:

- Aquellos cuyos daños medioambientales potenciales no superen los 300 000 €
- Aquellos operadores que, pudiendo generar unos daños por valor comprendido entre 300 000 y 2 000 000 €, dispongan o bien de un sistema comunitario de gestión y auditoría ambientales (EMAS), o bien de un sistema de gestión ambiental UNE-EN ISO 14001.

En cualquier caso, la cobertura de la garantía financiera obligatoria nunca será superior a 20 000 000 € según dispone el artículo 30 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

XI. ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

La prevención del riesgo es uno de los pilares fundamentales en los que se basa la normativa de responsabilidad medioambiental. Llevar a cabo un análisis de riesgos medioambientales permite, además de obtener un escenario de referencia y calcular la cuantía de la garantía financiera, conocer los puntos fuertes y débiles de la instalación y poder actuar sobre ellos para optimizar la gestión del riesgo.

En general, la política de gestión de riesgos suele encaminarse a la adopción de medidas que permitan reducir la probabilidad y/o la magnitud de los posibles daños a niveles económica y técnicamente viables. De acuerdo con la UNE 150008, la gestión del riesgo se entiende como “la toma de decisiones más adecuadas sobre los riesgos ambientales, fundamentadas en los criterios de seguridad y eficiencia económica”. El proceso de gestión del riesgo incluye:

- a) El tratamiento de los distintos riesgos evaluados, tanto en su vertiente financiera como en su vertiente técnica.
- b) La comunicación adecuada con los grupos de interés relevantes a lo largo de todo el proceso.

En concreto, en el Anexo A de la norma UNE 150008 se identifican las siguientes perspectivas para la gestión del riesgo medioambiental:

- **Eliminación del riesgo.** Esta alternativa consiste en la eliminación total del riesgo mediante la supresión de la fuente de peligro o del agente causante de daño que lo origina. Es una medida deseable pero no siempre resulta posible debido a razones técnicas y/o económicas. Debe atenderse a la posibilidad de que la supresión de un riesgo pueda generar uno de distinta naturaleza, que en cualquier caso habrá que incluir en el análisis.
- **Reducción y control del riesgo.** Esta opción atiende a una reducción del riesgo en términos económica y técnicamente viables. Las acciones realizadas se encaminarían a reducir las consecuencias medioambientales de los escenarios, su probabilidad de ocurrencia o ambos. La norma UNE 150008 indica la necesidad de realizar un plan de control y seguimiento de los riesgos residuales que pudieran persistir en la instalación. Esta perspectiva es compatible con las alternativas de retención y transferencia de los riesgos que se detalla a continuación.
- **Retención y transferencia del riesgo.** La transferencia técnica del riesgo consiste en trasladar el riesgo a otro operador mediante la subcontratación. Este tipo de gestión del riesgo incide en la instalación y no tanto en las posibles consecuencias para el entorno. Otra posible medida consiste en la financiación del riesgo, cubriendo el coste de los potenciales daños. Dentro de esta última medida se encuentran las fianzas y avales, los depósitos, los fondos de garantía de solvencia, las pólizas de seguros y los fondos de garantía de indemnización.

Así, del presente MIRAT para el sector porcino se pueden deducir elementos de gestión del riesgo tanto en la parte causal como en la parte consecencial. A continuación se exponen en detalle estos apartados.

Fase causal

En la fase previa al incidente o suceso iniciador (los árboles de sucesos), el analista tendrá la capacidad de gestionar su riesgo disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores o mediante la reducción, en la medida de lo posible, de la cantidad de agente causante del daño que se liberaría en caso de accidente. Este esquema resulta eficaz como instrumento de gestión del riesgo en puntos determinantes vinculados a las fuentes de peligro de la instalación, es decir, equipos y sustancias:

- Equipos

Cuando la probabilidad de los sucesos básicos depende del tipo de equipos de la instalación, como puede ser el tipo de tanques aéreos (tanques aéreos de 1 o 2 capas, resistentes a explosiones, etc.) o el tipo de sistema de tuberías (aéreas o subterráneas) y su longitud, el operador puede disminuir la probabilidad de ocurrencia sustituyendo los equipos con mayor incidencia de fuga/rotura por otros que tengan valores menores en sus tasas de fallo.

En el Anexo IV del presente MIRAT se proporcionan valores concretos de probabilidad basados en bibliografía especializada que pueden ser de utilidad para el operador de cara a evaluar las posibles actuaciones a llevar a cabo con objeto de reducir la probabilidad de accidente. No obstante, el analista puede hacer uso de otras probabilidades de ocurrencia procedentes de un registro de accidentes propio o de diferentes bases de datos, siempre y cuando su utilización quede justificada.

- Sustancias

Las sustancias usadas en la instalación establecerán la clase de sucesos iniciadores que se puedan desarrollar. Por ejemplo, en instalaciones donde no se utilicen sustancias combustibles o inflamables o sea poco frecuente su uso, los sucesos iniciadores vinculados a incendio serán menos habituales o inexistentes.

Por todo ello, una de las medidas de gestión del riesgo que ofrece el análisis tiene que ver con la presencia de sustancias en la instalación. La sustitución de aquellas combustibles o inflamables por otras que no lo sean o lo sean en menor medida repercutirá en la ausencia o reducción de los sucesos de incendio asociado a fuga o en la disminución de la probabilidad por uso de compuestos poco inflamables.

En la misma línea, ligado a las características químicas de las sustancias, el uso de aquellas que resulten menos tóxicas, a pesar de que no contribuirá a reducir la probabilidad de un suceso, redundará en los escenarios de afección disminuyendo la intensidad del potencial daño medioambiental.

Por último, otro punto a tratar en la gestión del riesgo de una instalación es el volumen de los depósitos de sustancias tóxicas presentes en la misma debido a que cuando los depósitos sean de menor capacidad, la cantidad de sustancia que se libere en un incidente será menor que en plantas que posean depósitos de mayores.

Fase consecucional

Cuando se desencadena el suceso iniciador, su evolución depende de las características propias de la instalación, de forma que la ocurrencia de un escenario accidental obedecerá a los valores que el operador otorgue a los factores condicionantes en el árbol de fallos. Las probabilidades asignadas condicionarán la probabilidad final del escenario accidental y, en consecuencia, influirán directamente en la estimación del riesgo, que como se ha explicado en apartados precedentes es el producto de la probabilidad del escenario por sus consecuencias.

El detalle de dichos factores condicionantes puede consultarse en el Anexo V del presente MIRAT. Esencialmente, los árboles consecucionales proponen factores condicionantes pertenecientes a tres ámbitos:

- Sistemas de contención

Este factor condicionante se asocia a la capacidad de retención de la instalación ante un derrame de sustancias líquidas. Puede ser de carácter automático o manual, presentando mayor probabilidad de fallo la manual ya que requiere de la presencia y actuación del personal de la planta.

Adicionalmente, en caso de existir sistemas automáticos, la capacidad de retención volumétrica de los mismos reducirá la cantidad de agente causante del daño que entre en contacto con el medio en un escenario concreto, haciendo sus consecuencias menos graves.

- Sistemas de detección y extinción de incendios

De igual manera que en los sistemas de contención, la automaticidad de estos sistemas es lo que condiciona la tasa de fallos a aplicar en el árbol. Además, conforme puede consultarse en el Anexo V del MIRAT, la tasa de fallo de los sistemas de detección y extinción de incendios es función del tipo de sistema de detección (manual, automático o mixto), del tipo de sistema de extinción (rociadores de agua, rociadores de agua y espuma, extinción con gas o manual) y del tipo de combustible existente en la zona. El analista podrá tomar como referencia estos datos con objeto de determinar el sistema que considere más adecuado para su instalación dentro de su política de gestión de riesgos medioambientales.

- Gestión de aguas y derrames

Un sistema de gestión de los derrames de tipo pasivo, que no requiera de la presencia de personal, conllevará una tasa de fallo menor y, en consecuencia, una probabilidad de ocurrencia del escenario también inferior.

Del mismo modo que para los sistemas de contención, también variarán las consecuencias de los escenarios según la capacidad de retención de estos sistemas, que podrán minorar la cantidad de agente causante del daño que entra en contacto con los recursos.

Para la identificación de medidas de gestión del riesgo los operadores no pueden olvidar la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) en el marco de la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo respecto a la cría intensiva de aves de corral o cerdos.

Las MTD que se definen y describen en la citada Decisión de Ejecución serán de obligada aplicación a partir del 21 de febrero de 2021 para todas aquellas actividades especificadas en la sección 6.6 del anexo I de la Directiva 2010/75/UE.

Entre las MTD propuestas en la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, cabe mencionar por su especial incidencia en términos de responsabilidad medioambiental la MTD1, la cual consiste en implantar y cumplir un sistema de gestión ambiental (SGA). Esta MTD puede tener influencia sobre la gestión del riesgo medioambiental de las instalaciones, pero también sobre la obligatoriedad o no de constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental, en virtud de las exenciones establecidas en el artículo 28 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

La Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, identifica otras MTD con evidentes repercusiones en términos de gestión de riesgo y, por extensión, de responsabilidad medioambiental. Algunas de las MTD propuestas son únicamente aplicables a nuevas instalaciones aun por establecerse en el territorio (MTD2, por ejemplo, que incluye considerar una ubicación adecuada para la explotación), mientras que otras son aplicables a naves y explotaciones existentes (MTD18, que incluye la instalación de un sistema de detección de fugas).

En definitiva, y aunque no todas las MTD recogidas en la Decisión de Ejecución (UE) 2017/302 de la Comisión, de 15 de febrero de 2017, tiene repercusión en términos de riesgo medioambiental, el operador deberá considerar aquellas que sí que tienen implicaciones relevantes en términos de responsabilidad medioambiental.

XII. PUNTOS CRÍTICOS

La naturaleza sectorial del presente MIRAT puede conllevar dificultades a la hora de aplicar el mismo a cada una de las instalaciones del sector porcino. Por un lado, debido a la naturaleza de esta herramienta, es posible que no se cubran las características particulares de cada entidad y, por otro lado, su adaptación puede resultar compleja por el carácter técnico de su contenido.

Seguidamente se muestran una serie de pautas para subsanar las complicaciones que puedan presentarse durante las diferentes etapas.

Fase causal

El primer paso en el análisis de riesgos tiene que ver con la identificación de las fuentes de peligro para cada zona definida en la instalación. En esta etapa se pueden plantear varias problemáticas, principalmente unidas a particularidades de cada operador que no queden contempladas en el MIRAT. Si bien se han considerado en el MIRAT las actividades y procesos más comunes y significativos del sector porcino, puede haber zonas o fuentes de peligro en una instalación que no se engloben en las definidas para el sector. En ese caso, se recomienda su inclusión aplicando la misma metodología que se plasma en este informe, intentando ceñirse a la línea de lo expuesto para, posteriormente, definir los posibles sucesos básicos y comprobar si se pueden asimilar a los descritos o si, por el contrario, hay que acudir a bibliografía especializada o registros propios para asignar las probabilidades.

Ante la presencia de fuentes de peligro o zonas no contempladas, lo más importante es seguir meticulosamente todos los pasos dispuestos en el MIRAT para incluirlas en el análisis global de la instalación y que puedan ser comparables con el resto de fuentes de peligro. Los escenarios resultantes se considerarán escenarios singulares y habrán de ser caracterizados y evaluados junto al resto de escenarios, pudiéndose erigir alguno de ellos en el escenario de referencia para la garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

En el caso contrario, aquellas zonas o fuentes de peligro del presente MIRAT que el operador valore que su instalación no contiene o que no suponen un riesgo medioambiental relevante (debido a la reducida cantidad de agente causante del daño, a la baja toxicidad del mismo, a la reducida posibilidad de afección a los recursos naturales, a la consideración en el análisis de fuentes de peligro con una significativa mayor relevancia, etc.), podrán ser excluidas del modelo de forma justificada. El operador se centrará en aquellas zonas que entrañen un riesgo medioambiental relevante en su planta.

En lo que a sustancias utilizadas se refiere, cuando el operador estime que alguna de las que maneja en su instalación no queda cubierta en el proceso de análisis descrito pero su presencia se considera importante en términos de riesgo medioambiental, ya sea por volumen o por características químicas, aplicará el MIRAT tal y como se expone en el mismo identificando el agente causante del daño y describiendo la nueva sustancia.

Fase consecucional

La fase consecucional abarca desde el momento en el que se libera el agente causante del daño en un suceso iniciador dado con una probabilidad estimada, hasta su evolución en uno o varios escenarios accidentales.

Los denominados factores condicionantes toman importancia en esta etapa. En este MIRAT han sido definidos tres tipos de factores condicionantes (sistemas de contención, sistemas de detección y extinción de incendios y sistemas de gestión de derrames), tratando de englobar todas las casuísticas que se pueden manifestar en una instalación de este tipo. No obstante, pueden plantearse diversas particularidades en las instalaciones, pudiendo añadir algún factor condicionante particular si se considera oportuno. La naturaleza flexible del modelo hace posible la inclusión de nuevos factores en los árboles, siempre y cuando se valoren en los mismos términos que los ya contemplados (órdenes de probabilidad evidenciados, inclusión en el árbol de fallos, capacidad de contención si la tuviesen, etc.) y de manera fundamentada.

Al hilo de lo que se expone para la fase previa, la adición de un suceso iniciador de carácter particular dará lugar a escenarios singulares, que como ya se ha comentado, tendrán que incluirse en el proceso de valoración de gravedad de los daños mediante el IDM y, si procediera, cuantificarse del mismo modo.

Es importante recalcar que todos los escenarios que se observen en una instalación serán fruto de la aplicación de los árboles de sucesos y tendrán que llevar vinculada una probabilidad, un agente causante del daño con su cantidad y, cuando se concluya a partir de los árboles que se puede generar un daño al medio, un valor de IDM para los potenciales cruces agente-recurso que puedan concurrir. Ulteriormente, se hallará el valor del riesgo para cada escenario empleando la metodología de decisión que indica la normativa con vistas a definir el escenario de referencia. Finalmente, dicho escenario deberá ser cuantificado y monetizado.

Precisamente, los puntos críticos en la fase de definición de escenarios se pueden ceñir a los conceptos expresados en el anterior párrafo:

- **Probabilidad de los escenarios consecucionales**

Tanto en la fase causal como en la consecucional, la asignación de probabilidades se ha realizado acudiendo a bibliografía especializada que puede encontrarse en este documento. En el caso de análisis consecucional se han tomado tasas de fallo de sistemas de detección y contención que se muestran en el Anexo V del MIRAT.

La utilización de las tasas de fallo aportadas, como ya se ha indicado, es aconsejable pero no obligatoria. Si el analista dispone de datos propios u otras fuentes susceptibles de ser utilizadas podrán adaptarse los valores.

- **Cantidad de agente causante del daño**

La estimación del volumen de agente causante del daño es un punto crítico en el que el analista puede aportar su propia experiencia. En el apartado VIII.5, referente a los protocolos de cálculo de la cantidad de agente causante del daño, se exponen pautas a seguir para calcular la cantidad de agente asociada al suceso iniciador y al escenario. No obstante, el operador puede aplicar criterios diferentes en este sentido, siempre que queden fundamentados con base en sus propios registros o bibliografía especializada.

- **Cuantificación del daño para el escenario de referencia**

La cuantificación del escenario de referencia es uno de los puntos de mayor incertidumbre en los análisis de riesgos ya que se pueden emplear diversos criterios y modelos. En el presente MIRAT se ha pretendido dar una indicación respecto a modelos por agente y recurso natural, que se consideran asequibles en su uso y cuya precisión resulta aceptable en el marco de los análisis de riesgos medioambientales. El analista habrá de adaptarlos a sus circunstancias concretas o bien podrá acudir a otras fuentes de información que se juzguen igualmente válidas. En todo caso, acogiéndose al principio de precaución, se recomienda al analista adoptar los valores más desfavorables que, consecuentemente, cubrirán los escenarios medioambientalmente más dañinos.

- **Monetización del daño para el escenario de referencia**

La monetización del daño medioambiental del escenario de referencia puede realizarse a través de la herramienta MORA (Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental), disponible en la página web del MITECO⁹. La utilización de esta herramienta será en cualquier caso de carácter voluntario, pudiendo el operador recurrir a otros procedimientos más ajustados a su caso concreto para la monetización del daño medioambiental.

XIII. PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE RIESGOS SECTORIAL

En el artículo 34.3 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre se establece que *el operador actualizará el análisis de riesgos medioambientales siempre que lo estime oportuno y, en todo caso, cuando se produzcan modificaciones sustanciales en la actividad, en la instalación o en la autorización sustantiva*. Por ello, en esta sección se plasman una serie de indicaciones con la finalidad de guiar al sector de cara a las posibles actualizaciones de la herramienta de análisis de riesgo sectorial.

En primer lugar, el MIRAT debe ir adaptándose a los cambios relevantes que pueda sufrir el proceso que lleva a cabo el conjunto de las instalaciones del sector y que puedan ocasionar alteraciones en los riesgos medioambientales de la actividad.

⁹<https://servicio.mapama.gob.es/mora/login.action>

Es habitual que los sistemas productivos en la industria evolucionen con la finalidad de maximizar beneficios y optimizar los procesos. Además, debido a la presencia de las distintas normativas en materia industrial (directivas europeas, leyes estatales, etc.) estos cambios se hacen necesarios y cobran más importancia aumentando por consiguiente el control sobre las instalaciones para alcanzar la minimización del impacto medioambiental. Con todo ello se asume que el sector porcino evoluciona con el paso del tiempo y las técnicas aplicadas para alcanzar la producción deseada pueden ir cambiando y mejorando, pudiendo tener una incidencia directa en el análisis de riesgos de las instalaciones.

A la hora de actualizar el instrumento de análisis sectorial, podrían darse las siguientes circunstancias:

- **Zonas.** Prescindir de algunas zonas, aunar determinadas fases de producción, o rediseñar la mayoría de las instalaciones del sector implicaría reestablecer la zonificación de base estimada en el análisis.
- **Equipos.** La utilización generalizada en el sector de nuevos equipos, diferentes de los identificados en el presente MIRAT, conduciría a plantear su inclusión en el mismo siempre que representen nuevos riesgos medioambientales.
- **Sustancias.** La introducción en el sector de nuevas sustancias puede conllevar la revisión del MIRAT siempre que se alteren de forma significativa sus riesgos medioambientales. Además se habrá de tener en cuenta si se plantean modificaciones en las condiciones de almacenaje, por ejemplo aumentando o disminuyendo las capacidades volumétricas de los depósitos o directamente eliminándolos. Este hecho repercutiría en las cantidades de agente causante del daño que se pudieran liberar.
- **Sistemas de detección y contención.** En caso de que a nivel sectorial se modifiquen los factores condicionantes presentes en las instalaciones (cubetos, sistemas manuales de contención de derrames, sistemas de detección y extinción de incendios, etc.) deberá evaluarse la posible adaptación del MIRAT a los cambios realizados.

Conviene recalcar que los instrumentos sectoriales se elaboran con el fin de ser lo suficientemente flexibles y manejables como para que aun habiendo modificaciones, se mantenga la rigurosidad técnica.

La herramienta en sí misma busca atenerse lo más fielmente a la realidad del sector y ante todo pretende ser un elemento útil, por lo que carece de sentido que su rigidez la haga improductiva. Así, se considera que, a medida que se aplique el instrumento sectorial a las distintas plantas porcinas, el modelo se retroalimentará ajustándose cada vez más a las circunstancias y necesidades específicas del sector.

Además, es recomendable que el sector genere un registro de los accidentes que acontezcan y generen un daño medioambiental, pudiendo así disponer de información veraz y actualizada que a la larga pueda ser aprovechada en sucesivas ediciones del MIRAT.

XIV.BIBLIOGRAFÍA

BARRINGTON, S.F., JUTRAS, P.J. y BROUGHTON, R.S. (1987a) The sealing of soils by manure. I. Preliminary investigations. *Canadian Agricultural Engineering*, 29(2), 99-103.

BARRINGTON, S.F., JUTRAS, P.J. y BROUGHTON, R.S. (1987b) The sealing of soils by manure. II. Sealing mechanisms. *Canadian Agricultural Engineering*, 29(2), 105-108.

BRUMM, M.C, DAHLQUIST, J.M. y HEEMSTRA, J.M. (2000) Impact of feeders and drinker devices on pig performance, water use, and manure volume. *Swine Health Prod.*, 8(2): 51-57.

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES (CTPRDM) (2011, actualizado en 2015) *Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental*. Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales.

CULLEY, J.L.B. y PHILLIPS, P.A. (1982) Sealing of soils by liquid cattle manure. *Canadian Agricultural Engineering*, 24(2), 87-89.

DE SALAS, L. (2004) *Regionalización de leyes IDF para el uso de modelos hidrometeorológicos de estimación de caudales*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (DGC) (1999) *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*. Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes. Ministerio de Fomento.

DGPCyE, (2004). Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Guía para la realización del análisis del riesgo medioambiental (en el ámbito del Real Decreto 1254/99 [Seveso II]).

ECB (2003) *Technical Guidance Document on Risk Assessment*, in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part II. European Chemicals Bureau. European Commission. Joint Research Centre.

FLEMING, R., JOHNSTON, J. y FRASER, H. (1999) *Leaking of Liquid Manure Storages – Literature Review*. Prepared for Ontario Pork. University of Guelph

FLEMISH GOVERNMENT (2009) *Handbook failure frequencies 2009 for drawing a safety report*. Flemish Government. LNE Department. Environment, Nature and Energy Policy Unit. Safety Reporting Division.

GRIMAZ, S., ALLEN S., STEWART J. y DOLCETTI G. (2007) *Predictive Evaluation of the extent of the surface spreading for the case of accidental spillage of oil on ground*. Selected paper IcheaP8, AIDIC Conference Series, Vol. 8, 2007, pp. 151 – 160.

GRIMAZ, S., ALLEN S., STEWART J., DOLCETTI G. (2008) *Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes*,

Proceeding of 3rd International Conference on Safety & Environment in Process Industry, CISAP – 3, Rome (I) 11 – 14 May 2008, Chemical Engineering Transactions, Vol. 13, 2008. Ed. AIDIC Servizi s.r.l.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) (2003). *Assessment of benefits of fire compartmentation in chemical warehouses.*

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) (2012). Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments.

INSTITUT NATIONAL D'ÉTUDES DE LA SÉCURITÉ CIVILE (2001). *Défense extérieure contre l'incendie et rétentions. Document technique D9. Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction.* Fédération Française des Sociétés d'Assurances, Centre National de Prévention et de Protection.

JULIO, G., PEDERNEIRA, P. y CASTILLO, E. (1995) *Diseño funcional de simulador de incendios forestales.* Laboratorio de Incendios Forestales. Universidad de Chile.

PARKER, D.B., SCHULTE, D.D. y EISENHAUER, D.E. (1999) Seepage from Earthen Animal Waste Ponds and Lagoons— An Overview of Research Results and State Regulations. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 42(2), 485-493.

MARTÍN, V. (2009) *Evaluación del riesgo de incendio en un transformador.* Proyecto Fin de Carrera. Ingeniería Técnica Industrial: Electricidad. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA) (2014) *Evaluación de técnicas de reducción de emisiones en ganadería. Sectores de porcino y avicultura de carne y puesta.*

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA) (2015) *Evaluación de técnicas de gestión de deyecciones en ganadería. Sectores de bovino, porcino, avicultura de carne y puesta.*

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2006). *Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino en España.*

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2010) *Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino.*

PETERSEN, A. (2008) *Risk assessment for explosive failures in transformers and strategies to reduce such risks.* Cigre APA2 Transformer Conference, Sydney. Marzo 2008.

PIVATO, A. (2011) Landfill Liner Failure: An Open Question for Landfill Risk Analysis. *Journal of Environmental Protection*, 2, 287-297.

QUILES, A. y HEVIA, M.A. (2004) *Producción porcina intensiva.* Madrid (España). Agrícola Española.

SCHÜLLER, J.C.H. (2005) *Methods for determining and processing probabilities. Red Book. CPR 12E*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

SODEMASA (2011) *Proyecto demostrativo de gestión colectiva del purín en Aragón*. Life ES-WAMAR. LIFE 06 ENV/E/000044-ES-WAMAR.

USEPA (2001) *Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments*. American Petroleum Institute. National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. Coast Guard. U.S. Environmental Protection Agency.

YU, C., LOUREIRO, C., CHENG, J.-J., JONES, L.G., WANG, Y.Y., CHIA, Y.P. y FAILLACE, E. (1993) *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.

Legislación

BOE núm. 255, de 24 de octubre de 2007, páginas 43229 a 43250 (22 págs.). Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

BOE núm. 308, de 23 de diciembre de 2008, páginas 51626 a 51646 (21 págs.). 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.

BOE núm. 263, de 30 de octubre de 2017, páginas 103857 a 103866 (10 págs.). Orden APM/1040/2017, de 23 de octubre, por la que se establece la fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria para las actividades del anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, clasificadas como nivel de prioridad 1 y 2, mediante Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, y por la que se modifica su anexo.

BOE núm. 292, de 7 de diciembre de 1961, páginas 17259 a 17271 (13 págs.). Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

BOE núm. 15, de 18 de enero de 2005, páginas 1833 a 1843 (11 págs.). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Páginas web

AEMET

- <http://www.aemet.es/es/portada>

Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental

- http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Herramientas_de_evaluacion_de_difusion_y_comportamiento_de_agentes_quimicos_tcm7-270598.pdf

Atlas Nacional de España

- <http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/>

Banco de Datos de la Naturaleza

- <http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>

Behave

- <http://www.firemodels.org/index.php/behaveplussoftware/behaveplus-downloads>

Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)

- <http://www.globalwindmap.com/VisorCENER/mapviewer.jsf?width=973&height=847>

Espacios naturales protegidos

- <http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/>

Federal Remediation Technologies Roundtable

- <https://frtr.gov/>

ID-TAX

- <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/ID-TAX.aspx>

IDE-MAPAMA

- <http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/>

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

- <http://www.igme.es/>

Inventario Forestal Nacional

- <http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/>

Inventario de Presas

- <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/inventario-presas-y-embalses/>

Inventario Nacional de Biodiversidad

- http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-espanol-patrimonio-natural-biodiv/Componentes_Lista_IENPB.aspx

Libro Digital del Agua

- <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia-/infolibrodigital.aspx>

Mapa Forestal de España

- <http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.aspx>

Metodología y coberturas del modelo SIMPA

- https://servicio.mapama.gob.es/sia/visualizacion/lda/pdfs/SIMPA_resumen.pdf
- <http://sig.mapama.es/geoportal/>

Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA):

- <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/>

Módulo de cálculo del IDM y Guía de usuario

- <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/default.aspx#para1>

NAYADE

- <http://nayadeciudadano.mssi.es/>

Puertos del Estado

- <http://www.puertos.es/es-es>

Red de estaciones de aforo del CEDEX

- http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-mapa_gr_cuenca.asp

Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA)

- <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/servicios/>

Sistema de información de aguas subterráneas

- <http://sig.mapama.es/redes%2Dseguimiento/>

Sistema Integrado de Información del Agua (SIA)

- <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia/>

Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA)

- <http://sig.marm.es/siga/>

vLex España

- <https://supremo.vlex.es/vid/nulidad-otorgo-licencias-urbanistica-25-37390942>

ANEXO I: ELEMENTOS DEL MODELO

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. TABLA DE ELEMENTOS DEL MODELO	7

I. INTRODUCCIÓN

Este anexo recopila los elementos estructurales sobre los que se elabora el MIRAT para el sector porcino. Esta estructura se resume en la Tabla 6 del presente anexo, a partir de las siguientes zonas homogéneas de riesgo medioambiental:

- Zona de almacenamiento de purines.
- Zona de almacenamiento de combustibles.
- Zona de transformadores eléctricos.
- Zona de generadores eléctricos.
- Zona de carga y descarga.
- Zona de sistemas de tuberías.

La naturaleza de las actividades que se realicen en cada zona y de las sustancias involucradas determinan las fuentes de peligro relevantes, para las que se identifican las causas de peligro que pudieran generar un suceso iniciador (derrame e incendio, básicamente). De forma adicional, la Tabla 6 del presente anexo recoge el agente causante del daño y el tipo de árbol de sucesos que aplicaría a cada suceso iniciador y a partir del cual se generarían los escenarios accidentales.

La Tabla 6 contiene los siguientes campos:

Zona: zona de peligro a la que pertenece cada fuente de peligro dentro de la instalación.

Código: código alfanumérico único asignado a cada fuente de peligro. El código sigue una estructura del tipo F.X.Y, donde la F indica que se trata de una fuente de peligro, la X es el código de la zona a la que pertenece y la Y el número de fuente de peligro dentro de una misma zona.

Fuente de peligro: fuentes de peligro identificadas a nivel sectorial en el presente análisis de riesgos cuyo código aparece descrito previamente.

Causas: causas que pueden desencadenar un suceso iniciador en cada fuente de peligro. La identificación de las causas se ha basado en lo posible en la bibliografía existente (Tablas 1, 2, 3, 4 y 5) y, en caso de ausencia de información en estas fuentes, se han complementado mediante juicio experto.

Suceso básico: suceso o conjunto de sucesos que dan lugar a un determinado suceso iniciador, vinculado a cada fuente de peligro debido a la concurrencia de una o varias de las causas anteriormente identificadas.

Código suceso básico: código alfanumérico único asignado a cada suceso básico. Su estructura es S.X.Y, donde la S indica que se trata de un suceso básico, la X es el código de zona en la que se daría y la Y el número de suceso básico dentro de la zona.

Código suceso iniciador: código alfanumérico único asignado a cada suceso iniciador. En esta columna se incluyen los códigos de los sucesos iniciadores, que pueden ser similares a los de los sucesos básicos, en caso de sucesos no combinados, o tener su propia codificación en función de los sucesos que abarquen. La estructura para los sucesos aditivos es S.X.AoB, donde X es el código de zona y A y B son los números de los sucesos básicos que se combinan para dar lugar al suceso iniciador mediante un operador "O". En este caso la probabilidad del suceso iniciador será la suma de las probabilidades de los sucesos básicos que lo originan. A modo de ejemplo, la probabilidad del suceso iniciador S.X.AoB sería la suma de la probabilidad de los sucesos básicos S.X.A y S.X.B (el suceso iniciador S.X.AoB puede aparecer porque se dé el suceso básico S.X.A o el suceso básico S.X.B).

Los sucesos iniciadores combinados son aquellos que se generan por motivos distintos pero que tienen las mismas consecuencias (rotura del depósito por fallos propios del depósito o rotura del depósito por impacto de vehículo, por ejemplo), debiéndose sumar sus probabilidades para el tratamiento conjunto en el análisis de riesgos.

Agente causante de daño: agente que provoca el daño asociado a cada suceso iniciador. Dentro de los agentes merece la pena destacar la identificación en el presente MIRAT de las sustancias que se han denominado "MIC". Mediante este acrónimo se pretende agrupar a la totalidad de las sustancias químicas que puedan producir un incendio en las instalaciones, incluyendo por lo tanto sustancias muy inflamables (sustancias "M") cuyo punto de ignición es menor de 21°C, inflamables (sustancias "I") con un punto de ignición entre 21 y 55°C y combustibles (sustancias "C") con un punto de ignición superior a 55°C.

Árbol de sucesos tipo: indica el código del árbol de sucesos tipo que debe emplearse para identificar los escenarios accidentales a los que podría dar lugar cada suceso iniciador:

- Tipo 1, derrames
- Tipo 2, incendios
- Tipo 3, vertido de purines

En las Tablas 1, 2, 3, 4 y 5 se recogen las causas identificadas por la bibliografía. Finalmente, en la Tabla 6 se representa toda la estructura del modelo, haciendo referencia a las Tablas 1-5 cuando es necesario y añadiendo las causas de peligro identificadas mediante juicio experto.

Causas	Contribución (%)
Corrosión	20,00%
Rotura de los soportes del techo	1,00%
Fuga en las tuberías, bridas y válvulas	17,00%
Sobrellenado	15,00%
Otras	26,00%
Desconocidas	22,00%

Tabla 1. Causas de rotura de depósitos atmosféricos. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Fatiga del material	22,56%
Corrosión	13,60%
Defectos antes de ponerlo en operación	27,26%
Desconocido	26,76%
Varios (arrastre, mal funcionamiento, error humano, etc.)	7,32%
Defectos existentes antes de la entrega	2,00%

Tabla 2. Causas de rotura de depósitos a presión. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Error de fabricación	4,05%
Error de material	13,51%
Estrés mecánico	8,11%
Corrosión	8,11%
Sobrellenado	2,70%
Instalación errónea	1,35%
Desconexión de un botellón no vacío	5,41%
Conexión con material incompatible	8,11%
Caída	8,11%
Otros (principalmente, error humano)	40,54%

Tabla 3. Causas de rotura de depósitos móviles a presión (depósitos de gas móviles). Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Corrosión	9,40%
Erosión	0,80%
Presión externa	2,99%
Temperatura	3,80%
Instalación errónea	4,00%
Error de procedimiento	18,20%
Impacto	4,75%
Sobrepresión	12,10%
Vibración	1,50%
Error material	31,86%
Causas desconocidas	9,00%
Otras	1,52%

Tabla 4. Causas de rotura de tubería aérea. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Tipo de tubería	Causas	Contribución (%)
Tuberías de gas	Actividad de terceros (excavaciones, etc.)	49,60%
	Corrosión	15,40%
	Construcción/material	16,50%
	Movimientos naturales del suelo	7,30%
	Error de operación	4,60%
	Otros/desconocidas	6,70%
Tuberías de líquidos	Mecánicas (constructivas, de diseño y material)	28,42%
	Operativas (del sistema y humanas)	7,87%
	Corrosión	18,54%
	Peligros naturales (movimientos del suelo, etc.)	3,80%
	Actividad de terceros (excavaciones, etc.)	41,38%

Tabla 5. Causas de rotura de tubería subterránea. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II. TABLA DE ELEMENTOS DEL MODELO

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo
Almacenamiento de purines	F.P.1	Depósitos de almacenamiento de purines	Ver Tabla 1	Fuga/derrame del depósito o balsa de purines por rotura catastrófica	S.P.1	S.P.1	Purines	—
			Diseño inadecuado					
			Lluvia	Fuga/derrame de purines por rebosamiento del depósito o balsa de purines	S.P.2	S.P.2	Agua con purines	—
			Diseño inadecuado					
			Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de purines por fallo en la impermeabilización	S.P.3	S.P.3o4	Purines	Tipo 3
			Desgaste/corrosión					
			Error humano					
			Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de purines por rotura del depósito o balsa por colisión de vehículo	S.P.4	S.P.4	Purines	Tipo 3
Error humano								
Señalización y/o visibilidad defectuosa								
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC	Ver Tabla 1	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1o2	Sustancias MIC	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles					
			Error humano	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje por colisión de vehículo	S.C.2			
			Señalización y/o visibilidad defectuosa					
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas MIC	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.C.3	S.C.3o4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Derrame por rotura (S.C.1)					
			Foco de ignición	Incendio/explosión por colisión de vehículo en un depósito fijo aéreo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.C.4			
			Derrame por rotura (S.C.2)					
			Ver Tabla 1	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito subterráneo de almacenaje	S.C.5	S.C.5	Sustancias MIC	Tipo 1
			Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito subterráneo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.C.6	S.C.6	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Derrame por rotura (S.C.5)								
F.C.3	Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas MIC	Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito móvil	S.C.7	S.C.7o8	Sustancias MIC	Tipo 1	
		Desgaste/corrosión						
		Error humano						
		Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	S.C.8	S.C.8	S.C.8	Sustancias MIC	Tipo 1
		Error humano						
		Señalización y/o visibilidad defectuosa						
		Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito móvil con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.C.9	S.C.9o10	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
		Derrame por rotura (S.C.7)						
Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos MIC desde depósito móvil por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.C.10						
Derrame por colisión (S.C.8)								

Tabla6.Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo
Almacenamiento de combustibles	F.C.4	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	S.C.11	S.C.11o12	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Liberación de gas-Ver Tabla 2					
			Ausencia de revisiones y controles	Incendio/explosión por colisión de vehículo en depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	S.C.12			
			Error humano					
	Señalización y/o visibilidad defectuosa							
	F.C.5	Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión subterráneos + Derrame aguas de extinción	S.C.13			
	Liberación de gas-Ver Tabla 2							
F.C.6	Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos móviles a presión + Derrame aguas de extinción	S.C.14				
		Liberación de gas-Ver Tabla 3						
		Foco de ignición	Incendio/explosión por colisión de vehículo en depósito móvil a presión + Derrame aguas de extinción	S.C.15				
		Ausencia de revisiones y controles						
Error humano								
Señalización y/o visibilidad defectuosa								
Transformadores eléctricos	F.TR.1	Transformadores en baño de aceite	Ver Tabla 1	Fuga/derrame de aceites por rotura de transformador	S.TR.1	S.TR.1	Aceite	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	S.TR.2	S.TR.2	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Desgaste/corrosión					
			Error humano					
			Fallo del equipo					
	F.TR.2	Transformadores secos	Ausencia de revisiones y controles	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	S.TR.3	S.TR.3	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Desgaste/corrosión							
	Error humano							
	Fallo del equipo							
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Ausencia de revisiones y controles	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	S.GE.1	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Desgaste/corrosión							
	Error humano							
	Fallo del equipo							
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de almacenamiento de purines	Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de purines en operación de carga y descarga	S.CD.1	S.CD.1	Purines	Tipo 1
			Desgaste/corrosión					
			Error humano					
	F.CD.2	Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC	Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC en operación de carga y descarga	S.CD.2	S.CD.2	Sustancias MIC	Tipo 1
			Desgaste/corrosión					
			Error humano					
F.CD.3	Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquidos MIC en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	S.CD.3	S.CD.3	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
Ausencia de revisiones y controles								
Desgaste/corrosión								
Error humano								
		Derrame de sustancia (S.CD.2)						
		Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga de gases inflamables/comburentes en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	S.CD.4	S.CD.4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
	Ausencia de revisiones y controles							
	Desgaste/corrosión							
	Error humano							

Tabla6 (continuación).Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo
Sistemas de tuberías	F.TB.1	Tuberías aéreas de purines	Ver Tabla 4	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas de purines	S.TB.1	S.TB.1o2	Purines	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de purines por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	S.TB.2			
			Error humano					
			Señalización y/o visibilidad defectuosa					
	F.TB.2	Tuberías aéreas de sustancias líquidas MIC	Ver Tabla 4	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas con sustancias líquidas MIC	S.TB.3	S.TB.3o4	Sustancias líquidas MIC	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	S.TB.4			
			Error humano					
			Señalización y/o visibilidad defectuosa					
			Foco de ignición	Incendio/explosión por rotura de tuberías aéreas con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.TB.5	S.TB.5o6	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Derrame de líquidos MIC (S.TB.3)					
	Foco de ignición	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de líquido MIC + Derrame aguas de extinción	S.TB.6					
	Derrame de líquidos MIC (S.TB.4)							
F.TB.3	Tuberías subterráneas de purines	Ver Tabla 5	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas de purines	S.TB.7	S.TB.7	Purines	Tipo 1	
F.TB.4	Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC	Ver Tabla 5	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con sustancias líquidas MIC	S.TB.8	S.TB.8	Sustancias MIC	Tipo 1	
		Foco de ignición	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	S.TB.9	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
		Derrame de líquidos MIC (S.TB.8)						
F.TB.5	Tuberías aéreas de gases inflamables	Foco de ignición	Incendio/explosión por fuga desde las tuberías aéreas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.10	S.TB.10o11	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
		Liberación del gas-Ver Tabla 4						
		Foco de ignición	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.11				
		Ausencia de revisiones y controles						
		Error humano						
Señalización y/o visibilidad defectuosa								
F.TB.6	Tuberías subterráneas de gases inflamables	Foco de ignición	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.12	S.TB.12	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
		Liberación del gas-Ver Tabla 5						

Tabla6 (continuación).Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II: ÁRBOLES DE SUCESOS

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ÁRBOLES DE SUCESOS.....	4

I. INTRODUCCIÓN

En este anexo se presentan los árboles de sucesos planteados en el MIRAT para el sector porcino, en los que se representa la evolución de los distintos sucesos iniciadores identificados para este sector.

En concreto, se han identificado tres árboles tipo:

- Árbol tipo 1: refleja el análisis de la evolución de derrames de sustancias químicas líquidas.
- Árbol tipo 2: refleja el análisis de la evolución de incendios.
- Árbol tipo 3: dirigido al análisis de la evolución de un vertido de purines por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa.

En la Tabla 1 se identifica el árbol de sucesos (Tipo 1, 2 o 3) que ha de aplicarse a cada suceso iniciador atendiendo a la codificación de los mismos recogida en el Anexo I del MIRAT. Los sucesos iniciadores S.P.1 y S.P.2 no tienen árbol de sucesos asignados, al considerarse que la naturaleza de los mismos impide la participación de factores condicionantes (medidas de prevención y evitación de nuevos daños).

Árbol de sucesos tipo	Descripción del árbol tipo	Código suceso iniciador
Tipo 1	Derrames	S.C.1o2
		S.C.5
		S.C.7o8
		S.TR.1
		S.CD.1
		S.CD.2
		S.TB.1o2
		S.TB.3o4
		S.TB.7
		S.TB.8
Tipo 2	Incendio	S.C.3o4
		S.C.6
		S.C.9o10
		S.C.11o12
		S.C.13
		S.C.14o15
		S.TR.2
		S.TR.3
		S.GE.1
		S.CD.3
		S.CD.4
		S.TB.5o6
		S.TB.9
S.TB.10o11		
S.TB.12		
Tipo 3	Vertido de purines	S.P.3o4
—		S.P.1
		S.P.2

Tabla 1. Sucesos iniciadores vinculados a cada árbol tipo. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los árboles de sucesos citados previamente. Los árboles están formados, siguiendo el orden, de los siguientes campos:

Suceso iniciador: indica el tipo de suceso iniciador al que va dirigido el árbol.

Prob. (veces/año): campo que debe ser completado por el operador, en el que introducirá la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador atendiendo a las indicaciones ofrecidas en la memoria del MIRAT.

Vol. Lib. (m³): campo en el que el operador introducirá la cantidad de agente causante de daño (en metros cúbicos) asociada al suceso iniciador siguiendo las indicaciones ofrecidas en la memoria del MIRAT.

Factores condicionantes: cada uno de los árboles presenta unos factores condicionantes específicos con la finalidad de prever la posible evolución del suceso iniciador. Los principales factores condicionantes recogidos en los árboles son los siguientes: actuación de la contención automática, actuación de la contención manual, actuación de la gestión de aguas y derrames y actuación de la detección y extinción temprana de incendios.

Vol. Ret. (m³): volumen que se estima que puede retener cada uno de los factores condicionantes que representan medidas de retención (cubetos y dispositivos asimilables).

Código: código de cada escenario accidental, respondiendo a la estructura E.X.Y., donde X es el código del tipo de árbol al que pertenece (1: derrame de sustancias químicas líquidas; 2: incendio; 3: vertido de purines) y la Y el número de escenario dentro de cada árbol.

Prob. Esc. (veces/año): muestra la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental calculada siguiendo las indicaciones ofrecidas en el presente MIRAT.

Vol. Esc. (m³): es la cantidad de agente que sería liberada bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental calculada atendiendo a lo expuesto en la memoria del MIRAT.

Recursos afectados: en este apartado del árbol de sucesos, se identifican los recursos naturales cubiertos por la normativa de responsabilidad medioambiental que podrían verse afectados, al menos potencialmente, bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental. En el árbol se utilizan las siguientes iniciales: A (para agua), S (para suelo), H (para especies vegetales) y E (para especies animales). La ribera del mar y de las rías puede considerarse una combinación de los recursos anteriores.

Las afecciones a cada recurso se denotan marcando con una letra la casilla correspondiente a dicho recurso para cada escenario. Las letras empleadas son: Q (si se prevé una posible afección por agentes químicos) e I (si se prevé una posible afección por incendio). Las celdas en blanco se corresponden a las afecciones que, al

menos *a priori*, podrían considerarse no relevantes. No obstante, se debe tener presente que el operador deberá considerar como relevantes todos aquellos escenarios cuya probabilidad de ocurrencia estimada sea mayor que cero y, adicionalmente, o su volumen de agente químico liberado sea mayor que cero o su agente liberado sea un incendio con afección a los recursos naturales.

II. ÁRBOLES DE SUCESOS

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. Lib. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob. (veces/año)	Vol. Ret. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención manual?	Prob. (veces/año)	Vol. Ret. (m ³)	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob. (veces/año)	Vol. Ret. (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados			
																A	S	H	E
Fuga/derrame de sustancias químicas líquidas			Sí			Sí			Sí			E.1.1							
						No			No			E.1.2							
						No			Sí			E.1.3							
									No			E.1.4							
			No			Sí			Sí			E.1.5							
									No			E.1.6				Q	Q	Q	Q
						No			Sí			E.1.7							
									No			E.1.8				Q	Q	Q	Q

Q: posible afección por vertido de agentes químicos

En los presentes árboles sectoriales se asume que la contención automática y la gestión de aguas y derrames tienen una capacidad de contención suficiente para retener la totalidad del agente causante del daño; mientras, la contención manual, sólo ofrecería una retención parcial. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador debe evaluar su caso particular con la finalidad de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas.

Figura1.Árbol de sucesos de Tipo 1: Derrame de sustancias químicas líquidas. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. Lib. (m ³)	¿Actúa eficazmente la detección y extinción temprana de incendios?	Prob. (veces/año)	Vol. Lib. (m ³)	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob. (veces/año)	Vol. Ret (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados			
													A	S	H	E
Incendio + Derrame de aguas de extinción			Sí						E.2.1							
			No			Sí			E.2.2						I	I
			No			No			E.2.3					Q	Q	Q/I

Q: posible afección por vertido de agentes químicos

I: posible afección por incendio

En los presentes árboles sectoriales se asume que la extinción temprana no supondría un derrame de sustancias químicas ya que los medios de extinción empleados no generarían un gran volumen de agentes de extinción. En caso de no existir extinción temprana se produciría un incendio que llevará aparejado el vertido de agua de extinción en caso de funcionamiento deficiente del sistema de gestión de aguas y derrames. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas

Figura 2.Árbol de sucesos de Tipo 2: Incendio. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. Lib. (m ³)	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob. (veces/año)	Vol. Ret (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados			
										A	S	H	E
Vertido de purines por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa			Sí			E.3.1							
			No			E.3.2				Q	Q	Q	Q

Q: posible afección por vertido de agentes químicos

En los presentes árboles sectoriales se asume que la gestión de aguas y derrames tiene una capacidad de contención suficiente para retener la totalidad del agente causante del daño. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas.

Figura 3.Árbol de sucesos de Tipo 3: Vertido de purines por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa. Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO III: REBOSAMIENTO DEL DEPÓSITO O
BALSA DE PURINES**

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA (CURVAS IDF).....	2
III. LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA EN EL MARCO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES SECTORIALES PARA EL SECTOR PORCINO	8
IV. REFERENCIAS	11

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los supuestos de accidente que pueden producirse en relación con los depósitos o balsas de almacenamiento de purines de las granjas porcinas es el rebosamiento de dicho almacenamiento por un evento lluvioso intenso.

El artículo 3.4.b) de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental establece que esta ley no se aplicará en el caso de fenómenos naturales de carácter excepcional, inevitable e irresistible. De esta forma, el evento lluvioso que pudiera provocar el rebosamiento de la balsa ha de ser lo suficientemente intenso para provocar el rebosamiento pero no ha de tener un carácter excepcional.

La Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones establece una clasificación de las zonas inundables:

- Zona de inundación frecuente. Zonas inundables para avenidas de período de retorno de cincuenta años.
- Zonas de inundación ocasional. Zonas inundables para avenidas de período de retorno entre cincuenta y cien años.
- Zonas de inundación excepcional. Zonas inundables para avenidas de período de retorno entre cien y quinientos años.

De esta forma, y atendiendo a este criterio, se determina que un evento excepcional de inundaciones (y, por extensión, de lluvias) se asocia con un período de retorno mayor de 100 años.

Por su parte, la cantidad de agua de un evento de precipitación es función de la intensidad de la lluvia (mm/h o l/m².h) y de su duración. Por otra parte, y especialmente relevante a efectos de un análisis de riesgos medioambientales, dichos parámetros de intensidad y duración llevan asociados una frecuencia, es decir, una probabilidad de que un evento con determinadas características de intensidad y duración tenga lugar al año.

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (curvas IDF) relacionan estos tres parámetros y permiten conocer la probabilidad de que se produzca una lluvia con determinadas características de intensidad y duración. En dichas curvas, la probabilidad de ocurrencia se expresa mediante el concepto de período de retorno; en concreto, la probabilidad de ocurrencia es la inversa del período de retorno.

II. CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA (CURVAS IDF)

Las curvas IDF se construyen para cada localización. La tesis doctoral de De Salas (2004) permite construir estas curvas IDF para una localización en la España peninsular (según el Censo Agrario de 2009, la cabaña ganadera porcina de Illes Balears y Canarias es únicamente el 0,44% de UG del total nacional), a partir de determinados parámetros recogidos en DGC (1999).

De Salas (*op. cit.*) ilustra en su Apéndice IV la construcción de las curvas IDF. La tesis propone la siguiente ecuación:

$$I(d, T) = \frac{\overline{PMDA}^P}{24} * 1,13 * g^P(d) * \begin{cases} h_L(T) * CA(T)_F^P \\ h_C(T) * CA(T)_F^P \end{cases} \quad [1]$$

Donde:

$I(d, T)$ es la intensidad de una precipitación (en mm/h) con una duración (d) y para un período de retorno (T)

\overline{PMDA}^P es la precipitación máxima diaria anual media correspondiente al punto considerado, obtenida en DGC (1999)

$CA(T)_F^P$ es el cuantil adimensional, deducido por Ferrer para la estimación de la precipitación máxima diaria anual y para el período de retorno (T) considerado, que se puede obtener en *ibid.*

$g^P(d)$ es la función I-D con los parámetros deducidos en la estación/estaciones con pluviógrafo próximas, o bien de los mapas de iso-líneas deducidos a partir de ellos

$h_L(T)$ y $h_C(T)$ son funciones que relacionan los cuantiles adimensionales para largas y cortas duraciones, con los correspondientes a lluvias diarias, recogidos estos últimos también en DGC (*op. cit.*) para los distintos períodos de retorno (T)

A continuación se procede a explicar el procedimiento para la aplicación de esta ecuación:

1. Estimación de \overline{PMDA}^P .

DGC (1999) recoge unos mapas en los que se puede extraer el valor de la precipitación máxima diaria anual media: este parámetro aparece en estos mapas en isolíneas de color morado.

Dado el nivel de precisión necesario para la utilización de este parámetro en un análisis de riesgos medioambientales, se permite en este ámbito la utilización de esta fuente incluso en el caso de que la instalación o la localidad donde se ubique tengan un pluviómetro.

En el caso de Lleida, por ejemplo, el valor de \overline{PMDA}^P sería el de 43 mm.

2. Obtención de $CA(T)_F^P$

De nuevo, DGC (1999) recoge en los mismos mapas los valores a partir de los cuales se obtiene $CA(T)_F^P$: en este caso, es necesario observar el valor de la isolínea roja más cercana al punto o zona del que queremos obtener la curva IDF. Posteriormente, este valor —que se corresponde, según DGC (1999), con un parámetro denominado Cv— se traslada a la Tabla 1 que se recoge posteriormente, obteniéndose $CA(T)_F^P$ para distintos períodos de retorno o para el que el analista quiera obtener.

Siguiendo con el ejemplo de Lleida, la isolínea Cv más próxima en los mapas de DGC (*op. cit.*) tiene el valor de 0,4, por lo que el valor $CA(T)_F^P$ para el período de retorno de 100 años es de 2,403.

Cv	Período de retorno (T) en años							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0,30	0,935	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,251	2,541
0,31	0,932	1,198	1,385	1,640	1,854	2,068	2,296	2,602
0,32	0,929	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,342	2,663
0,33	0,927	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,388	2,724
0,34	0,924	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,434	2,785
0,35	0,921	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,480	2,831
0,36	0,919	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,525	2,892
0,37	0,917	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,571	2,953
0,38	0,914	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
0,39	0,912	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	2,663	3,067
0,40	0,909	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	2,708	3,128
0,41	0,906	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	2,754	3,189
0,42	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	2,800	3,250
0,43	0,901	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	2,846	3,311
0,44	0,898	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	2,892	3,372
0,45	0,896	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	2,937	3,433
0,46	0,894	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	2,983	3,494
0,47	0,892	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,044	3,555
0,48	0,890	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,098	3,616
0,49	0,887	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,128	3,677
0,50	0,885	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,189	3,738
0,51	0,883	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,220	3,799
0,52	0,881	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,281	3,860

Tabla 1. Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997). Fuente: DGC (1999)

3. Estimación de g(d)

$g(d)$ es una función que recoge la variación de la Intensidad con la duración “d”; generalmente, una lluvia de mucha intensidad tendrá escasa duración. De Salas (2004) construye esta función a partir de los parámetros “k” y “a” —que dependen de la localización— y de la duración de la lluvia (d):

$$g(d) = k^{(24^a - d^a)}$$

[2]

Donde:

$g(d)$ es una función que recoge la variación del cociente de la Intensidad máxima anual media para una duración “d” entre la de 24 horas y la duración.

k y a son parámetros que dependen de la localización.

d es la duración del episodio de precipitación.

De Salas (2004) muestra unos mapas de la España peninsular y de las Islas Baleares en las que se representan las isóneas de los parámetros “k” y “a”. Asimismo, recopila los valores de estos parámetros para 63 estaciones meteorológicas, que se recogen en la Tabla 2. El analista escogerá los valores de “k” y “a” para la localización concreta en la que esté trabajando, ya sea a partir de los mapas de isóneas de De Salas (2004) o escogiendo la estación de la Tabla 2 más cercana o de características más similares a la localización de estudio.

Estación	Nombre	a	k
34	Valls	0,247	12,8
111	Sallent	0,134	9,5
201	Barcelona	0,153	11,2
222	Caldas Mombuy	0,240	13,2
225	Sabadell	0,135	11,7
370	Girona	0,119	7,6
429	Figueras	0,103	8,9
1024	San Sebastián	0,060	7,2
1082	Sondica	0,060	6,9
1110	Santander	0,115	7,5
1208	Gijón	0,082	7
1212	Arnao	-0,049	5,6
1387	Coruña	0,065	8,1
1428	Santiago	0,009	5
1495	Vigo	0,039	6,2
1496	Vigo (Peinador)	0,145	6,9
1499	Punto Centro	0,180	8,8
1549	Ponferrada	0,056	8,7
2030	Soria	0,088	10,1
2139	Linares	0,137	11,9
2243	P. Aguilar	0,079	8,7
2331	Burgos	0,088	10
2363	P. Compuerto	0,104	8,4
2422	Valladolid	0,070	10
2444	Ávila	0,156	12,8
2462	Navacerrada	-0,042	4,7
2614	Zamora	0,107	11,7
2633	P. Porma	0,013	5,5
2661	León	0,077	7,4
2867	Salamanca	0,103	10,4
3013	Molina de Aragón	0,123	11,3
3195	Madrid-Retiro	0,094	9

Estación	Nombre	a	k
3196	Madrid - 4v	0,097	9,1
3200	Getafe	0,135	10,4
3259	Toledo	0,085	11,6
3469	Cáceres	0,129	9,9
4121	Ciudad Real	0,100	10,4
4245	Guadalupe	-0,125	4,8
4452	Badajoz (Talavera)	0,139	10,2
4478	Badajoz (instituto)	0,086	9,6
4605	Huelva	0,134	10,9
5530	Chauchina	0,064	9,2
5911	Grazalema	-0,041	4
6006	Algeciras	0,061	7
6024	Guadarranque	0,106	5,7
6120	Guadalhorce	0,106	7,3
6172	Málaga	0,291	9
7031	Murcia S. Javier	0,157	12,2
7228	Murcial Alcantarilla	0,163	11,9
8025	Albacete C. Jardín	0,246	12,3
8175	Albacete	0,119	12,7
8416	Valencia	0,122	8,4
8500a	Castellón	0,180	10,6
9121	Haro	0,119	10,6
9148	Logroño	0,119	10,8
9171	Cabreja	0,018	9
9434	Zaragoza	0,104	9,2
9443	Mezalocha	0,135	10,9
9771	Lleida	0,122	13,1
9898	Huesca	0,039	8,4
9980A	Tortosa	0,195	10,3
9981	Roquetas	0,142	9,5
63250	Almería	0,197	13,8

Tabla 2. Parámetros “k” y “a” de la expresión I-D seleccionada en cada una de las estaciones con pluviógrafo. Fuente: De Salas (2004)

Siguiendo con el ejemplo, para la localización de Lleida, la Tabla 2 arroja unos valores de “a” y “k” de 0,122 y 13,1, respectivamente.

4. Determinación de la función h(T)

La función h(T) informa sobre la variación de la intensidad en función del período de retorno (T): a mayores períodos de retorno, mayores intensidades de precipitación.

Tal y como se ha recogido anteriormente, De Salas (2004) propone dos formas de esta ecuación, en función de la duración de la lluvia:

$$h_c(T) = -0,044 * (\ln(T))^2 + 0,00679 * \ln(T) + 0,9466 \quad [3]$$

Donde:

$h_c(T)$ es la función de variación de la intensidad con el período de retorno para duraciones de la lluvia menores o iguales a una hora.

T es el período de retorno.

$$h_L(T) = -0,0019 * (\ln(T))^2 + 0,0299 * \ln(T) + 0,9785 \quad [4]$$

Donde:

$h_L(T)$ es la función de variación de la intensidad con el período de retorno para duraciones de la lluvia mayores a una hora.

T es el período de retorno.

5. Obtención de la Intensidad máxima para cada duración y período de retorno

Finalmente, se aplicaría la ecuación [1] para una localización concreta (en el ejemplo, Lleida), una duración determinada (por ejemplo, media hora) y un período de retorno concreto (100 años):

$$I(0,5,100) = \frac{43}{24} * 1,13 * 13,1^{(24^{0,122} - 0,5^{0,122})} * (-0,044 * (\ln(100))^2 + 0,00679 * \ln(100) + 0,9466) = 138,53 \text{ mm/h}$$

De esta forma, e introduciendo en las respectivas ecuaciones los parámetros adecuados, es posible elaborar la Tabla 3, en la que se recogen, para la ciudad de Lleida, la intensidad máxima de una precipitación en función de la duración de la misma y del período de retorno.

Duración	Período de retorno (T)							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
5 min	114,42	167,86	208,65	269,25	317,73	369,12	422,78	497,28
10 min	80,31	117,82	146,45	188,99	223,01	259,09	296,75	349,04
15 min	64,37	94,43	117,37	151,46	178,73	207,64	237,82	279,73
20 min	54,64	80,16	99,63	128,57	151,72	176,26	201,88	237,46
30 min	42,94	63,00	78,30	101,05	119,24	138,53	158,66	186,62
1 h	27,64	40,55	50,41	65,05	76,76	89,18	102,14	120,14
2 h	17,23	24,56	29,99	37,96	44,27	50,95	57,94	67,71
3 h	12,77	18,20	22,22	28,13	32,80	37,76	42,93	50,17
6 h	7,38	10,52	12,85	16,26	18,96	21,83	24,82	29,00
12 h	4,07	5,80	7,08	8,96	10,44	12,02	13,67	15,97
24 h	2,12	3,03	3,70	4,68	5,46	6,28	7,14	8,35

Tabla 3. Intensidad máxima de una precipitación en Lleida en función de la duración y del período de retorno. Fuente: Elaboración propia

Con esta información se construyen las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (o curvas IDF), como las que se recogen en el Gráfico 1 para el ejemplo de Lleida.

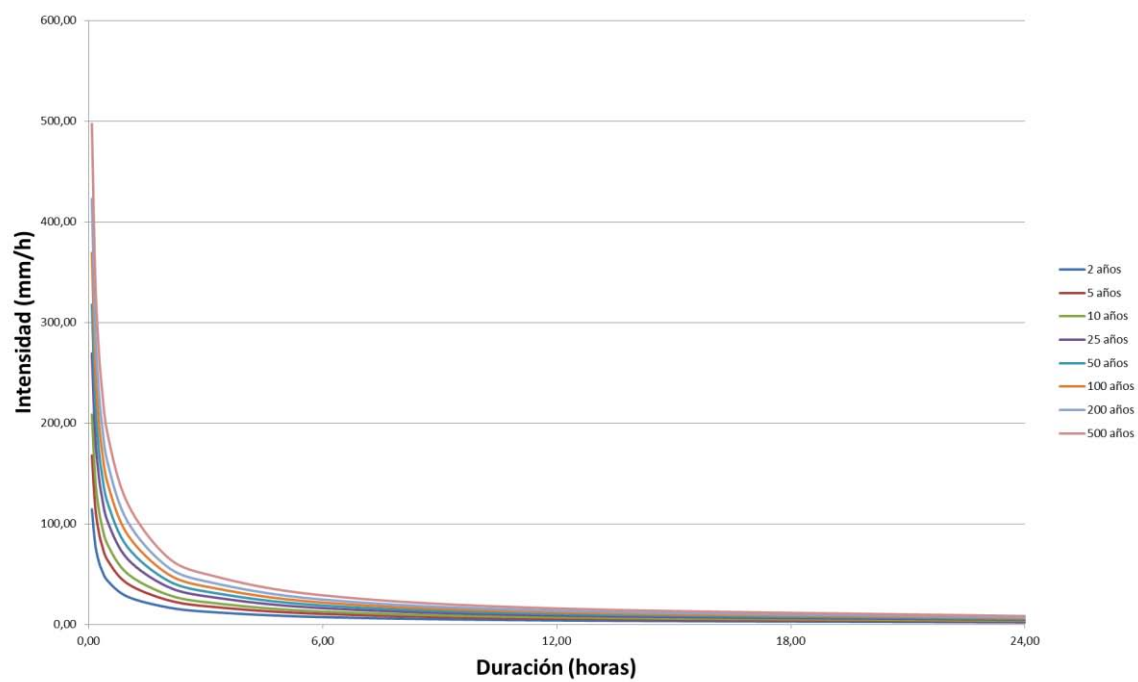


Gráfico 1. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para Lleida. Fuente: Elaboración propia

III. LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA EN EL MARCO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES SECTORIALES PARA EL SECTOR PORCINO

A efectos del interés de los datos obtenidos en el epígrafe anterior para el MIRAT para el sector porcino y, en concreto, para la evaluación del riesgo de rebosamiento de la balsa o depósito de purines, resulta necesario traducir los datos de la Tabla 3 a precipitación total (en mm), como se recoge en la Tabla 4.

Duración	Período de retorno (T)							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
5 min	9,54	13,99	17,39	22,44	26,48	30,76	35,23	41,44
10 min	13,39	19,64	24,41	31,50	37,17	43,18	49,46	58,17
15 min	16,09	23,61	29,34	37,87	44,68	51,91	59,46	69,93
20 min	18,21	26,72	33,21	42,86	50,57	58,75	67,29	79,15
30 min	21,47	31,50	39,15	50,52	59,62	69,26	79,33	93,31
1 h	27,64	40,55	50,41	65,05	76,76	89,18	102,14	120,14
2 h	34,47	49,13	59,98	75,92	88,54	101,91	115,88	135,41
3 h	38,31	54,61	66,67	84,38	98,41	113,27	128,80	150,51
6 h	44,29	63,13	77,07	97,56	113,78	130,95	148,91	174,01
12 h	48,79	69,54	84,90	107,46	125,34	144,25	164,03	191,68
24 h	50,99	72,68	88,73	112,31	130,99	150,76	171,42	200,32

Tabla 4. Precipitación total (en mm) en Lleida en función de la duración de la lluvia y del período de retorno. Fuente: Elaboración propia

De esta forma, para una duración de la lluvia máxima (24 horas) y un período de retorno de 100 años, el depósito o balsa de purines debería soportar una subida del nivel de 15 cm (150,76 mm) para evitar su rebosamiento. En el período de retorno (T) de 100 años, como se ha comentado anteriormente, se encuentra la frontera entre precipitaciones “normales” ($T < 100$ años) y excepcionales ($T \geq 100$ años); la normativa sobre responsabilidad medioambiental no se aplica en el caso de fenómenos naturales de carácter excepcional, inevitable e irresistible, por lo que el operador quedaría exento de constituir garantía financiera si el período de retorno en el que, en su caso, se supera la altura que la balsa podría absorber es mayor a 100 años.

Por otra parte, la probabilidad de que se produzca un rebosamiento de la balsa y, con ello, un vertido de purines se corresponderá con la inversa del período de retorno en el que la precipitación total es mayor que la altura a la que se encuentra el nivel de purines en el depósito o balsa respecto a su borde (ver Tabla 5), siempre para períodos de retorno iguales o inferiores a 100 años.

Período de retorno (años)	Probabilidad (veces/año)
2	0,500
5	0,200
10	0,100
25	0,040
50	0,020
100	0,010
200	0,005
500	0,002

Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia asociada a los distintos períodos de retorno. Fuente: Elaboración propia

En el caso en el que la capacidad del depósito o balsa se viera superada por la lluvia para algún período de retorno igual o inferior a los 100 años, el operador asignaría al suceso iniciador S.P.2 la probabilidad correspondiente al período de retorno en el que eso ocurre.

Finalmente, y con el fin de facilitar al operador la evaluación del riesgo de que en su instalación pueda darse un rebosamiento del depósito o balsa de purines, se ha procedido, en el marco del presente MIRAT, a construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de las comarcas agrarias que concentran el 50% de la cabaña ganadera porcina (según el último Censo Agrario publicado en 2009). La Tabla 6 recoge la cantidad de lluvia (en centímetros), para distintos períodos de retorno, que el depósito o balsa de purines debería soportar para evitar un rebosamiento del mismo.

Como se recoge en la Tabla 6, el régimen de precipitaciones en la mayoría de las regiones de España hacen altamente improbable que se produzca un rebosamiento del depósito o balsa de purines: si el almacenamiento de purines mantiene un nivel unos 20-25 cm por debajo del borde del depósito o balsa, para un período de retorno de 100 años, prácticamente en ninguna comarca agraria de las recogidas en la Tabla 6 se produciría un rebosamiento de la balsa. La comarca agraria del Bajo Maestrazgo es en la que las explotaciones deberían disponer de mayor margen (casi 44 cm) para poder retener una precipitación máxima para un período de retorno de 100 años.

En base a estos datos, el operador deberá considerar si, en función de la gestión que realice de su depósito o balsa de purines, es susceptible de que en su explotación se produzca un episodio de rebosamiento de purines: si en algún momento del año la diferencia entre el borde del depósito o balsa y el nivel de purines es menor que el recogido para su comarca agraria en la Tabla 6, el operador ha de considerar en su análisis de riesgos medioambientales que en su explotación puede producirse el rebosamiento de su depósito o balsa de purines y, con ello, pudiera generar un daño medioambiental.

Si el operador se ubica en una comarca agraria distinta a las recogidas en la Tabla 6, deberá evaluar la necesidad de construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de su ubicación para obtener estos resultados; si la comarca agraria a la que pertenece el operador está próxima o tiene características meteorológicas similares a las de alguna de las incluidas en la Tabla 6, podrá evitar la construcción de las respectivas curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.

Comarca	Provincia	Cabaña porcina (ind.)	Altura (cm) (P = 0,5)	Altura (cm) (P = 0,2)	Altura (cm) (P = 0,1)	Altura (cm) (P = 0,04)	Altura (cm) (P = 0,02)	Altura (cm) (P = 0,01)	Altura (cm) (P = 0,005)	Altura (cm) (P = 0,002)
Segriá	Lleida	840.307	5,10	7,27	8,87	11,23	13,10	15,08	17,14	20,03
Osona	Barcelona	815.013	7,08	10,30	12,71	16,23	18,99	22,01	25,17	29,62
Noguera	Lleida	810.798	4,82	6,77	8,22	10,30	11,97	13,73	15,58	18,12
Urgel	Lleida	777.424	5,10	7,27	8,87	11,23	13,10	15,08	17,14	20,03
Suroeste y Valle Guadalestín	Murcia	756.949	5,98	9,01	11,43	14,79	17,60	20,53	23,66	28,10
Cuéllar	Segovia	745.093	3,45	4,61	5,47	6,63	7,62	8,60	9,65	11,08
Ejea De Los Caballeros	Zaragoza	726.704	5,19	7,03	8,43	10,32	11,82	13,50	15,18	17,45
Hoya De Huesca	Huesca	672.671	5,19	7,03	8,43	10,32	11,82	13,50	15,18	17,45
La Litera	Huesca	601.880	4,61	6,48	7,87	9,87	11,46	13,15	14,92	17,35
Bajo Aragón	Teruel	534.625	7,20	10,05	12,18	15,09	17,57	20,06	22,82	26,47
Bajo Cinca	Huesca	522.102	4,61	6,48	7,87	9,87	11,46	13,15	14,92	17,35
Segarra	Lleida	476.640	5,16	7,16	8,61	10,69	12,36	14,15	16,02	18,58
Campo De Cartagena	Murcia	453.891	5,48	8,26	10,48	13,56	16,13	18,82	21,68	25,76
Zaragoza	Zaragoza	426.430	4,61	6,48	7,87	9,87	11,46	13,15	14,92	17,35
Monegros	Huesca	398.725	4,61	6,48	7,87	9,87	11,46	13,15	14,92	17,35
Alto Ampurdán	Girona	385.713	9,10	13,24	16,34	20,87	24,41	28,30	32,37	38,09
Caspe	Zaragoza	337.957	4,61	6,48	7,87	9,87	11,46	13,15	14,92	17,35
Bajo Almazora	Almería	305.293	5,48	8,26	10,48	13,56	16,13	18,82	21,68	25,76
Ribera Alta Aragón	Navarra	299.525	4,66	6,40	7,71	9,54	10,96	12,48	14,17	16,38
Garrigas	Lleida	296.850	6,63	9,45	11,53	14,60	17,03	19,60	22,28	26,04
Verín	Ourense	281.156	9,41	12,56	14,93	18,09	20,77	23,46	26,32	30,22
Talavera	Toledo	270.402	6,27	8,37	9,95	12,06	13,85	15,64	17,54	20,15
Bajo Maestrazgo	Castellón/Castelló	252.314	15,35	21,56	26,19	32,83	38,13	43,75	49,65	57,74
Bajo Ebro	Tarragona	251.026	8,09	11,77	14,52	18,55	21,70	25,15	28,77	33,86
La Campiña	Sevilla	242.789	8,29	11,31	13,56	16,66	19,19	21,89	24,73	28,52

Tabla 6.Altura que el depósito o balsa de purines debería poder retener antes de producirse su rebosamiento, para distintas probabilidades de ocurrencia.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el volumen de purín vertido se estimará atendiendo a las dimensiones de la balsa y al diferencial entre la precipitación total y la altura del purín en el depósito o balsa respecto a su borde:

$V = S * (P_{MÁX} - h)$, donde:

V = volumen de purín derramado (m³)

S = superficie del depósito o balsa de almacenamiento de purines (m²)

P_{MÁX} = precipitación total para una duración de la lluvia y un período de retorno determinado (m)

h = altura entre el nivel de almacenamiento de purines y el borde del depósito o balsa (m)

Debido a la naturaleza del suceso iniciador, el purín vertido estará diluido en el agua de lluvia. Como criterio conservador, se propone que las concentraciones de los distintos componentes del purín (materia orgánica, etc.) se reduzcan en función del agua de lluvia que ha producido el derrame. Esto implica una mezcla homogénea entre agua de lluvia y purín que, aunque puede resultar irreal por la disposición del mismo, supone un planteamiento conservador y, por lo tanto, muy adecuado en términos de análisis de riesgos medioambientales.

IV. REFERENCIAS

DE SALAS, L. (2004) *Regionalización de leyes IDF para el uso de modelos hidrometeorológicos de estimación de caudales*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS (DGC) (1999) *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*. Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes. Ministerio de Fomento.

**ANEXO IV: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS
SUCESOS INICIADORES**

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBABILIDAD GENÉRICA DE LOS SUCESOS BÁSICOS	5

I. INTRODUCCIÓN

En este anexo se proponen una serie de probabilidades de ocurrencia a los sucesos básicos y sucesos iniciadores identificados como relevantes para el sector porcino. Los operadores pueden recurrir a valores diferentes de probabilidades de ocurrencia (registros históricos de accidentes o fuentes bibliográficas distintas), siempre de forma debidamente justificada.

La naturaleza de los sucesos básicos identificados en el MIRAT y, por tanto, relevantes a nivel sectorial se basa en el derrame o fuga de sustancias potencialmente contaminantes del medioambiente; destaca entre estos sucesos básicos los relacionados con el depósito o balsa de almacenamiento de purines, estructura íntimamente ligada a las explotaciones de porcino y cuyos peligros están muy asociados a las elevadas cantidades que se almacenan. Además de los derrames, y siempre que la sustancia involucrada sea MIC (muy inflamables, inflamables y combustibles), el MIRAT contempla la posibilidad de que se produzca un incendio y, con ello, se generen aguas de extinción contaminantes.

En el presente MIRAT, los sucesos iniciadores se construyen a partir de sucesos básicos; la relación entre ambos en la estructura del MIRAT se muestra en el Anexo I. En este sentido, existen dos tipos de sucesos iniciadores:

- Los sucesos iniciadores que se corresponden directamente con un suceso básico (por ejemplo: el S.P.1, S.P.2, el S.C.5, el S.C.6, etc.). Su código es del tipo S.X.Y, donde la S indica que se trata de un suceso, la X es el código de zona en la que se daría y la Y el número de suceso dentro de la zona.

La probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores que se corresponden directamente con un suceso básico es la misma que la de dicho suceso básico.

$$prob_{S.I} = prob_{S.B} \quad (Ec.1)$$

- Los sucesos iniciadores que pueden deberse a varios sucesos básicos (por ejemplo: el S.P.3o4, S.C.1o2, el S.TB.1o2, etc.). Estos sucesos se denominan con el código S.X.AoB, donde X es el código de la zona y A y B son los números de los sucesos básicos que se combinan para dar lugar al suceso iniciador mediante un operador "O" (el suceso iniciador ocurre porque se da el suceso básico A o el suceso básico B).

La probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores que pueden deberse a varios sucesos básicos se calcula como agregación de las probabilidades de los sucesos básicos.

$$prob_{S.I} = prob_{S.B_1} + prob_{S.B_2} \quad (Ec.2)$$

El operador, en función de las características de su instalación, deberá identificar los sucesos básicos (y, con ello, iniciadores) que aplicarían a su instalación y asignarles una probabilidad

de ocurrencia; para ello, el operador puede aplicar los valores empleados en la Tabla 2 del presente Anexo.

No todos los sucesos básicos asociados a un suceso iniciador tienen que resultar relevantes para todas las instalaciones del sector. Por ejemplo, el suceso iniciador S.C.1o2 se define como un derrame de sustancias líquidas MIC desde un depósito fijo aéreo. Este derrame puede producirse por un fallo del equipo (S.C.1) o por el impacto de un vehículo (S.C.2); según la ecuación 2, la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador S.C.1o2 sería la suma de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos básicos S.C.1 y S.C.2. Sin embargo, el operador deberá evaluar si en su instalación resulta factible que puedan tener lugar ambos sucesos básicos: por ejemplo, si no existe tráfico en la zona donde se ubica el depósito de combustible, el operador debería desechar el suceso básico S.C.2, por lo que la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador S.C.1o2 sería igual a la probabilidad de ocurrencia del suceso básico S.C.1.

La Tabla 2 recoge las probabilidades de ocurrencia de todos los sucesos básicos identificados como relevantes en el presente MIRAT para el sector porcino. En esta Tabla 2 se explica la asignación de la probabilidad de ocurrencia según el equipo o, en su caso, el cálculo de la misma atendiendo a las características del equipo. En cualquier caso, a continuación se proporcionan explicaciones adicionales sobre los procedimientos de cálculo de las probabilidades de ocurrencia.

Asignación de probabilidad a la fuga/derrame

La probabilidad de ocurrencia de fugas y derrames cuando la sustancia involucrada no es muy inflamable, inflamable y combustible (MIC) se corresponde con la probabilidad de ocurrencia del fallo del equipo que la contiene (depósito fijo, tubería, etc.) o de alguna acción externa (colisión por vehículo).

Cuando la sustancia involucrada en la fuga o derrame sea una sustancia MIC, es necesario contemplar tanto la fuga o derrame (es decir, no se produce ignición de la sustancia) como el incendio o explosión (cuando sí que se produce ignición).

Flemish Government (2009) ofrece probabilidades de ignición, ya sea inmediata o retardada, y de explosión en función del tipo de sustancia (líquida o gaseosa) y de la inflamabilidad de la misma; por su parte, la probabilidad de no ignición resultaría la complementaria hasta 1 de la probabilidad de ignición y explosión.

Esta misma fuente (*ibid.*) propone un árbol de sucesos para evaluar la probabilidad de incendio o explosión después de una fuga de una sustancia MIC; este árbol se recoge en la Figura 1, en la que se identifican tres escenarios accidentales (E1, E2 y E3) en los que se produciría incendio y uno (E4) en el que el evento no pasaría de derrame de la sustancia involucrada.

Suceso iniciador básico	Prob. (veces/año)	Ignición directa	Prob. (veces/año)	Ignición retardada	Prob. (veces/año)	Explosión	Prob. (veces/año)	Código Esc.	Prob. Esc. (veces/año)
Derrame, vertido o fuga		Si	P_D					E1	P_D
		No	$1 - P_D$	Si	P_V	Si	P_E	E2	$(1 - P_D) \times P_V \times P_E$
						No	$1 - P_E$	E3	$(1 - P_D) \times P_V \times (1 - P_E)$
				No	$1 - P_V$			E4	$(1 - P_D) \times (1 - P_V)$

Figura 1. Árbol de sucesos para la evaluación de la probabilidad de incendio o explosión después del vertido de una sustancia. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009).

Flemish Government (2009) proporciona los valores de las probabilidades de ignición directa (P_D), ignición retardada (P_V) y explosión (P_E) requeridos en la Figura 1 para obtener la probabilidad de los escenarios E1, E2, E3 y E4. Estas probabilidades dependen de las condiciones de almacenamiento de la sustancia y de su punto de inflamabilidad:

- **Líquido muy inflamable:** productos que llegan a su punto de inflamabilidad pero no al punto de ebullición a presión atmosférica, su punto de inflamabilidad está por debajo de los 21°C.
- **Líquido inflamable:** productos a una temperatura inferior a 35 °C por debajo del punto de inflamación. Por ejemplo, los líquidos con un punto de inflamabilidad entre 55°C y 21°C.
- **Líquido combustible:** productos que están a una temperatura que está a 35 °C o más por debajo del punto de inflamación. El punto de inflamación es mayor de 55°.
- **Gas inflamable:** incluye productos en estado gaseoso. En este caso, se han escogido los valores de P_D , P_V y P_E que proporciona Flemish Government (*Ibid.*) para las sustancias de media o elevada reactividad para una fuga de entre 10 y 100 kg/s (en fuga continua) o de entre 1 000 y 10 000 kg (en fuga instantánea).

Con el fin de simplificar la evaluación de la probabilidad de incendio/explosión en el marco del presente MIRAT, en la Tabla 1 se recogen los valores de P_D , P_V y P_E en función del tipo de sustancia. En esta Tabla 1, se informa directamente de las probabilidades de que el vertido de una sustancia MIC derive en incendio o explosión derramada (suma de las probabilidades de los escenarios E1, E2 y E3) y de que el evento quede únicamente en un escenario de derrame (probabilidad del escenario E4).

Tipo de sustancia	Probabilidad ignición directa (P _D)	Probabilidad ignición retardada (P _V)	Probabilidad explosión (P _E)	Probabilidad incendio/explosión	Probabilidad de no incendio/explosión
Líquido muy inflamable	0,065	0,070	0,200	0,130	0,870
Líquido inflamable	0,020	-	-	0,020	0,980
Líquido combustible	0,006	-	-	0,006	0,994
Gas inflamable	0,500	0,200	0,300	0,600	0,400

Líquido muy inflamable, punto de ignición < 21 °C. Líquido inflamable, punto de ignición 21-55 °C. Líquido combustible, punto de ignición > 55 °C.

Tabla 1. Probabilidad de incendio/explosión tras derrame, vertido o fuga según el tipo de sustancia.

Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009).

Asignación de probabilidad de ignición

Como se ha expuesto en el apartado anterior la probabilidad de ignición de una sustancia MIC derramada será el complementario a uno de la probabilidad de no ignición.

A modo de resumen y de ejemplo, si la probabilidad de rotura de un determinado depósito es 10^{-8} y contiene una sustancia líquida muy inflamable:

- La probabilidad de ignición (o de incendio) de esa sustancia una vez liberada al medio sería $10^{-8} \times 0,130$.
- La probabilidad de no ignición (o de derrame de la sustancia química sin incendio de la misma) sería $10^{-8} \times 0,870$.

II. PROBABILIDAD GENÉRICA DE LOS SUCESOS BÁSICOS

La Tabla 2 recopila los valores de probabilidad de ocurrencia para cada uno de los sucesos básicos identificados como relevantes para el sector porcino. La exposición se estructura con los siguientes campos:

Código de sucesobásico: código alfanumérico único asignado a cada suceso básico. Su descripción y la/s fuente/s de peligro de las que derivan pueden consultarse en el Anexo I. del presente MIRAT.

Suceso básico: breve descripción del suceso básico.

Probabilidad de fallo: valor de probabilidad de ocurrencia recomendado para cada suceso básico.

Unidades: unidad en la que se expresa cada probabilidad de ocurrencia. Nótese que en los árboles de sucesos la probabilidad a introducir debe expresarse en veces o incidentes/año por lo que el operador deberá realizar las operaciones necesarias para obtener el resultado en estas unidades. A modo de ejemplo, si la probabilidad se expresa en la tabla en incidentes/tanque.año el operador deberá multiplicar ese valor por el número de tanques que tenga de ese tipo en su instalación.

Descripción: descripción de la fuente de peligro que origina el suceso básico conforme aparece en la referencia bibliográfica que se cita en la tabla. Para aquellos sucesos compuestos que se calculan por la combinación de varias probabilidades se expone el procedimiento de cálculo.

Fuente: referencia bibliográfica de la que se ha extraído tanto la probabilidad de ocurrencia como la descripción del origen del suceso básico.

Notas: observaciones realizadas, si procede, sobre cada dato concreto de probabilidad de ocurrencia.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.P.1	Fuga/derrame del depósito o balsa de purines por rotura catastrófica	1,00E-08	incidentes/tanque.año	Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	La disposición típica de las balsas de purines sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos. La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques de este tipo en esta zona. Aplicable para cualquier tipo de balsas de purines, siempre que no se encuentre enterrada. Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona. Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona. Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona. Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-06		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		
S.P.2	Fuga/derrame de purines por rebosamiento del depósito o balsa de purines	1/T	incidentes/tanque.año	Inversa del período de retorno T en el que un episodio de lluvias puede superar la capacidad de almacenaje del depósito o balsa de purines	Elaboración propia a partir de De Salas (2004) y DGC (1999)	La probabilidad de rebosamiento del depósito o balsa de purines por lluvia será igual a la inversa del período de retorno (T) en el que la capacidad de la balsa o depósito de purines es superada por el episodio de lluvias, siempre que dicho período de retorno sea igual o inferior a 100 años. La probabilidad de ocurrencia depende del número de depósitos o balsas de purines presentes en esta zona. Ver Anexo III del MIRAT.
S.P.3	Fuga/derrame de purines por fallo de la impermeabilización	1,00E-08	incidentes/tanque.año	Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Esta probabilidad será aplicable únicamente en el caso de las balsas de purín hormigonadas enterradas Estas probabilidades serán aplicables únicamente en el caso de las balsas de purín no hormigonadas
		8,00E-02		Antigüedad de la impermeabilización menor o igual a 5 años	Elaboración propia a partir de Pivato (2001)	
		9,00E-02		Antigüedad de la impermeabilización entre 5 y 10 años		
		1,80E-01		Antigüedad de la impermeabilización entre 10 y 15 años		
		3,00E-01		Antigüedad de la impermeabilización entre 15 y 20 años		
		4,30E-01		Antigüedad de la impermeabilización entre 20 y 25 años		
		5,70E-01		Antigüedad de la impermeabilización entre 25 y 30 años		
		7,30E-01		Antigüedad de la impermeabilización entre 30 y 35 años		
		9,00E-01		Antigüedad de la impermeabilización mayor a 35 años		
S.P.4	Fuga/derrame de purines por rotura del depósito o balsa por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Rotura de del depósito o balsa de purines por colisión con vehículo.	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	Durante el procedimiento de carga del purín para su valorización agrícola, puede producirse un impacto (manguera/bomba de extracción, agitador, etc.) al depósito o balsa de purines que afecte a su impermeabilización.

Tabla2. Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en el contenido de la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.C.1	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	4,35E-06	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		4,35E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,04E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		8,70E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		4,90E-06		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		4,90E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,18E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		9,80E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		4,97E-06		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		4,97E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
1,19E-08	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]	Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
9,94E-09	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]	Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
S.C.2	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje por colisión de vehículo	8,70E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		9,80E-09		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		9,94E-09		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.C.3	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	6,52E-07	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		6,52E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,57E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,30E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias muy líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,40E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		3,00E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		3,00E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
7,20E-11	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]	Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
6,00E-11	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]	Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
S.C.4	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en un depósito fijo aéreo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre el depósito] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.C.5	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito subterráneo de almacenaje	8,70E-09	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La disposición típica de los depósitos de combustible sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos.
		9,80E-09		Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		La disposición típica de los depósitos de combustible sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos.
		9,94E-09		Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		La disposición típica de los depósitos de combustible sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos.

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.C.6	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito subterráneo con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura) * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]]	Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura) * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura) * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]]		
S.C.7	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito móvil	1,74E-06	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por fallo espontáneo de un bidón] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]]	HSE (2012) y Flemish Government (2009)	Se ha seleccionado la probabilidad de rotura espontánea de bidón, al ser las más adecuada entre las disponibles.
		1,96E-06		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por fallo espontáneo de un bidón] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]]		
		1,99E-06		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por fallo espontáneo de un bidón] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]]		
S.C.8	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	8,70E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		9,80E-09		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]]		
		9,94E-09		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]]		
S.C.9	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito móvil con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	2,61E-07	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]]	HSE (2012) y Flemish Government (2009)	
		4,00E-08		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]]		
		1,20E-08		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]]		
S.C.10	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos MIC desde depósito móvil por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]]		

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.C.11	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	1,92E-07	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga de sustancias gaseosas por rotura de depósito] * [Probabilidad de ignición de sustancias gaseosas (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	
S.C.12	Incendio/explosión por colisión de vehículo en depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	6,00E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias gaseosas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias gaseosas (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
S.C.13	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión subterráneos + Derrame aguas de extinción	6,00E-08	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga de sustancias gaseosas por rotura de depósito] * [Probabilidad de ignición de sustancias gaseosas (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	
S.C.14	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos móviles a presión + Derrame aguas de extinción	6,60E-07	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga de sustancias gaseosas por rotura de depósito] * [Probabilidad de ignición de sustancias gaseosas (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	
S.C.15	Incendio/explosión por colisión de vehículo en depósitos móviles a presión + Derrame aguas de extinción	6,00E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias gaseosas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias gaseosas (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
S.TR.1	Fuga/derrame de aceites por rotura de transformador	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.TR.2	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	9,00E-04	incidentes/transformador.año	Incendio en transformador	Petersen (2008), en Martín (2009)	
S.TR.3	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	9,00E-04	incidentes/transformador.año	Incendio en transformador	Petersen (2008), en Martín (2009)	
S.GE.1	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	9,00E-04	incidentes/generador.año	Incendio en generador	Petersen (2008), en Martín (2009)	Se ha asimilado la probabilidad de fallo de los generadores al fallo de los equipos de transformación.
S.CD.1	Fuga/derrame de purines en operación de carga y descarga	4,00E-06	incidentes/h.año	Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)
S.CD.2	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC en operación de carga y descarga	3,48E-06	incidentes/h.año	Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	
		3,92E-06		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		3,98E-06		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.CD.3	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquidos MIC en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	5,22E-07	incidentes/h.año	Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)
		8,00E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		2,40E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.CD.4	Incendio/explosión por fuga de gases inflamables/comburentes en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	3,24E-07	incidentes/h.año	Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga de gas licuado] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.TB.1	Fuga/derrame por rotura de tuberías aérea de purines	2,20E-08	(incidentes/año)*(L/D)	Rotura de tubería aérea	Flemish Government (2009)	Las conducciones de purines se han asimilado a tuberías. La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D), ambas en mm.
S.TB.2	Fuga/derrame de purines por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Rotura de tubería aérea por colisión con vehículo.	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	Las conducciones de purines se han asimilado a tuberías.
S.TB.3	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas con sustancias líquidas MIC	1,91E-08	(incidentes/año)*(L/D)	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D) medidos en mm.
		2,16E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		2,19E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.TB.4	Fuga/derrame de sustancias líquidas MIC por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	8,70E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		9,80E-09		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de no ignición de sustancias inflamables (ver tabla 1)]		
		9,94E-09		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de no ignición de sustancias combustibles (ver tabla 1)]		
S.TB.5	Incendio/explosión por rotura de tuberías aéreas con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	2,87E-09	(incidentes/año)*(L/D)	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D) medidos en mm.
		4,40E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		1,32E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.TB.6	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de líquido MIC + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias inflamables (ver tabla 1)]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias combustibles (ver tabla 1)]		
S.TB.7	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con purines	2,80E-08	(incidentes/año)*(L)	Rotura de tubería subterránea	Flemish Government (2009)	Las conducciones de purines se han asimilado a tuberías. La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería en metros (L).
S.TB.8	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con sustancias líquidas MIC	2,43E-08	incidentes/año * L	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) medida en metros
		2,74E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		2,78E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de no ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.TB.9	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con líquidos MIC + Derrame aguas de extinción	3,65E-09	incidentes/año * L	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) medida en metros
		5,60E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 1)]		
		1,68E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 1)]		
S.TB.10	Incendio/explosión por fuga desde las tuberías aéreas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	1,32E-08	incidentes/año * L/D	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D)
S.TB.11	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de gas inflamable + Derrame aguas de extinción	6,00E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 1)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
S.TB.12	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	1,68E-08	incidentes/año * L	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 1)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) medida en metros

Tabla 2 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso básico/iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

ANEXO V: PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	3

I. INTRODUCCIÓN

En este Anexo se recogen las probabilidades de fallo de los distintos factores condicionantes que intervienen en los árboles de sucesos del Anexo II del MIRAT para el sector porcino. Al igual que en el caso de las probabilidades de ocurrencia de los sucesos básicos e iniciadores, las probabilidades de fallo recopiladas en el presente anexo han de considerarse como una propuesta a nivel sectorial, pudiendo ser modificada por cada operador, en virtud de sus conocimientos y experiencia y de forma debidamente justificada, para adaptar las mismas a las características concretas de su instalación.

Las probabilidades de fallo de los factores condicionantes se recogen en dos tablas:

- En la Tabla 1 se recopilan las probabilidades de fallo de los factores condicionantes “contención automática”, “contención manual” y “gestión de aguas y derrames”. Como se ha indicado en la memoria del MIRAT bajo el epígrafe “contención automática” se incluyen tanto los dispositivos de contención automática como los dispositivos de contención pasiva. Esta Tabla 1 se estructura en los siguientes campos:

Descripción del factor condicionante: nombre de cada uno de los factores condicionantes previstos en el Anexo II del MIRAT.

Probabilidad de fallo: valor de probabilidad de fallo recomendado para cada factor condicionante.

Unidades: unidad en la que se expresa cada probabilidad de fallo.

Fuente: referencia bibliográfica de la que se ha extraído la probabilidad de fallo.

- Por su parte, en la Tabla 2 se recogen las probabilidades de fallo de la detección y extinción de incendios. Las referencias bibliográficas empleadas proporcionan de forma separada las probabilidades de fallo de la detección y de la extinción de incendios, por lo que se ha procedido en esta Tabla 2 a agrupar las probabilidades de fallo de ambos elementos en uno solo, en coherencia con el árbol de sucesos Tipo 2 recogido en el Anexo II del presente MIRAT. Para ello, se ha considerado que para la extinción temprana de un incendio es necesario que tengan éxito tanto la detección como la propia extinción; en términos matemáticos, y siendo P_D la probabilidad de éxito de la detección y P_E la probabilidad de éxito de la extinción, la probabilidad de extinción temprana del incendio sería $P_D \times P_E$ y la probabilidad de fallo $1 - (P_D \times P_E)$.

Para identificar la probabilidad de fallo que aplica a una instalación concreta, el operador ha de atender a 3 parámetros: (1) el sistema de detección (manual, automático o mixto); (2) el sistema de extinción (rociadores de agua, rociadores de agua y espuma, extinción con gas o extinción manual); y (3) el tipo de combustible (tipo 1 —líquidos altamente inflamables—, tipo 2 —líquidos inflamables—, tipo 3 —líquidos combustibles—, tipo 4 —componentes metálicos— y tipo 5 —agentes fuertemente

oxidantes—. Atendiendo a lo indicado en (HSE, 2003), apoyándose en el criterio establecido en la NFPA30 (NFPA, 1996) que HSE (*op. cit.*) a su vez emplea, la clasificación se basa en los siguientes umbrales del punto de ignición:

- Sustancias líquidas muy inflamables. Punto de ignición menor de 22,8°C.
- Sustancias líquidas inflamables. Punto de ignición comprendido entre 22,8 y 37,8°C.
- Sustancias líquidas combustibles. Punto de ignición mayor de 37,8°C.

Esta clasificación de las sustancias en función del punto de ignición ha de aplicarse, en el marco del presente MIRAT, únicamente para determinar la probabilidad de fallo de los sistemas de detección y extinción de incendios. Estos umbrales son distintos a los empleados en el presente MIRAT para determinar la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores de incendio o explosión, al haberse acudido a fuentes distintas para ello —en concreto, Flemish Government (2009) para las probabilidades de ocurrencia de los sucesos iniciadores de incendio o explosión y HSE (2003) para las probabilidades de fallo de los sistemas de detección y extinción de incendios—.

II. PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Descripción del factor condicionante	Tasa de fallo de los equipos		
	Probabilidad de fallo	Unidades	Fuente
Sistemas de contención			
Contención automática o pasiva	1,00E-01	fallos/demanda	Flemish Government (2009)
Contención manual	5,00E-01	fallos/demanda	Schüller (2005)
Gestión de aguas y derrames			
Gestión de aguas y derrames automática o pasiva	1,00E-01	fallos/demanda	Flemish Government (2009)
Gestión de aguas y derrames manual	5,00E-01	fallos/demanda	Schüller (2005)

Tabla 1. Probabilidad de fallo de la contención automática, de la contención manual y de la gestión de aguas y derrames. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en el contenido de la Tabla.

Sistema de detección	Sistema de extinción	Tipo de combustible				
		1	2	3	4	5
Manual	Rociadores de agua	0,94	0,86	0,76	0,91	0,83
	Rociadores de agua y espuma	0,92	0,82	0,72	0,91	0,82
	Extinción con gas	0,92	0,82	0,72	0,98	0,98
	Manual	0,99	0,96	0,88	0,96	0,96
Automático	Rociadores de agua	0,52	0,44	0,36	0,28	0,32
	Rociadores de agua y espuma	0,36	0,28	0,24	0,24	0,28
	Extinción con gas	0,36	0,28	0,24	0,84	0,92
	Manual	0,92	0,84	0,68	0,68	0,84
Manual y automático	Rociadores de agua	0,51	0,41	0,31	0,26	0,29
	Rociadores de agua y espuma	0,34	0,24	0,18	0,22	0,24
	Extinción con gas	0,34	0,24	0,18	0,84	0,92
	Manual	0,92	0,83	0,66	0,67	0,83

Unidades = fallos/demanda

Tabla 2. Probabilidad de fallo de los sistemas de detección y extinción de incendios en función del tipo de sistema y del tipo de combustible. Fuente: Elaboración propia a partir de HSE, 2003.

**ANEXO VI: EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE
DE LOS VERTIDOS ACCIDENTALES DE PURINES**

ÍNDICE

I. COMPOSICIÓN DEL PURÍN	1
II. ALMACENAMIENTO DE PURINES EN GRANJAS PORCINAS Y RIESGO MEDIOAMBIENTAL	4
III. MODELIZACIÓN DEL VERTIDO DESDE DEPÓSITOS O BALSAS DE PURINES	8
III.1. VERTIDO MASIVO DE PURINES	8
III.2. VERTIDO POR INFILTRACIÓN DE LOS PURINES DESDE EL DEPÓSITO O Balsa	13
IV. DAÑOS DE LOS VERTIDOS DE PURINES A LOS RECURSOS NATURALES	15
IV.1. DAÑOS A LAS AGUAS SUPERFICIALES	15
IV.2. DAÑOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	23
IV.2.1. Daños a las aguas subterráneas por vertido masivo de purines	24
IV.2.2. Daños a las aguas subterráneas por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa de purines	29
IV.2.3. Recuperación natural de los daños ocasionados a las aguas subterráneas contaminadas por nitratos	31
IV.3. DAÑOS AL SUELO	32
IV.4. DAÑOS A LAS ESPECIES SILVESTRES	33
IV.5. DAÑOS A LOS HÁBITATS	36
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

I. COMPOSICIÓN DEL PURÍN

La composición del purín es muy variable, tanto entre instalaciones como entre tipos de instalaciones (es decir, dependiendo del momento o momentos del ciclo de producción en el que opere la granja). En las Tablas 1 y 2 se recogen, a modo de ejemplo, algunos de los principales parámetros que permiten caracterizar el purín, proporcionados por dos fuentes distintas.

Parámetro	Cerdas gestantes	Cerdas lactantes	Lechones en transición	Cerdos en cebo	TOTAL
pH	7,78	7,66	7,43	7,39	7,52
materia seca (kg/m ³)	56,05	35,6	36,83	57,09	49,3
Nitrógeno (kg/m ³)	4,36	3,37	3,71	6,01	4,79
Fósforo (kg/m ³)	1,31	0,704	0,623	0,831	0,86
Potasio (kg/m ³)	1,53	1,07	1,42	2,05	1,66
Cobre (g/m ³)	6,12	5,3	32,8	10,4	12,7
Zinc (g/m ³)	45,92	57,9	316,8	74,33	109,9

Tabla 1. Caracterización físico-química de los purines de cerdo. Fuente: Elaboración propia a partir de Antezana *et al.* (2016)

Parámetro	Producción de lechones	Cerdos en cebo
pH	7,57	7,47
materia seca (kg/m ³)	2,57	4,37
Nitrógeno (kg/m ³)	2,80	4,07
Fósforo (kg/m ³)	1,37	1,97
Potasio (kg/m ³)	2,23	3,53
Cobre (g/m ³)		11,17
Zinc (g/m ³)		101,05

Tabla 2. Caracterización físico-química de los purines de cerdo. Fuente: Elaboración propia a partir de SODEMASA (2011)

En la composición del purín influye tanto la alimentación de los animales como el modelo de gestión del purín que realice la instalación (Antezana *et al.*, 2016). De hecho, esta misma fuente indica que el uso de los purines como fertilizantes exige la caracterización de los mismos debido a esta elevada variabilidad en los parámetros, por lo que resultaría impreciso la propuesta de un purín tipo concreto para el presente MIRAT: el operador establecerá unas características del purín de su instalación en función de los análisis que él mismo realice sobre el mismo.

El elevado contenido en nutrientes del purín es a la vez el motivo de su valor como fertilizante y de su peligrosidad cuando entra en contacto con determinados componentes del medio ambiente. “Los efectos directos aparecen cuando los desechos fluyen directamente a una masa de agua como resultado de la mala gestión de las aguas pluviales o por el fallo catastrófico de las instalaciones de contención. Los efectos indirectos ocurren cuando los desechos se han aplicado a un campo y luego se trasladan a masas de agua por escorrentía después de una lluvia, filtración a las aguas subterráneas y su entrada a arroyos u otros elementos de drenaje [...]” (USEPA, 2004, pág. 24).

En definitiva, los potenciales daños ocasionados por el purín se asociarían principalmente a su contacto con el agua y, por extensión, a otros recursos naturales relacionados (especies y hábitats). De hecho, la legislación relativa a la aplicación de los purines como fertilizante se centra en la contaminación del agua y no en la contaminación del suelo; sin embargo, en términos de responsabilidad medioambiental, un vertido de purines al suelo también merece consideración.

Una de las peculiaridades del purín es su condición de mezcla de sustancias: contiene una elevada carga orgánica, un elevado contenido de macronutrientes (especialmente, nitrógeno pero también fósforo, potasio y calcio, entre otros) y metales pesados, entre otros, todo ello disuelto en agua, que resulta por otra parte el compuesto más abundante (la densidad del purín es prácticamente la misma que el agua).

El enfoque que se propone en el presente MIRAT es la consideración del purín en función del recurso natural afectado. En resumen, el purín se comportaría como compuesto orgánico no volátil (CONV) en caso de vertido a las aguas superficiales (y, con ello, también a las especies) y al suelo y como sustancia inorgánica (nitratos) en el caso de las aguas subterráneas.

En el Cuadro 1 se recogen las características relevantes para el cálculo del Índice de Daño Medioambiental que se propone aplicar en el caso de los vertidos de purines; se diferencia entre purines y agua con purines, aplicable en el caso del suceso iniciador de rebosamiento de la balsa de purines por un episodio de lluvias fuerte.

Sustancia	Recurso natural	Agente IDM	Biodegradabilidad	Solubilidad	Toxicidad	Viscosidad	Volatilidad	Biodegradable
			M _{B1}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B17}	M _{B18}	
Purín	Agua continental superficial	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	—	—	Baja (1,00)	Sí
	Agua continental subterránea	Químico (Sustancias inorgánicas)	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	—	Poco viscosa (1,25)	Baja (1,00)	Sí
	Suelo	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	—	—	Poco viscosa (1,25)	Baja (1,00)	Sí
	Especies animales	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	—	Alta (2,00)	—	—	Sí
Agua con purines	Agua continental superficial	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	—	—	Baja (1,00)	Sí
	Agua continental subterránea	Químico (Sustancias inorgánicas)	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	—	Poco viscosa (1,25)	Baja (1,00)	Sí
	Suelo	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	—	—	Poco viscosa (1,25)	Baja (1,00)	Sí
	Especies animales	Químico (Fueles y CONV)	Alta (0,8)	—	Alta (2,00)	—	—	Sí

Cuadro 1. Parámetros para el cálculo del IDM a aplicar a los purines en el marco del presente MIRAT en función del recurso natural afectado o potencialmente afectado por un vertido. Fuente: Elaboración propia

Los efectos de los purines sobre las aguas continentales superficiales y sobre las especies animales se derivan de la elevada carga orgánica que poseen y, por ello, de los efectos sobre el oxígeno disuelto que se producen. La falta de oxígeno en estas circunstancias se debe a la oxidación de la materia orgánica por parte de organismos presentes en el agua, por lo que la biodegradabilidad puede considerarse alta. Se considera una sustancia muy soluble y con una volatilidad baja, escogida bajo criterio de prudencia como el coeficiente más elevado de los recogidos en el IDM para esta característica. La toxicidad para las especies animales también se ha considerado elevada, ante la elevada mortandad de peces que supone un vertido a cauce de una elevada carga orgánica.

Los parámetros de los purines en caso de vertido a las aguas subterráneas se relacionan con el principal componente del purín con efectos negativos sobre las masas de agua subterráneas (los nitratos), su condición de nutriente y el elevado contenido en agua del purín. De esta forma, se considera que tiene una elevada biodegradabilidad, es muy soluble en agua, es poco viscoso y con una volatilidad baja.

Finalmente, para el cálculo del IDM se propone considerar a los purines también como compuesto orgánico no volátil (CONV) en el caso de su vertido al suelo. En este caso, queda sobre el suelo la materia seca que contiene el purín, que tiene un carácter eminentemente orgánico y, por tanto, una elevada biodegradabilidad y una baja volatilidad. Finalmente, se ha considerado poco viscoso por el elevado contenido en agua del purín.

Por último, las características de la mezcla de purín con agua de lluvia se han considerado iguales a las del purín, debido al elevado contenido en agua de éste.

En cualquier caso, los parámetros recogidos en el Cuadro 1 están sujetos a interpretación y modificación por parte del operador, siempre de forma debidamente justificada.

En las páginas siguientes, se realiza una discusión sobre los efectos de los purines en los distintos recursos naturales contemplados por la legislación en materia de responsabilidad medioambiental, en la que se argumentará esta consideración del purín en función del recurso natural afectado y se propondrán pautas para la cuantificación del daño e, incluso, para su monetización.

II. ALMACENAMIENTO DE PURINES EN GRANJAS PORCINAS Y RIESGO MEDIOAMBIENTAL

En el artículo 5 del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas se establece como una de las opciones (y, a la postre, la más común actualmente) para la gestión de los estiércoles o purines la valorización agrícola como abono orgánico mineral, para lo cual la explotación deberá contar con balsas de estiércol, deberá respetar distintas distancias y disposición respecto a cauces y

acreditar la posesión de una superficie agrícola suficiente para la utilización de los estiércoles como fertilizantes.

Las balsas de estiércol serán *“cercadas e impermeabilizadas, natural o artificialmente, que eviten el riesgo de infiltración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asegurando que se impidan pérdidas por rebosamiento o por inestabilidad geotécnica, con el tamaño preciso para poder almacenar la producción de al menos tres meses, que permita la gestión adecuada de los mismos”*.

En las granjas del sector porcino, existen distintos tipos de infraestructuras de almacenaje de purines, siendo el más común en España el sistema de balsas (MARM, 2010), impermeabilizadas mediante tierras arcillosas impermeables, geomembranas de polietileno de alta densidad (PEAD) o caucho sintético (EPDM) (SODEMASA, 2011; MAGRAMA, 2015). Recientemente también se ha extendido la construcción de balsas hormigonadas.

El tipo (depósito aéreo, balsa de polietileno o hormigonada, etc.) y características (volumen, disposición respecto al terreno, etc.) del almacenamiento de los purines que disponga la explotación tiene evidentes repercusiones en términos de riesgo medioambiental.

En el Anexo IV se recogen las probabilidades de ocurrencia de todos los equipos que generalmente se encuentran en las explotaciones porcinas, entre los que se incluyen los almacenamientos de purines. Ante la ausencia de probabilidades de ocurrencia específicas respecto a determinados eventos (rotura catastrófica, etc.) de los almacenamientos de purines, se ha recurrido a la bibliografía especializada en tasas de fallos de distintos equipos, asimilando los distintos tipos de almacenamientos de purines a equipos de similares características. De esta forma, la disposición más común de las balsas permite su asimilación a depósitos subterráneos, las balsas de polietileno pueden ver comprometida su estanqueidad de forma similar a la de un vertedero, etc. En cualquier caso, el analista puede modificar estas probabilidades o emplear otras, de forma siempre debidamente justificada.

Por otra parte, la naturaleza especial de los depósitos o balsas de purines frente a otros almacenamientos (especialmente, los elevados volúmenes almacenados) hace que su rotura catastrófica merezca un desarrollo especial en el marco del presente MIRAT para el sector porcino.

En este sentido, para el cálculo del volumen vertido por rotura catastrófica del depósito o balsa de purines, al contrario de lo indicado en el MIRAT para otros tipos de almacenamiento, no resultará tan relevante la capacidad del depósito o balsa y el porcentaje de llenado como, adicionalmente, la disposición del depósito o balsa de purines respecto al terreno en el que se ubica. La Figura 1 ilustra este criterio, que a continuación se procede a describir más detalladamente.

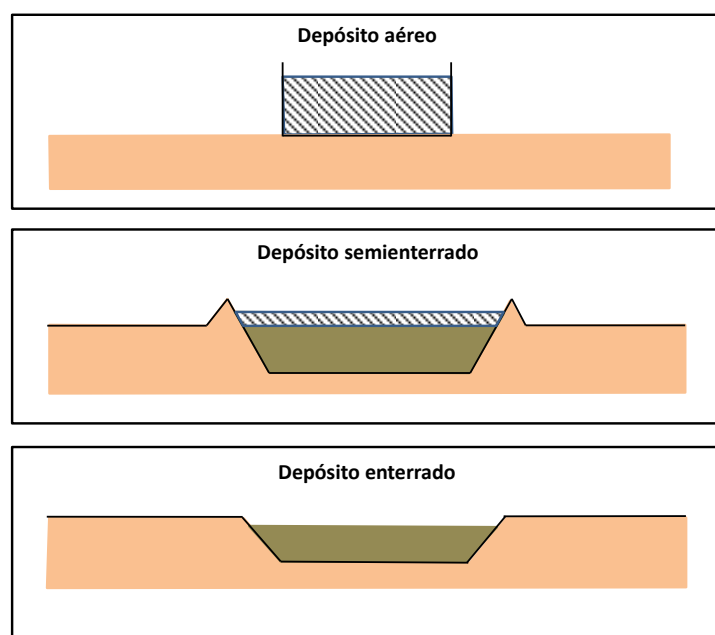


Figura 1. Tipos de depósitos o balsas de purines y relación con el volumen vertido en caso de rotura catastrófica. Fuente: Elaboración propia

En el caso de los depósitos aéreos de purines, el tratamiento sí que resultaría similar al de otros tipos de almacenamientos: para el cálculo del volumen vertido, en este caso bastaría con conocer la capacidad del depósito y el porcentaje de llenado del mismo.

Sin embargo, y especialmente en el caso de las balsas de purines, resulta recomendable tener en cuenta la disposición de la balsa respecto al terreno en el que se ubica. En el caso de las balsas de purines semienterradas, para la estimación del volumen de vertido en caso de rotura catastrófica debería estimarse el volumen de purines que se encuentra por encima de la cota del terreno (área rayada en la Figura 1).

Por último, en el caso de los depósitos enterrados, podría asumirse que la rotura catastrófica de la balsa no ocasionaría un vertido de purines como tal sino un fallo en la impermeabilización de la balsa; en este caso, para el cálculo del volumen de purín se seguirían los criterios establecidos en el apartado 3, punto III del epígrafe VIII.5.1 del MIRAT (procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a los depósitos o balsas de purines, fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines).

En cualquier caso, y con el fin de situar al análisis de riesgos medioambientales del lado de la prudencia, el analista deberá considerar la posibilidad de que, por ejemplo, un corrimiento de tierras, o cualquier otra circunstancia, pudiera aumentar el volumen de purín derramado o, en el caso de las balsas enterradas, la consideración de un vertido masivo. Para ello, el analista considerará la disposición del terreno circundante (existencia de taludes próximos, etc.), con el fin de incluir esta circunstancia en el análisis.

Por su parte, y tal y como se desarrolla en el Anexo III del MIRAT para el sector porcino, el volumen de agente causante del daño vertido en caso de rebosamiento por lluvia del depósito o balsa de purines se estimaría a partir de la siguiente ecuación:

$$V = S * (P_{MÁX} - h) \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

V, es el volumen de purín derramado (m³)

S, es la superficie del depósito o balsa de almacenamiento de purines (m²)

P_{MÁX}, es la precipitación total para una duración de la lluvia y un período de retorno determinado (m)

h, es la altura entre el nivel de almacenamiento de purines y el borde del depósito o balsa (m)

Finalmente, en el caso de fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines, el cálculo de la cantidad de agente causante del daño liberada se estimaría a partir de la siguiente ecuación:

$$V = i * S * t \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Donde:

V, es el volumen de purín liberado (m³)

I, es la tasa de infiltración (8,64E-05 m/día)

S, es la superficie de fuga desde el depósito o balsa de almacenamiento de purines (m²)

t, es el tiempo de detección de la fuga (día)

En definitiva, como se expone y se refleja en el Cuadro 2 de la memoria del MIRAT, los tres tipos de accidentes derivados de depósitos o balsas de purines identificados (derrame de purines por rotura catastrófica, rebosamiento del depósito o balsa y fallo en la impermeabilización) pueden tener lugar en cualquiera de los tipos de infraestructuras de almacenamiento de purines existentes; únicamente en el caso de las cisternas flexibles sería totalmente descartable el escenario de rebosamiento del depósito o balsa. Por su parte, los riesgos asociados a una fuga por un fallo en la impermeabilización de la infraestructura de almacenamiento de purines no deben ser descartados en ningún caso, y especialmente en el caso de las balsas ya que el parámetro de control y aseguramiento de la estanqueidad obtienen la peor valoración.

III. MODELIZACIÓN DEL VERTIDO DESDE DEPÓSITOS O BALSAS DE PURINES

Una vez estimado el volumen de purines liberados desde los depósitos o balsas de almacenamiento de purines, es necesario proceder a la modelización del mismo. Atendiendo a lo indicado en páginas anteriores, se pueden diferenciar dos tipos de vertido: el vertido masivo (por rotura catastrófica del depósito o balsa de purines o por rebosamiento del mismo) o la infiltración de los purines desde el depósito o balsa de purines debido a un fallo de la impermeabilización.

En los siguientes epígrafes se procede a describir la aproximación metodológica propuesta por el presente MIRAT para el sector porcino respecto al comportamiento de ambos tipos de vertidos desde los depósitos o balsas de purines.

III.1. VERTIDO MASIVO DE PURINES

El presente MIRAT para el sector porcino propone modelizar el vertido de purines por rotura catastrófica del depósito o de la balsa o por rebosamiento de la misma recurriendo a ecuaciones desarrolladas en el marco de la hidráulica de canales abiertos.

En primer lugar, la siguiente ecuación de Manning, desarrollada para flujos de canales abiertos al que podría asimilarse un vertido por rotura catastrófica de la balsa o depósitos de purines o por rebosamiento de la balsa, será empleada para estimar, en función de una serie de parámetros, la extensión del vertido y su distribución en el terreno próximo a la granja:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times \sqrt{S} \quad \text{[Ecuación 3] (Gippel y Stewardson, 1998)}$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

n = parámetro de rugosidad de Manning

A = área de la sección del flujo (m²)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de la línea de agua (m/m)

A su vez, el radio hidráulico es la relación entre la sección del flujo y el denominado perímetro mojado:

$$R = \frac{\text{Sección}}{\text{Perímetro mojado}} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

En la Figura 2 se ilustran estos parámetros.

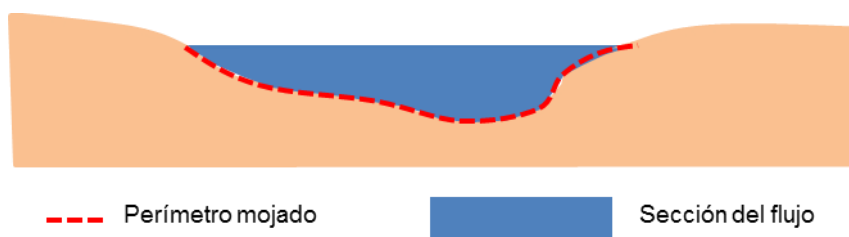


Figura 2. Parámetros para la estimación del radio hidráulico. Fuente: Elaboración propia

Ante la dificultad de establecer estos parámetros en casos hipotéticos de vertidos por rotura catastrófica del depósito o balsa de purines o de rebosamiento de la balsa, se puede asumir una sección rectangular, resultando la anchura como la extensión de la lengua de purines y la altura, el espesor de dicha lengua (ver Figura 3). Empleando parámetros medios (anchura media y altura media), el analista puede aproximarse a la modelización de un vertido de purines realizando algunas pocas simplificaciones, asumibles teniendo en cuenta el carácter apriorístico de cualquier análisis de riesgos medioambientales.

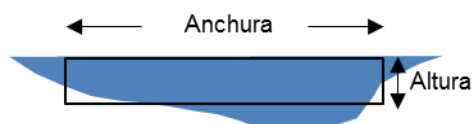


Figura 3. Simplificación de parámetros para la aplicación de la ecuación de Manning. Fuente: Elaboración propia

Atendiendo a la Figura 3, esta simplificación de los parámetros permite que el radio hidráulico pueda estimarse a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{Sección}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{\text{Anchura media} \times \text{Altura media}}{\text{Anchura media} + 2 \times \text{Altura media}} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Por otra parte, la ecuación siguiente muestra la relación entre caudal, sección y velocidad:

$$Q = A \times v \quad \text{[Ecuación 6]}$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

A = área de la sección del flujo (m²)

v = velocidad media del flujo (m/s)

Sustituyendo esta relación en la ecuación Ecuación 3, es posible obtener la velocidad media del flujo empleando la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times \sqrt{S} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

Donde:

v = velocidad media del flujo (m/s)

n = parámetro de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de la línea de agua (m/m)

Finalmente, el parámetro de rugosidad de Manning se encuentra tabulado en función de la naturaleza de la superficie o canal por el que discurriría el vertido. El Cuadro 2 recoge esta tabulación, de la cual el analista escogerá el valor del parámetro n que más se acerque a las características del terreno por el que discurriría el vertido.

a) Canales sin vegetación	
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos	0,0160
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0,0180
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa	0,0200
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0,0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0,0250
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0,0300
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0,0300
(b) Canales con vegetación	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-0,060
Gramíneas medias (150-250 mm)	0,030-0,085
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,040-0,150
(c) Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	0,025-0,030
Sinuosos, con embalses y bajos	0,033-0,040
Con muchas hierbas altas, sinuosos	0,075-0,150

Cuadro 2. Valores del coeficiente n de rugosidad de Manning. Fuente:

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>

El presente MIRAT para el sector porcino propone el uso de estas ecuaciones para la modelización del vertido de purines. Para ello, se igualará el resultado de la Ecuación 3 al caudal de vertido, encontrando mediante sucesivas iteraciones (o mediante el uso de la herramienta *Solver* de *Microsoft Excel*) una altura media de la lámina de purines derramados que iguale ambos caudales de vertido; para ello, se habrán determinado previamente los valores de parámetros de la pendiente del terreno, la rugosidad del mismo o la anchura de la lámina de agua. Una vez estimada esta altura media de la lámina de purines, podrá aplicarse la Ecuación 7 de cálculo de la velocidad media del flujo. Finalmente, para evaluar la posible afección a masas de aguas superficiales y/o la infiltración de la fase líquida del purín y la posible contaminación de las aguas subterráneas, se introducirá en el análisis la capacidad de infiltración ($l/m^2.h$) del suelo en función de las características del mismo; con la estimación del tiempo que el vertido de purín necesitaría para alcanzar la masa de agua superficial y la capacidad de infiltración del suelo será posible evaluar si se afecta a la correspondiente masa y qué proporción del vertido se infiltra en el suelo o alcanza al cauce. Finalmente, en función de los recursos naturales afectados, se procederá a la evaluación de las afecciones siguiendo los

métodos propuestos para cada recurso natural en las páginas siguientes de este anexo del MIRAT.

Como medida de la capacidad de infiltración, puede recurrirse al Cuadro 3, identificando las características del suelo más próximas al suelo por el que discurriría el vertido. Ante el carácter súbito de un vertido de estas características (en general, derrame de varias decenas o centenares de metros cúbicos de purín de forma más o menos repentina), y especialmente en el caso de que el terreno por el que discurriría el vertido tuviera una elevada pendiente, se recomienda escoger los valores más bajos de las horquillas propuestas en el Cuadro 3.

Características del suelo	Capacidad de infiltración (mm/h) (l/m ² .h)
Arenas profundas, loes profundos, suelos con buena estructura	Entre 8 y 12
Loes poco profundos y suelos franco-arenosos	Entre 4 y 8
Suelos franco-arcillosos, limos arenosos poco profundos, suelos pobres en materia orgánica, suelos arcillosos	Entre 1 y 4
Suelos con elevado porcentaje de arcillas hinchables, suelos arcillosos pesados, ciertos suelos salinos	Entre 0 y 1

Cuadro 3. Valores propuestos de capacidad de infiltración. Fuente: Musgrave y Holtan (1964)

De las seis variables necesarias para la realización de este análisis, cuatro de ellas pueden obtenerse de forma empírica, mediante la observación de los equipos de la granja y del terreno que la rodea:

- **Pendiente (S).** El operador, o el analista que realice el análisis de riesgos medioambientales de la instalación, podrá observar el terreno por el que, en caso de rotura del depósito o balsa, podrían verterse los purines.
- **Rugosidad (n).** Este parámetro se establecerá a partir de la tabulación recogida en el Cuadro 2, a través de la observación del terreno por el que discurriría el vertido.
- **Caudal de la fuga (Q).** Este parámetro se estimará a partir del volumen estimado de vertido y del tiempo de fuga.
 - o Cantidad vertida. Se estimará atendiendo a los criterios recogidos en el epígrafe I del presente anexo.
 - o Tiempo de fuga. La probabilidad de ocurrencia de rotura de un depósito o balsa suele referirse a un tiempo de vaciado del equipo. Atendiendo a lo indicado en el Anexo IV, las probabilidades de ocurrencia de la rotura catastrófica del depósito o balsa de purines se refieren a un evento en el que la capacidad del equipo se vacíe en 10 minutos, por lo que se tomará este tiempo para el cálculo del caudal. En el caso de rebosamiento de la balsa, el tiempo de fuga

se estimará como resta del tiempo de lluvia a partir del cual la balsa empieza a rebosar y el tiempo total del episodio de lluvias, asumiendo una distribución constante de la intensidad de la lluvia a lo largo de todo el episodio.

- **Capacidad de infiltración.** Este parámetro se estimará a partir de las características del suelo por el que discurriría el vertido, atendiendo a lo indicado en el Cuadro 3.

La única variable necesaria para realizar este análisis sujeta a mayor rango de incertidumbre es el denominado radio hidráulico (R) y, en concreto, siguiendo la propuesta metodológica del presente MIRAT, la anchura media de la lengua de purines: una vez establecida una anchura media de la lengua, el sistema de iteraciones para que el caudal de la Ecuación 3 sea igual al caudal de vertido proporciona el valor de la altura media de la lengua de purines, a partir de la cual es posible estimar la velocidad media del flujo.

La anchura media de la lengua de purines habrá de establecerse como hipótesis de trabajo, habilitándose la posibilidad de que pueda realizarse un análisis de sensibilidad de la estimación en función de este parámetro. La Figura 4 muestra de forma esquemática el concepto de anchura media de la lengua de purines.

Como criterios iniciales que se proponen en el marco del presente MIRAT para el sector porcino, puede establecerse la anchura de la vaguada por la que discurriría el vertido en el caso de que exista esta circunstancia; o, en caso de que la balsa se sitúe en un terreno con poca pendiente, podría establecerse como anchura media la anchura del depósito o balsa de purines desde el cual se produce el vertido.

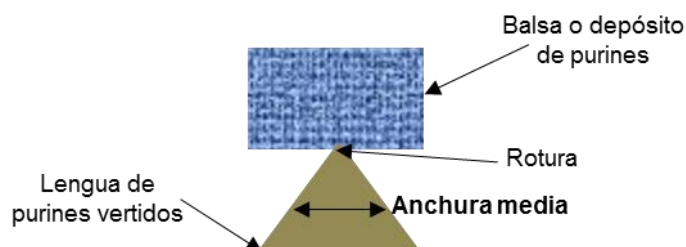


Figura 4. Esquema conceptual para el cálculo de la anchura media de la lengua de purines vertidos. Fuente: Elaboración propia

En cualquier caso, y atendiendo a la elevada incertidumbre respecto al parámetro anchura media, se propone la realización de un análisis de sensibilidad en el que se ilustre la influencia de este parámetro en los resultados finales.

III.2. VERTIDO POR INFILTRACIÓN DE LOS PURINES DESDE EL DEPÓSITO O Balsa

Como se recoge también en la memoria del informe, en el caso de fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines, existe un consenso generalizado respecto a la capacidad del purín de sellar, al menos de forma muy significativa, la fuga (Culley y Phillips, 1982; Barrington *et al.*, 1987a y b; Fleming *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 1999). Según estas fuentes, el sellado se produce especialmente mediante procesos físicos, básicamente por el rellenado de los poros del suelo por los sólidos del purín. Este sellado se produce en los primeros centímetros de contacto entre el purín y el suelo y no llega a ser una total impermeabilización: la bibliografía informa sobre una tasa de infiltración de $8,64E-05$ m/día (Barrington *et al.*, 1987b) o 3,15 cm/año.

En cualquier caso, a pesar del mencionado efecto de sellado, “la contaminación de las aguas subterráneas es aún probable para suelos con una capacidad de intercambio catiónico baja [y] especialmente en condiciones de larga exposición a los purines de cerdos” (Barrington *et al.*, 1987b, pág. 108). Esta misma fuente informa de una tasa de saturación de cationes, cuando el suelo está saturado en este caso de purín, que, para purines de cerdo, estaría comprendida entre los 0,18 m/año para suelos arenosos y los 0,04 m/año para suelos arcillosos; esta tasa informa de la capacidad del suelo para absorber y retener compuestos contaminantes y, con ello, neutralizar estos mismos compuestos. De esta forma, se considerará que existe riesgo de contaminación de las aguas subterráneas tras una fuga desde la balsa de purines por fallo en la impermeabilización si, teniendo en cuenta el tiempo de fuga, la profundidad de infiltración (empleando para ello las tasas de saturación de 0,18 m/año y 0,04 m/año según el tipo de suelo) alcanza el nivel piezométrico de la masa de agua subterránea existente bajo la balsa de purines.

En definitiva, la contaminación del agua subterránea en caso de fallo de la impermeabilización de la balsa de purines dependerá de (1) profundidad de la capa freática; (2) tiempo de la fuga. El efecto de sellado documentado por la bibliografía (Culley y Phillips, 1982; Barrington *et al.*, 1987a y b; Fleming *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 1999) minimiza los efectos que un fallo en la impermeabilización de la balsa de purines pudiera tener o, al menos, puede dar suficiente tiempo para detectar la fuga antes de que el daño se extienda en profundidad y alcance el nivel freático. Olivares *et al.* (2009) confirman la escasa profundidad que alcanzan los distintos componentes del purín en suelos bajo balsas de purines.

IV. DAÑOS DE LOS VERTIDOS DE PURINES A LOS RECURSOS NATURALES

Una vez propuestos unos modelos para simular el comportamiento de los purines en caso de rotura catastrófica, rebosamiento o fallo de la impermeabilización, en las siguientes páginas se procede a proponer unos modelos para evaluar el daño que los purines generan a los recursos naturales sobre los que la legislación sobre responsabilidad medioambiental aplica: aguas, suelo, especies y hábitats.

IV.1.DAÑOS A LAS AGUAS SUPERFICIALES

La bibliografía identifica la contaminación de las aguas superficiales por vertido de purines, ya sea por fugas desde balsas o por sobrellenado debido a un episodio de lluvias intenso (Burkholder *et al.*, 2007); esta fuente identifica otras vías de contaminación (la escorrentía tras la aplicación de los purines a la agricultura o la deposición atmosférica húmeda o seca), que en todo caso quedarían fuera del ámbito de aplicación del presente MIRAT.

Existen asimismo ejemplos en la literatura en los que se describen y analizan casos concretos de vertidos de balsas de purines a cauces superficiales (Burkholder *et al.*, 1997; de la Torre *et al.*, 2004). El operador deberá evaluar que la ubicación de la balsa de purines de su instalación podría llegar a afectar a un cauce próximo en caso de rotura catastrófica o rebosamiento; para ello, el operador puede recurrir a las ecuaciones recogidas en el epígrafe III.1 del presente anexo.

La distancia desde la balsa hasta el cauce más próximo, la orografía del terreno (existencia de barrancos que canalicen el vertido hacia el cauce) y/o la existencia de infraestructuras (canales de riego, etc.) influirán en la posibilidad de que un vertido o derrame de la balsa de purines alcance el cauce. Finalmente, y aplicando el principio de precaución, la existencia de una duda razonable respecto a la potencial afección a las aguas superficiales aconsejaría su consideración en el respectivo análisis de riesgos medioambientales.

De esta forma, en caso de vertido de purín al cauce de un río, y bajo el supuesto de que el agua del río y el vertido se mezclan completamente en el punto de vertido, la concentración de un componente del vertido en el río se estimaría aplicando la Ecuación 8 (Llavador, 2002):

$$C_0 = \frac{Q_r \cdot C_r + q_v \cdot C_v}{Q_r + q_v} \quad \text{[Ecuación 8]}$$

Donde:

C_0 , es la concentración inicial del componente en el punto de vertido (mg/l)

Q_r , es el caudal del río antes del vertido (m³/s)

C_r , es la concentración del componente contaminante en el río antes del vertido (mg/l)

q_v , es el caudal de agua residual vertida (m³/s)

C_v , es la concentración del componente en el agua residual vertida (mg/l)

El caudal de agua residual vertida (q_v) se puede estimar a partir de un porcentaje respecto al volumen de la balsa de purines y de un tiempo de duración del vertido. De la Torre *et al.* (2004), por ejemplo, constataron un vertido de 375 m³ de purines en 4 horas; por otra parte, en el epígrafe II del presente anexo se proponen unos criterios para estimar la cantidad de purines vertida, mientras que la fuente de probabilidades de ocurrencia se refiere a una rotura del depósito, con un vaciado completo en 10 minutos. El operador planteará un escenario de vertido atendiendo a estos u otros criterios, siempre debidamente justificados.

Por su parte, el contenido en materia orgánica y nutrientes del purín tiene como efecto inmediato sobre el río que recibe el vertido un descenso en los niveles de oxígeno disuelto. La oxidación de la materia orgánica y de otros contaminantes biodegradables (amonio, nitratos y nitritos, por ejemplo) consume el oxígeno disuelto y reduce su disponibilidad para la flora y fauna del río, mientras que el propio movimiento del río facilita el intercambio de oxígeno con la atmósfera y se produce una reaireación del río, aumentando la concentración de oxígeno disuelto en el agua. La modelización de ambos procesos mediante la ecuación de Streeter-Phelps permite conocer la evolución del oxígeno disuelto en el agua (Llavador, 2002):

$$D(t) = \frac{k_d \cdot C_0}{k_a - k_d} (e^{-k_d \cdot t} - e^{-k_a \cdot t}) + D_0 \cdot e^{-k_a \cdot t} \quad \text{[Ecuación 9]}$$

Donde:

$D(t)$, es el déficit de oxígeno en el tiempo t (mg/l)

k_d , es la tasa de desoxigenación o tasa de oxidación de la demanda de oxígeno (día⁻¹)

C_0 , es la concentración de oxígeno disuelto en el agua tras el vertido (mg/l)

k_a , es la constante de reaireación (día⁻¹)

t , es el tiempo transcurrido desde el vertido al río (días)

D_0 , es el déficit inicial de oxígeno en el punto de vertido del residuo en el tiempo $t=0$ (mg/l)

El déficit de oxígeno se define como la diferencia entre la concentración de saturación de oxígeno (función de la presión atmosférica y de la temperatura del agua) y la concentración de oxígeno disuelto en el agua en un momento dado.

$$D_t = OD_{sat} - OD_t \quad \text{[Ecuación 10]}$$

Donde:

D_t , es el déficit de oxígeno en el tiempo t (mg/l)

OD_{sat} , es la concentración de saturación de oxígeno (mg/l)

OD_t , es la concentración de oxígeno disuelto en agua en el tiempo t (mg/l)

Con el fin de simplificar el procedimiento para estimar los efectos del vertido de purines a cauce, tal y como permite el artículo 34 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, la concentración de saturación de oxígeno podrá obtenerse a partir de la Tabla 3, despreciando con esto el efecto de la presión atmosférica sobre esta variable.

Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)
0	14,16	18	9,18
1	13,77	19	9,01
2	13,40	20	8,84
3	13,05	21	8,68
4	12,70	22	8,53
5	12,37	23	8,38
6	12,06	24	8,25
7	11,76	25	8,11
8	11,47	26	7,99
9	11,19	27	7,86
10	10,92	28	7,75
11	10,67	29	7,64
12	10,43	30	7,53
13	10,20	31	7,42
14	9,98	32	7,32
15	9,76	33	7,22
16	9,56	34	7,13
17	9,37	35	7,04

Tabla 3. Solubilidad del oxígeno en agua pura a presión atmosférica al nivel del mar. Fuente: Bain y Stevenson (1999)

De forma adicional, la nitrificación —es decir, la oxidación bacteriana del amonio a nitritos (nitrificación) y, posteriormente, de los nitritos a nitratos (nitratación)— también es una

fuentes de reducción del oxígeno disuelto en el agua. Para que esta nitrificación se presente, deben existir los siguientes factores: (1) presencia suficiente de bacterias nitrificantes; (2) un pH alcalino, de alrededor de 8; y (3) suficiente oxígeno (de 1 a 2 mg/l) (Rivera-Gutiérrez, 2015). La tasa de nitrificación es muy variable (entre 0,1 y 1,2 d⁻¹) y de difícil obtención (*ibid.*); la consideración de la misma en el presente MIRAT introduciría una complejidad al análisis que podría entrar en conflicto con la eficiencia del mismo ante elevados grados de incertidumbre, por lo que se propone la simplificación del análisis a la oxidación de la materia orgánica, introduciendo en la misma parámetros conservadores, como a continuación se desarrolla.

Por su parte, OD₀ se corresponderá con la concentración de oxígeno disuelto en el agua justo antes del vertido; siendo el oxígeno disuelto uno de los parámetros más empleados para la caracterización de la calidad del agua, este parámetro podrá obtenerse de los datos y estadísticas sobre calidad del agua que elaboran las administraciones competentes en materia de calidad del agua (organismos de cuenca como las Confederaciones Hidrográficas, etc.). Por su parte, Bain y Stevenson (1999) ofrecen unos niveles umbrales de oxígeno disuelto (ver Tabla 4), que permiten interpretar los valores de oxígeno disuelto y sus efectos sobre las comunidades acuáticas.

Descripción	OD (mg/l)
Crisis biótica	≤ 3
Límite mínimo en muchos Estados de EE.UU.	> 4
Límite mínimo de USEPA	5
Adecuado para peces	> 5

Tabla 4. Descripciones para interpretar los valores de oxígeno disuelto. Fuente: Bain y Stevenson (1999)

Las constantes k_d (constante de desoxigenación) y k_a (constante de aireación) intervienen en la Ecuación 9 modelizando el consumo de oxígeno y la reaireación, respectivamente.

El cálculo de k_d puede realizarse a partir de Bosko (1966, en Bowie *et al.*, 1985; Molenaar, 1988; Rivera-Gutiérrez, 2015):

$$k_d = k_1 + n \cdot \frac{U}{h} \quad \text{[Ecuación 11]}$$

Donde:

k_d , es la tasa de desoxigenación o tasa de oxidación de la DBO (día⁻¹)

k_1 , es la tasa de degradación (día⁻¹)

n , es el coeficiente de actividad del lecho del río

U , es la velocidad media de la corriente (m/s)

h , es la profundidad media de la corriente (m)

El parámetro k_1 es la tasa de desoxigenación obtenida en botella (o en laboratorio), mientras que el término $n \frac{U}{h}$ refleja la importancia de los organismos en el lecho del río y que utilizan el oxígeno (Rivera-Gutiérrez, 2015).

A efectos del presente análisis de riesgos medioambientales sectoriales, se propone emplear como valor de k_1 0,35 días⁻¹ a 20°C, propuesto por Thoman-Mueller (1987, en Suárez *et al.*, 2010) para efluentes sin ningún tipo de tratamiento.

Por su parte, el parámetro n es definido por Eckenfelder (2000, en Rivera-Gutiérrez, 2015) en función de la pendiente del río (ver Tabla 5).

Pendiente (m/100m)	n
0,05	0,10
0,10	0,15
0,20	0,25
0,50	0,40
1,00	0,60

Tabla 5. Valores de coeficiente de actividad del lecho del río. Fuente: Adaptado de Eckenfelder (2000) por Rivera-Gutiérrez (2015)

Finalmente, la literatura ofrece múltiples ecuaciones para el cálculo de la constante de reaireación (k_a), todas ellas dependientes de ciertas características del río (velocidad y profundidad) y, en ocasiones, de la temperatura, que influye en la difusión del oxígeno. A continuación se recogen algunas de estas ecuaciones, las de aplicación más sencilla:

- Según Llavador (2002):

$$k_a = \frac{294 \cdot (D_L \cdot U)^{1/2}}{h^{3/2}} \quad \text{[Ecuación 12]}$$

Donde:

k_a , es la constante de reaeración (día⁻¹)

D_L , es el coeficiente de difusión molecular para el oxígeno (m²/día)

U , es la velocidad media de la corriente (m/s)

h , es la profundidad media de la corriente (m)

El coeficiente de difusión molecular para el oxígeno se obtiene:

$$D_L(T) = 1,76 \times 10^{-4} \cdot 1,037^{(T-20)} \quad \text{[Ecuación 13]}$$

Donde:

$D_L(T)$, es el coeficiente de difusión molecular para el oxígeno a la temperatura T (m²/día)

$1,76 \times 10^{-4}$, es el coeficiente de difusión molecular para el oxígeno a 20°C (m²/día)

T , es la temperatura (°C)

- Según Posada *et al.*(2013, en Rivera-Gutiérrez, 2015):

$$k_a = 3,93 \cdot \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}} \quad \text{[Ecuación 14]}$$

- Según Hydroscience, Inc.(1971, en Rivera-Gutiérrez, 2015):

$$k_a = 5,03 \cdot \frac{U^{0,969}}{H^{1,673}} \quad \text{[Ecuación 15]}$$

- Según Eckenfelder,(2000, en Rivera-Gutiérrez, 2015):

$$k_a = 5,32 \cdot \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}} \quad \text{[Ecuación 16]}$$

- Según O'Connor y Dobbins,(1958, en Rivera-Gutiérrez, 2015):

$$k_a = 1,923 \cdot \frac{U^{0,273}}{H^{0,894}} \quad \text{[Ecuación 17]}$$

Donde:

k_a , es la constante de reaeración (día⁻¹)

U , es la velocidad media de la corriente (m/s)

H , es la profundidad media de la corriente (m)

Cada una de estas ecuaciones de cálculo de la tasa de reaeración se ha estimado y ha sido validada para diferentes ríos con muy diferentes características hidráulicas. Llavador (2002) y Posada *et al.* (2013) ofrecen valores intermedios y muy parecidos; Eckenfelder (2000) ofrece valores muy superiores a cualquiera de las otras opciones, mientras que O'Connor y Dobbins (1958) ofrecen los valores más bajos con mucha diferencia.

A efectos de un análisis de riesgos medioambientales, donde ante la incertidumbre inherente al mismo se recomienda adoptar un criterio de prudencia, se recomienda emplear la Ecuación 17 o, en su defecto, la Ecuación 12 o la Ecuación 14; cuanto más baja sea la tasa de reaeración, la oxigenación del agua será más lenta y, con ello, el daño mayor. Con este criterio de prudencia, se corrige de alguna forma la simplificación comentada en páginas anteriores respecto a los procesos de nitrificación: al considerar que la tasa de reaeración se encuentra entre las más bajas de las propuestas por la literatura, el análisis permite considerar, siquiera parcialmente y garantizando la operatividad del análisis, los procesos de nitrificación.

Con la aplicación de las Ecuaciones 9 y 10 —con las ecuaciones necesarias posteriores, según corresponda—, es posible conocer la evolución del oxígeno disuelto en función del tiempo desde el momento del vertido (ver Figura 5).

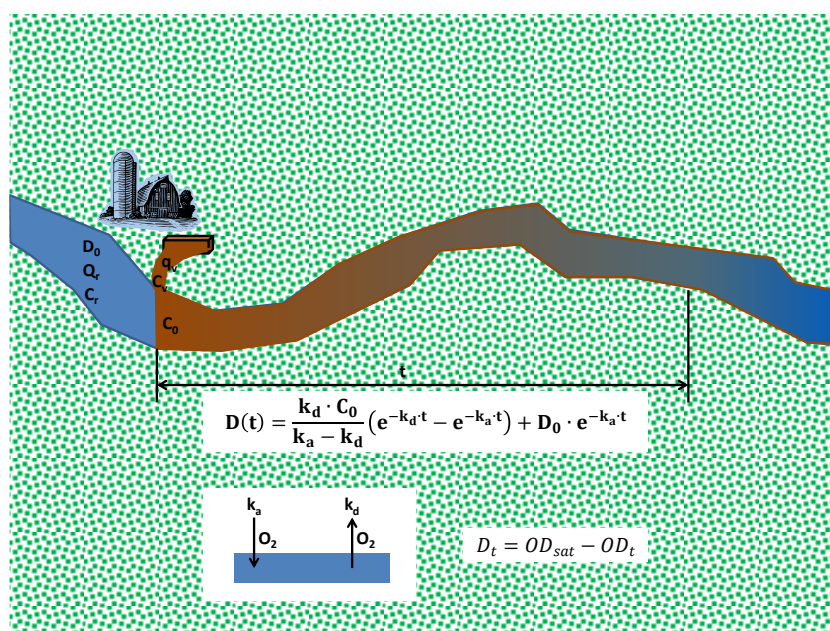


Figura 5. Modelización de la evolución del oxígeno disuelto tras un vertido a cauce.
Fuente: Elaboración propia

Según el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, el estado ecológico de un río se define, atendiendo a las condiciones de oxigenación, a partir de una concentración de oxígeno de 5 mg/l. De esta forma, si el vertido de purines al río hace empeorar el estado ecológico del río se podrá considerar como daño significativo y, con ello, ser de aplicación la normativa sobre responsabilidad medioambiental. En este caso, el operador deberá valorar la posibilidad y conveniencia de plantear las correspondientes medidas de reparación del recurso agua o, en su caso, considerar la recuperación natural del recurso; de cualquier forma, los daños a las aguas superficiales acarrearán con mucha probabilidad daños a otros recursos naturales como especies y hábitats, recursos que se tratarán en el correspondiente apartado.

IV.2.DAÑOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La afección a las aguas subterráneas en caso de vertido accidental de purín habrá de tenerse en consideración en al menos dos circunstancias:

- El vertido provocado por la rotura accidental del depósito o balsa de purines o, en su caso, su rebosamiento no alcanza o alcanza parcialmente un cauce, por lo que el vertido (total o parcialmente) acaba infiltrándose en el suelo.
- Se produce una fuga de purines por un fallo en la impermeabilización del depósito o balsa de purines.

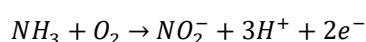
La complejidad del comportamiento en el subsuelo de un contaminante como el purín y, con ello, la posibilidad de que alcance la masa de agua subterránea y llegue a producir un daño sobre este recurso natural exige, especialmente en el contexto de un análisis de riesgos medioambientales, alcanzar un compromiso entre precisión del análisis y operatividad del mismo; el presente MIRAT propondrá varias alternativas para alcanzar este compromiso, recurriendo a un criterio de prudencia (asumir que todo el nitrógeno amoniacal contenido en el vertido se lixivia y alcanza la masa de agua subterránea) o, por otro lado, recurriendo a la bibliografía en la que se muestre el comportamiento del nitrógeno en función del tipo de suelo.

Por otra parte, y tal y como se desarrolla en las siguientes páginas, estas simplificaciones han de tener en cuenta la naturaleza del vertido (vertido masivo o infiltraciones desde la balsa).

La forma predominante en la que se encuentra el nitrógeno en el purín es en forma de amoníaco (NH_3) o, más concretamente al estar soluble en agua, ion amonio (NH_4^+); por ejemplo, según datos de SODEMASA (2011), alrededor del 70% del nitrógeno total se encuentra en forma de nitrógeno amoniacal.

Las condiciones de anoxia en las que generalmente se almacena el purín (evitando la remoción de la balsa y, por tanto, la aireación de la misma, salvo para homogeneizarla en el momento de su aprovechamiento agrícola) permiten el mantenimiento del nitrógeno en la forma de ion amonio.

El proceso de nitrificación comienza, precisamente, por la oxidación del amoníaco a nitrito; en una segunda etapa, el nitrito es oxidado a nitrato:



La forma en la que se encuentre el nitrógeno influye mucho en su comportamiento en el medio y, con ello, en su potencial contaminante. El ion amonio (NH_4^+), con su carga positiva y debido a la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, acaba fijándose a las partículas más finas del suelo (arcillas) y a la materia orgánica; el nitrito suele tener

una vida efímera; y, finalmente, el nitrato es muy lábil, siendo lavado con mucha facilidad hacia capas profundas arrastrado por el agua (Pacheco *et al.*, 2002). La oxidación del amonio a nitritos y, posteriormente, a nitratos se da en condiciones aeróbicas y de forma rápida en condiciones aireadas y con una temperatura entre 15 y 30°C (*ibid.*).

De esta forma, el vertido masivo de purines, ya sea por rotura catastrófica del depósito o balsa o por rebosamiento de la misma, propiciará la oxidación del amonio y la conversión a nitratos que, con el lavado del suelo, acabará, en su caso, alcanzando las aguas subterráneas. En el caso de un fallo de la impermeabilización del depósito o balsa, la contaminación de las aguas subterráneas será más improbable, ante el contenido flujo de purines hacia el suelo, la capacidad de éste de adsorber amonio y las condiciones anóxicas de este tipo de vertido.

IV.2.1. Daños a las aguas subterráneas por vertido masivo de purines

El vertido masivo de purines por fallo catastrófico del depósito o balsa de purines o por rebosamiento de la misma exige en primer lugar la estimación del volumen de purines que es absorbido por el suelo; para ello, en el caso de que el depósito o balsa de purines se encuentre en las proximidades de un cauce y de que la orografía pudiera facilitar la afección al mismo, se podrá seguir la metodología propuesta para ello en el apartado III.1 del presente anexo. Como es lógico, y ante la ausencia de un cauce próximo al que pudieran acceder los purines, el volumen de vertido puede acabar en su totalidad en el suelo y, en su caso, contaminando las aguas subterráneas.

El vertido masivo de purines limita la capacidad de adsorción de nitrógeno amoniacal del suelo; al airearse, se transforma en nitratos, sustancia contaminante de las aguas subterráneas. Como criterio prudente, en el presente MIRAT se propone considerar que todo el nitrógeno del purín se transforma en nitratos tras el vertido; en todo caso, el operador podrá considerar otro criterio en el análisis de riesgos medioambientales de su instalación, de forma debidamente justificada.

El contenido de nitrógeno del purín (y, más concretamente a efectos del presente análisis, de nitrógeno amoniacal) dependerá de la explotación y de las condiciones de almacenamiento. SODEMASA (2011), por ejemplo, informa de un contenido medio de nitrógeno amoniacal de 2,03 kgN/m³ para la producción de lechones y de 2,77 kgN/m³ para cebo, con una media entre ambos ciclos de producción de 2,40 kgN/m³. El operador considerará para el análisis un contenido de nitrógeno amoniacal en función de la información que disponga sobre los purines de su explotación.

Con esta información (volumen de purines vertidos al suelo y contenido de nitrógeno amoniacal del purín vertido), es posible estimar la cantidad de nitrógeno amoniacal vertido al suelo:

$$N_{vertido} = V_{vertido} \times C_{N_amoniaca} \text{ [Ecuación 18]}$$

Donde:

$N_{vertido}$, es la cantidad de nitrógeno amoniacal vertido [kgN]

$V_{vertido}$, es el volumen de purín vertido al suelo [m³]

$C_{N_amoniaca}$, es el contenido de nitrógeno amoniacal del purín vertido [kgN/m³]

Por otra parte, el contenido de nitratos (NO₃⁻) que se generarían a partir de la cantidad de nitrógeno amoniacal vertido puede estimarse a partir de la siguiente ecuación:

$$C_{nitratos} = N_{vertido} \times \frac{62}{14} \text{ [Ecuación 19]}$$

Donde:

$C_{nitratos}$, es la cantidad de nitratos [kgNitratos]

$N_{vertido}$, es la cantidad de nitrógeno amoniacal vertido [kgN]

Como se ha comentado anteriormente, esta cantidad de nitratos se correspondería con una situación en la que todo el nitrógeno amoniacal vertido es oxidado a nitratos y posteriormente lixiviado hacia las aguas subterráneas. Sin embargo, en el ciclo del nitrógeno intervienen otras variables y procesos (intercambio catiónico entre suelo y nitrógeno amoniacal, oxidación del amonio a nitritos y a nitratos, aprovechamiento de los nitratos por la vegetación existente, lixiviación de los nitratos, etc.) que permitirían reducir el contenido de nitratos que alcanza finalmente la masa de agua subterránea. Bajo un criterio de prudencia, podría considerarse que toda la cantidad de nitratos es arrastrada por el agua hacia la masa de agua subterránea; sin embargo, ante la posibilidad de que este criterio prudente pudiera dar como resultado un sobredimensionamiento desproporcionado del daño, en el presente MIRAT se propone aplicar los porcentajes recogidos en la Tabla 6.

La Tabla 6 se ha construido a partir de Gärdenäs *et al.* (2005), que estiman la cantidad de nitrógeno lixiviado como fracción del nitrógeno añadido según el tipo de suelo y distintas condiciones de ferti-irrigación. Los resultados obtenidos por estos autores informan de que el tipo de suelo es mucho más importante que la estrategia de ferti-irrigación o que el sistema de micro-irrigación, por lo que se ha considerado apropiado el uso de sus resultados para el presente MIRAT. En concreto, los datos recogidos en la Tabla 6 se han obtenido calculando el promedio del máximo, del promedio y del mínimo de nitrógeno lixiviado proporcionados por *ibid* en su Tabla 3. El operador podrá aplicar un porcentaje de entre los recogidos en la Tabla 6 a la cantidad de nitratos que haya sido estimada a partir

de la Ecuación 19, en función del tipo de suelo en el que se produciría el vertido; se recomienda aplicar los porcentajes de la última columna (máximos de nitrógeno lixiviado) como criterio de prudencia.

Tipo de suelo	Mínimo de nitrógeno lixiviado (%)	Promedio de nitrógeno lixiviado (%)	Máximo de nitrógeno lixiviado (%)
Limo arenoso	12,57%	16,72%	19,53%
Limo	4,63%	6,22%	7,51%
Arcilla limosa	1,12%	2,62%	4,37%
Arcilla anisotrópica	1,09%	2,30%	3,62%

Tabla 6. Porcentaje de nitratos lixiviados en función del tipo de suelo. Fuente: Elaboración propia a partir de Gårdenäs *et al.* (2005)

Una vez estimada la cantidad de nitratos lixiviados, la monetización del daño (especialmente si se emplea para ello el Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental propuesto en el presente MIRAT) exige una estimación del volumen de agua subterránea contaminada por el vertido. La modelización del flujo subterráneo del agua resulta especialmente compleja, por lo que el presente MIRAT propone las siguientes alternativas de cuantificación del daño por el vertido de purines a las aguas subterráneas:

1. Empleo de modelos de dinámica del agua subterránea y de la contaminación.

El operador puede utilizar alguno de los distintos modelos de dinámica del agua subterránea y de la contaminación propuestos por la literatura, entre otros los mencionados en el documento *Análisis de herramientas de evaluación de la difusión y comportamiento de agentes químicos en el marco de la normativa de responsabilidad medioambiental* aprobado por la Comisión técnica de prevención y reparación de daños medioambientales¹.

Entre los modelos más empleados para la modelización de la dinámica de las aguas subterráneas y de la contaminación cabe destacar por su amplia utilización el modelo MODFLOW², desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos y considerado como un estándar para simulaciones de acuífero; en concreto, el modelo MODFLOW-MT3DMS³ incluye en la simulación el transporte de solutos.

¹https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/Herramientas%20de%20evaluacion%20de%20difusion%20y%20comportamiento%20de%20agentes%20quimicos_tcm30-177407.pdf

²<https://water.usgs.gov/ogw/modflow/>

³<https://water.usgs.gov/ogw/mt3d-usgs/>

Sin embargo, este y otros modelos de dinámica del agua subterránea y de la contaminación son herramientas complejas cuya utilización exige de tiempo y entrenamiento que exigirían a los operadores de mayores recursos (entre ellos, económicos) tales que podrían llegar a comprometer la aplicabilidad del MIRAT. En cualquier caso, es una alternativa que cada operador deberá contemplar para el análisis de riesgos medioambientales de su instalación, para determinar la cuantía de la garantía financiera obligatoria por responsabilidad medioambiental.

Si la modelización de la dinámica del agua subterránea es muy compleja, como demuestran los modelos citados anteriormente, mayor complejidad aún conlleva la modelización de la contaminación por nitratos. Tal y como mencionan King *et al.* (2012), las dimensiones de una pluma de contaminación por nitratos (límites, profundidad y volumen) son muy dependientes de las características donde se produce el vertido y el posterior transporte de la contaminación; los modelos de difusión tienen como objetivo, precisamente, definir esta pluma de contaminación.

2. Modelo de difusión de la contaminación en el suelo: modelo de Grimaz y colaboradores

Otra posible alternativa para la cuantificación del daño ocasionado por un vertido de purines a las aguas subterráneas es el empleo de modelos de difusión de la contaminación en el suelo, introduciendo el nivel freático como frontera para la afección a las aguas subterráneas. De esta forma, si atendiendo a las características del suelo la profundidad que alcanzaría el vertido es superior que la profundidad del nivel freático, se consideraría la afección a las aguas subterráneas.

Uno de los modelos de difusión de la contaminación en el suelo más empleados en el marco de los análisis de riesgos medioambientales es el propuesto por Grimaz *et al.* (2007 y 2008). Este modelo proporciona, por un lado, una superficie en la que se distribuiría el vertido (función del volumen, caudal del vertido, viscosidad de la sustancia y permeabilidad del suelo) y, por otro lado, la profundidad que alcanza el vertido (en este caso, función de la viscosidad de la sustancia y de la capacidad de retención del suelo).

De esta forma, esta alternativa de cuantificación del daño a las aguas subterráneas consistiría en asumir una región afectada de forma cilíndrica en el que la base sería el área ocupada por el vertido y la altura la profundidad que alcanzaría el vertido, diferenciando entre afección al suelo el volumen entre la superficie y el nivel freático (zona no saturada) y afección a las aguas subterráneas entre el nivel freático y la profundidad del vertido (zona saturada).

Una vez estimado el volumen de zona saturada afectada, sería posible estimar el volumen de agua subterránea contaminada aplicando un coeficiente de porosidad, para

el cual puede recurrirse al Gráfico 1 de páginas posteriores y, en concreto, al parámetro de porosidad eficaz.

En cualquier caso, el operador podrá recurrir a modelos diferentes a los arriba planteados para la estimación del volumen de agua subterránea afectada, siempre de forma debidamente justificada.

Finalmente, aunque menos relevante para el cálculo de la cuantía de la garantía financiera, es posible estimar el tiempo en el que los lixiviados de nitratos alcanzarían la masa de agua subterránea. La hidrogeología propone la siguiente ecuación para la estimación de la velocidad a la que discurre el agua por el subsuelo:

$$v = \frac{K}{m_e} \quad \text{[Ecuación 20]}$$

Donde:

v , velocidad lineal media [L/T]

K , conductividad hidráulica [L/T]

m_e , porosidad eficaz

Tanto la conductividad hidráulica como la porosidad eficaz dependen especialmente del tipo de suelo. En el Cuadro 4y en el Gráfico 1 se recogen algunos valores para el cálculo de estos parámetros, que permitirán estimar la velocidad a la que el vertido de purines percolará por el suelo y, con ello, el tiempo que invertirá en alcanzar la masa de agua subterránea, una vez conocida la profundidad a la que dicha masa se encuentra.

Tipo de suelo	Conductividad hidráulica (cm/s)
Gravas bien distribuidas	$10^{-2} - 1$
Arenas bien distribuidas	$10^{-3} - 10^{-1}$
Arenas limosas, arenas finas	$10^{-5} - 10^{-3}$
Limo, limos arenosos, arenas arcillosas	$10^{-6} - 10^{-4}$
Arcilla	$10^{-9} - 10^{-6}$

Cuadro 4. Conductividad hidráulica en función del tipo de suelo. Fuente: Espinoza (2007)

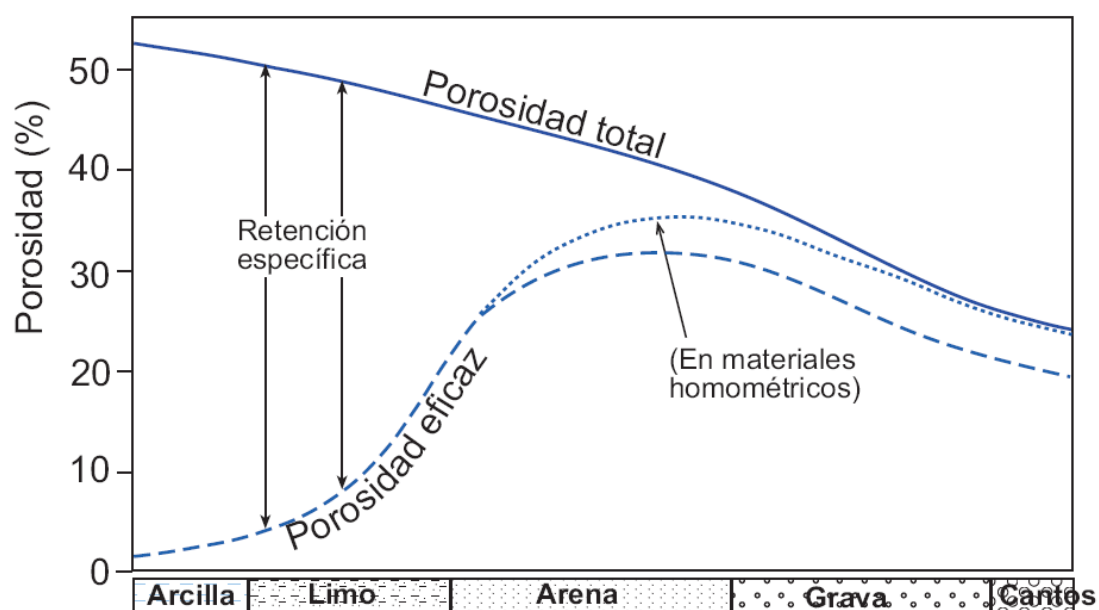


Gráfico 1. Variación de la porosidad con la granulometría en materiales detríticos no consolidados. Fuente: Sánchez (2018)

En cualquier caso, el coste de la reparación primaria del agua subterránea estimado a través de MORA resulta poco sensible a la cantidad de agua subterránea a tratar, al menos para la técnica aplicada en el caso de la contaminación por nitratos (intercambio iónico). Los elevados costes fijos, especialmente los asociados a los procedimientos de revisión y control necesarios para comprobar y evaluar el éxito de la reparación, hacen que el coste de la reparación primaria del agua subterránea contaminada por nitratos dependa muy poco de la cantidad de agua subterránea a depurar, haciendo menos relevante la precisión en el procedimiento de cuantificación.

IV.2.2. Daños a las aguas subterráneas por fallo en la impermeabilización del depósito o balsa de purines

En el apartado III.2 del presente anexo se expone la metodología para evaluar la probable contaminación de las aguas subterráneas debido a fallos en la impermeabilización de la balsa de purines.

Las condiciones de anoxia en las que se da la infiltración al subsuelo por fallo de la impermeabilización del depósito o balsa de purines impiden la oxidación del nitrógeno amoniacal (NH_4^+) a nitratos (NO_3^-); el amonio, debido a su carga positiva, es atrapado por las arcillas y la materia orgánica del suelo, fijándose a estas partículas y reduciendo su disponibilidad para su oxidación a nitratos. Tal y como exponen Barrington *et al.* (1987b), los suelos arenosos tienen menos capacidad de intercambio catiónico y retienen menos nitrógeno amoniacal, aunque la escasa tasa de infiltración debido al autosellado de la impermeabilización del depósito o balsa de purines reduce la saturación del suelo por

amonio y, por tanto, permite que se extienda la contaminación por nitrógeno amoniacal a una velocidad de unos 0,18 m/año; esta velocidad se reduce a 0,04 m/año para suelos arcillosos, que poseen mayor capacidad de intercambio catiónico.

Si el tiempo de detección de la fuga permite que el purín alcance una masa de agua subterránea —circunstancia que se daría en el caso de que el tiempo de detección de la fuga fuera muy dilatado y la masa de agua subterránea fuera muy somera—, el analista deberá proceder a estimar el volumen de agua subterránea contaminada.

Para ello, en primer lugar es necesario estimar el volumen de purines que se ha infiltrado a partir del fallo de la impermeabilización. Teniendo en cuenta el tiempo de detección de la fuga —que dependerá a su vez del modelo de gestión del depósito o balsa de purines— y de la superficie de infiltración, es posible estimar el volumen de purines que se ha infiltrado, atendiendo a la Ecuación 21:

$$V = i \times S \times t \quad \text{[Ecuación 21]}$$

Donde:

V , es el volumen de purín liberado (m^3)

i , es la tasa de infiltración (8,64E-05 m/día)

S , es la superficie de infiltración (m^2)

t , es el tiempo de detección de la fuga (día)

Por último, será necesario estimar el volumen de agua contaminada por nitratos. Para ello, a partir del volumen de purines vertido estimado mediante la Ecuación 21, será necesario estimar la cantidad de nitratos generada por la oxidación del amonio a partir de las Ecuaciones 18 y 19: se estima, al amparo del principio de precaución, que la escasa velocidad de infiltración permitirá la completa oxidación del amonio vertido a nitratos; por otro lado, las condiciones de este tipo de vertido (desde el fondo del depósito o balsa de purines, sin un posible efecto de aprovechamiento por parte de la vegetación de los nitratos generados, etc.) permiten asumir que todos los nitratos estimados mediante las Ecuaciones 18, 19 y 21 serán lavados y, con ello, alcanzarán, en su caso, a contaminar la masa de agua subterránea subyacente.

De esta forma, a partir de la cantidad de nitratos estimada mediante las Ecuaciones 18, 19 y 21, se procedería posteriormente a calcular el volumen de agua aplicando un modelo de difusión de la contaminación en el agua subterránea.

IV.2.3. Recuperación natural de los daños ocasionados a las aguas subterráneas contaminadas por nitratos

En el caso de los daños ocasionados por el vertido de purines sobre las aguas superficiales, especialmente en el caso de que no existan infraestructuras de contención (presas, azudes, etc.) y para ríos de determinado tamaño, se ha comentado la posibilidad de que el daño al agua pueda repararse recurriendo a la recuperación natural. Esta misma consideración, ha de plantearse en el caso de los daños a las aguas subterráneas, aunque merece la pena reconocer las diferentes implicaciones que esta consideración (la recuperación natural) tiene en caso de daño a estos dos tipos de recursos naturales: aguas superficiales y aguas subterráneas.

El artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, indica que la reparación primaria asociada al escenario de referencia para el cálculo de la cuantía de la garantía financiera no podrá basarse nunca **exclusivamente** en la recuperación natural. En el caso de las aguas superficiales, el vertido de purines ocasiona daños a las propias aguas (cuya reparación primaria mediante recuperación natural, como se ha comentado previamente, ha de considerarse, especialmente en determinadas circunstancias) y, al menos, a la ictiofauna del río, por lo que la reparación primaria asociada a un escenario de referencia de vertido de purines a un río podría no constar exclusivamente en la recuperación natural.

En el caso del vertido de purines a las aguas subterráneas, si bien es necesario considerar la posibilidad de utilizar la recuperación natural del daño ocasionado por los nitratos a las aguas subterráneas como medida de reparación primaria, el analista ha de considerar que, en el caso de que este escenario fuera el seleccionado en primera instancia como de referencia, no podría constituirse como escenario para el cálculo de la cuantía de la garantía financiera (estableciendo el supuesto de que no existirían daños a otros recursos naturales), debiéndose seleccionar para ello el escenario con mayor índice de daño medioambiental entre los escenarios que acumulen el 95% del riesgo total y cuya reparación primaria no se base exclusivamente en la recuperación natural.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, indica explícitamente que el escenario de referencia no podrá consistir **íntegramente** en la recuperación natural; es decir, un escenario accidental cuya reparación primaria consistiera en una recuperación natural parcial del agua subterránea, complementada con una reparación primaria *in situ* o *ex situ* (por ejemplo, bombeo de agua con alto contenido en nitratos para riego), sí podría constituirse como escenario de referencia para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

Finalmente, si bien el suelo no podría considerarse como contaminado por nitratos atendiendo al Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, como se desarrollará posteriormente, un suelo con una concentración elevada de nitratos por un vertido accidental de purín sí podría constituirse como una fuente de contaminación de las aguas subterráneas y, con ello, precisar de algún tipo de tratamiento para evitar el lavado de los nitratos no fijados al sustrato y no utilizados por la vegetación. De esta forma, en un caso real de vertido accidental de purín, la autoridad competente podría exigir al operador la retirada de los nitratos (o de determinada cantidad de nitratos) del suelo afectado por el vertido para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por el lixiviado de los nitratos. En un escenario de referencia para el cálculo de la cuantía de la garantía financiera donde se contemple la recuperación natural parcial de la masa de agua subterránea, combinada con una medida de reparación primaria como el bombeo de agua para riego, por ejemplo, los costes asociados a la reducción de la concentración de nitratos en el suelo podrían incluirse como medidas de prevención y de evitación de nuevos daños e incorporarse a la cuantía de la garantía financiera en virtud del artículo 33.3 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

IV.3.DAÑOS AL SUELO

Como se ha comentado anteriormente, el vertido de purines al suelo no supondría la declaración del mismo como contaminado y, por ello, no provocaría un daño significativo a este recurso, por lo que en un principio no sería de aplicación la normativa sobre responsabilidad medioambiental por daños al suelo.

Entre los componentes del purín que pudieran provocar la contaminación del suelo en los términos establecidos en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, cabe citar la potencial contaminación del suelo por metales pesados. A continuación se procede a realizar un análisis sobre la potencial contaminación del suelo por metales pesados en caso de vertido de purines.

Mediante la siguiente ecuación, es posible estimar la concentración de determinado metal que se generaría en un suelo saturado por el vertido de un purín:

$$[Metal]_{Suelo} = \frac{[Metal]_{purin} * P_{eficaz} * 1000}{\varphi_{suelo}} \quad \text{[Ecuación 22]}$$

Donde:

$[Metal]_{Suelo}$, es la concentración del metal en el suelo (mg/kg de suelo seco)

$[Metal]_{purin}$, es la concentración del metal en el purín (g/m³)

P_{eficaz} , es la porosidad eficaz del suelo (%)

ρ_{suelo} , es la densidad del suelo (kg/m^3)

Para porosidades eficaces máximas de 40% y concentraciones de metales en purín (concretamente, cobre y zinc) como las indicadas por Antezana *et al.* (2016), no se alcanzarían en el suelo concentraciones como las recogidas en el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario relativas a valores límite de concentración de metales pesados en los suelos para permitir el uso de lodos de depuración en suelos agrícolas. De esta forma, puede descartarse la contaminación del suelo por metales pesados en el caso de un vertido de purines a este recurso natural; algunos autores (USEPA, 2004; Mallmann *et al.*, 2017) citan la posible contaminación del suelo por metales pesados a largo plazo tras sucesivas aportaciones de purines como fertilizantes, pero este tipo de afecciones quedaría fuera del ámbito de aplicación del presente MIRAT.

En cualquier caso, el vertido de purines al suelo en caso de rotura catastrófica de la balsa o depósito sí podría tener implicaciones en términos de responsabilidad medioambiental: los sólidos y materia seca que también contiene el purín deberían ser retirados tras su vertido por sus posibles implicaciones en términos, al menos, de salud pública. De esta forma, en caso de rotura catastrófica de la balsa o depósito de purines la medida de la reparación primaria consistiría en la retirada mecánica de estos sólidos o materia seca.

IV.4.DAÑOS A LAS ESPECIES SILVESTRES

Los daños a las especies silvestres derivados de un vertido de purines se limitarán a los efectos sobre la ictiofauna cuando el vertido alcance una masa de agua continental superficial; estos daños estarán relacionados con los niveles de oxígeno disuelto, que se modelizarán siguiendo lo establecido en el apartado de daños a las aguas superficiales.

Los efectos de la ausencia o escasez de oxígeno disuelto en el agua sobre la ictiofauna han sido objeto de estudio desde hace muchas décadas. Dean y Richardson (1999) recomiendan emplear los estándares desarrollados por USEPA (1986), que se recogen en la Tabla 8. Por otra parte, Doudoroff y Shumway (1970) recopilan para numerosas especies niveles letales de oxígeno disuelto.

Intensidad del daño	Oxígeno disuelto para peces salmónidos (mg/l)	Oxígeno disuelto para peces no-salmónidos (mg/l)
Letal	< 1,00	-
Agudo	< 3,00	< 3,00
Crónico	< 5,00	< 4,00
Potencial	< 6,00	< 5,00

Tabla 7. Umbrales de daño propuestos para distintos efectos del oxígeno disuelto en la ictiofauna. Fuente: Elaboración propia a partir de USEPA (1986) y Dean y Richardson (1999)

En cualquier caso, para el presente MIRAT se recomienda emplear los umbrales de daño propuestos en la Tabla 7, aplicando unos u otros (salmónidos y no-salmónidos) en función del tipo de ictiofauna mayoritaria en la masa de agua continental superficial afectada y, en caso de duda y bajo el criterio de prudencia, emplear los valores propuestos para los peces salmónidos.

Los niveles de intensidad propuestos en la Tabla 7 se corresponderían con una mortalidad del 75%, 30% y 5% para intensidades agudas, crónicas y potenciales, respectivamente (en línea con lo establecido en el artículo 34 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental), habiéndose añadido una intensidad letal (100% de mortalidad) para la ictiofauna de salmónidos, especialmente sensibles a los niveles de oxígeno disuelto en el agua.

La modelización de la evolución del oxígeno disuelto en el agua permitirá establecer un perfil de afección de la masa de agua continental superficial afectada, definiendo distintos tramos del cauce afectados de forma letal, aguda, crónica y potencial (ver Figura 6). Con datos relativos a densidad de ictiofauna aportados por los organismos de cuenca o por estudios realizados *ad hoc* en la masa de agua superficial afectada o en otra distinta de similares características, junto con el perfil de afección según intensidad del daño, se podrá obtener una estimación del número de individuos de ictiofauna afectados por el vertido de purines al cauce.

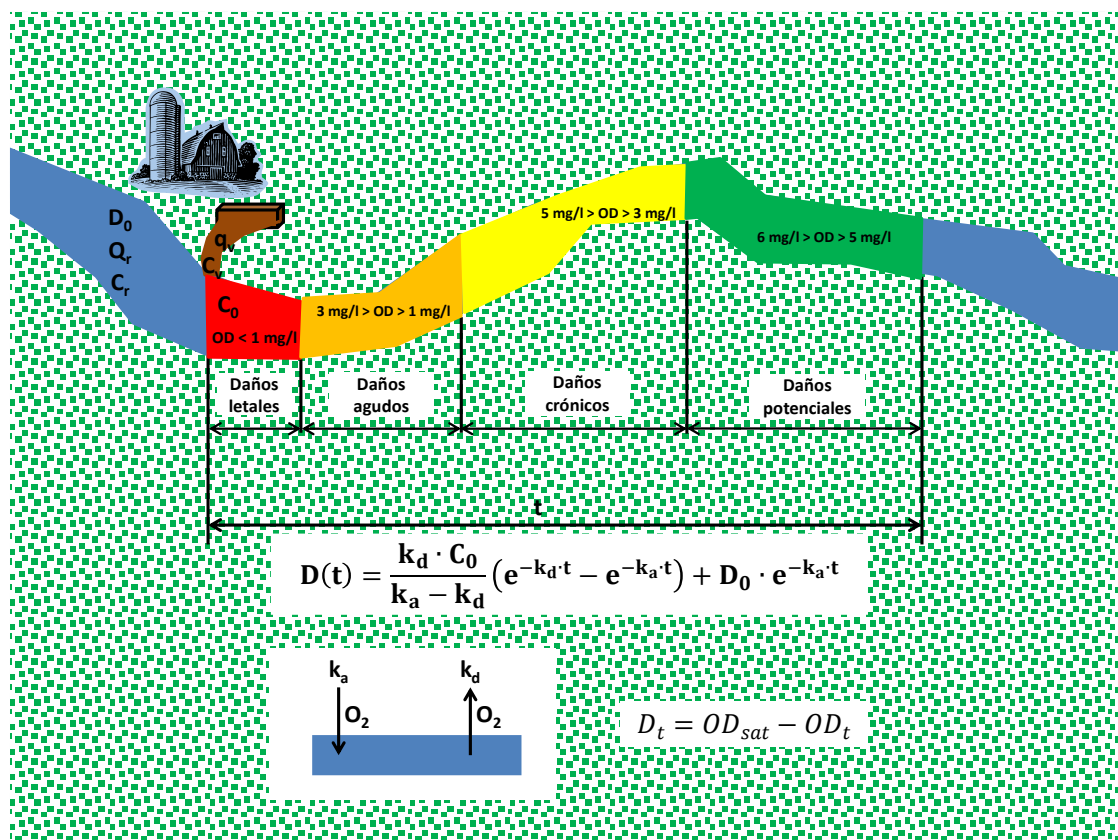


Figura 6. . Modelización de los daños a la ictiofauna asociados a un vertido a cauce con efectos sobre el oxígeno disuelto en agua. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la existencia de infraestructuras hidráulicas (azudes, presas, etc.) a lo largo de cauce afectado puede permitir circunscribir el daño a un tramo concreto del río, evitando que la ausencia o escasez de oxígeno disuelto en el río se extienda por varias decenas o, incluso, centenares de kilómetros de cauce (ver Figura 7). El operador valorará la posibilidad de que el vertido pueda ser contenido en alguna de las infraestructuras hidráulicas presentes en el cauce y reducir de esta forma el impacto del vertido sobre la ictiofauna; este tipo de medidas de evitación de nuevos daños deberán llevar asociado un coste, presumiblemente relacionado con el tratamiento *in situ* de la contaminación o la extracción y posterior depuración del agua contaminada retenida. En cualquier caso, tampoco puede descartarse la recuperación natural en estas circunstancias, teniendo en cuenta la naturaleza de la sustancia contaminante.

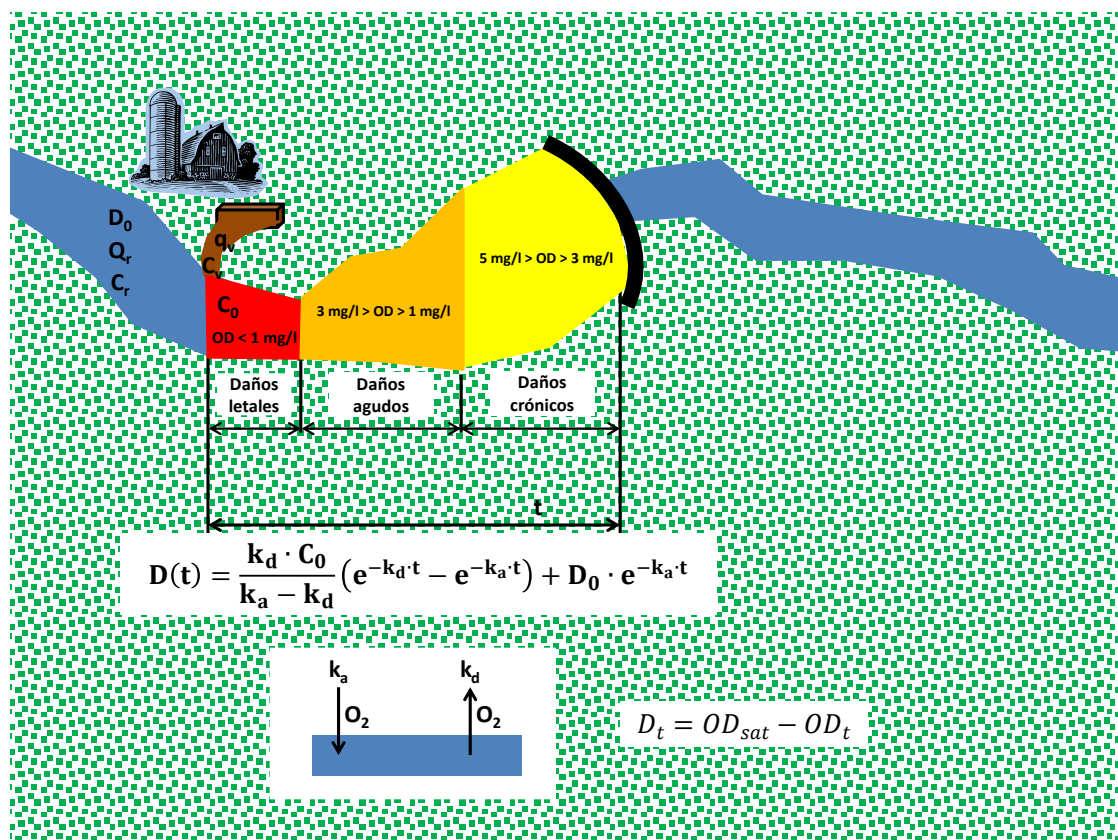


Figura 7. Modelización de los daños a la ictiofauna asociados a un vertido con efectos sobre el oxígeno disuelto en agua, contenido por una infraestructura hidráulica. Fuente: Elaboración propia

IV.5.DAÑOS A LOS HÁBITATS

En otros análisis de riesgos medioambientales sectoriales, el tratamiento de los hábitats como recursos potencialmente afectados por daños medioambientales ha consistido en considerarlos como una combinación de los restantes recursos cubiertos por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental —suelo, agua y especies (animales y vegetales)—; sin embargo, por una cuestión práctica —y en coherencia con el tratamiento que se les da en el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA)—, se recomienda considerar este recurso únicamente como la fracción vegetal de los ecosistemas —como se ha dicho, el resto de los elementos que los componen serían considerados a través de los restantes recursos naturales—.

De esta forma, en primer lugar, la afección de un vertido de purín al agua superficial no supondrá, a efectos prácticos, la afección al recurso hábitats. En este caso, el ambiente acuático afectado recuperará su estado básico cuando el agua y las especies (animales) que en ella habitan se recuperen.

Por otro lado, en segundo, lugar, si el vertido se produce al suelo, se puede considerar que con la limpieza mecánica del mismo se consigue la recuperación simultánea del

hábitat terrestre afectado por el vertido. Se considera que no existe afección a las especies terrestres, ya sean animales o vegetales, debido fundamentalmente a la escasa extensión superficial que se supone al vertido y, en general, al efecto beneficioso que tienen los nitratos y la materia orgánica para las especies terrestres.

En cualquier caso, el operador que se proponga aplicar el presente análisis de riesgos medioambientales sectorial deberá considerar determinadas circunstancias especiales que pudieran darse en su caso concreto; por ejemplo, la naturaleza del río receptor del vertido de purín (escasa velocidad, recorrido sinuoso y con mucha vegetación presente en las riberas, por ejemplo) podría precisar de una limpieza de las riberas mediante medios mecánicos, considerándose de esta forma una afección al hábitat de ribera.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTEZANA, W., DE BLAS, C., GARCÍA-REBOLLAR, P., RODRÍGUEZ, C., BECCACCIA, A., FERRER, P., CERISUELO, A., MOSET, V., ESTELLÉS, F., CAMBRA-LÓPEZ, M. y CALVET, S. (2016) Composition, potential emissions and agricultural value of pig slurry from Spanish commercial farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 104(2), 159-173.

BAIN, M.B. y STEVENSON, N.J. (ed.) (1999) *Aquatic habitat assessment: common methods*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

BARRINGTON, S.F., JUTRAS, P.J. y BROUGHTON, R.S. (1987a) The sealing of soils by manure. I. Preliminary investigations. *Canadian Agricultural Engineering*, 29(2), 99-103.

BARRINGTON, S.F., JUTRAS, P.J. y BROUGHTON, R.S. (1987b) The sealing of soils by manure. II. Sealing mechanisms. *Canadian Agricultural Engineering*, 29(2), 105-108.

BOSKO, K. (1966) *Advances in Water Pollution Research*. International Association on Water Pollution Research. Munich.

BOWIE, G.L., MILLS, W.B., PORCELLA, D.B., CAMPBELL, C.L., PAGENKOPF, J.R., RUPP, G.L., JOHNSON, K.M., CHAN, P.W.H. Y GHERINI, S.A. (1985) *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling*. EPA/600/3-85/040. 2nd edition.

BURKHOLDER, J.M., MALLIN, M.A., GLASGOW, H.B., LARSEN, L.M., MCIVER, M.R., SHANK, G.C., DEAMER-MELIA, N., BRILEY, D.S., SPRINGER, J., TOUCHETTE, B.W. y HANNON, E.K. (1997) Impacts to a Coastal River and Estuary from Rupture of a Large Swine Waste Holding Lagoon. *Journal of Environmental Quality*, 26(6), 1451-1466.

BURKHOLDER, J.M., LIBRA, B., WEYER, P., HEATHCOAT, S., KOLPIN, D., THORNE, P.S. y WICHMAN, M. (2007) Impacts of Waste from Concentrated Animal Feeding Operations on Water Quality. *Environmental Health Perspectives*, 115(2), 308-312.

- CULLEY, J.L.B. y PHILLIPS, P.A. (1982) Sealing of soils by liquid cattle manure. *Canadian Agricultural Engineering*, 24(2), 87-89.
- DEAN, T.L. y RICHARDSON, J. (1999) Responses of seven species of native freshwater fish and a shrimp to low levels of dissolved oxygen. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 33(1), 99-106.
- DE LA TORRE, A., DOMÍNGUEZ, L., GONZÁLEZ, M., AGUAYO, S., CARBALLO, M. y MUÑOZ, M.J. (2004) *Impact from a cattle lagoon rupture on a downstream fish farm: a case study*. <http://www.scielo.org.ar/img/revistas/ecoaus/v14n2/html/v14n2a05.htm>
- DOUDOROFF, P. y SHUMWAY, D.L. (1970) *Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes*. FAO Technical Paper 86.
- ECKENDELDER, W. (2000) *Industrial Water Pollution Control*. McGraw-Hill.
- ESPIÑOZA, C. (2007) CI51J *Hidráulica de Aguas Subterráneas y Su Aprovechamiento. Tema 3 – Movimiento del agua subterránea*.
https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/1/CI51J/1/material_docente/bajar?id_material=118888
- FLEMING, R., JOHNSTON, J. y FRASER, H. (1999) *Leaking of Liquid Manure Storages – Literature Review*. Prepared for Ontario Pork. University of Guelph
- GÄRDENÄS, A.I., HOPMANS, J.W., HANSON, B.R. y SIMUNEK, J. (2005) Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agricultural Water Management*, 74, 219-242.
- GIPPEL, C.J. y STEWARDSON, M.J. (1998) Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14, 53-67.
- GRIMAZ, S., ALLEN S., STEWART, J. y DOLCETTI, G. (2007) *Predictive Evaluation of the extent of the surface spreading for the case of accidental spillage of oil on ground*. Selected paper IcheaP8, AIDIC Conference Series, Vol. 8, 2007, pp. 151 – 160.
- GRIMAZ, S., ALLEN S., STEWART, J. y DOLCETTI, G. (2008) *Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes*. Proceeding of 3rd International Conference on Safety & Environment in Process Industry, CISAP – 3, Rome (I) 11 – 14 May 2008, Chemical Engineering Transactions, Vol. 13, 2008. Ed. AIDIC Servizi s.r.l.
- HYDROSCIENCE, Inc. (1971) *Simplified Mathematical Modeling of Water Quality*. Washington, D.C.: Mitre Corporation and USEPA, Water Programs.
- JENSEN, V.B., DARBY, J.L., SEIDEL, C. & GORMAN, C. (2012) Drinking Water Treatment for Nitrate. Technical Report 6, en *Adressing Nitrate in California's Drinking Water with a Focus on Tulare Lake Basin and Salinas Valley Groundwater. Report for the State Water Resources*

Control Board Report to the Legislature. Center for Watershed Sciences, University of California, Davis.

KING, A., JENSEN, V., FOGG, G.E. y HARTER, T. (2012) Groundwater Remediation and Management for Nitrate. Technical Report 5, en *Addressing Nitrate in California's Drinking Water with a Focus on Tulare Lake Basin and Salinas Valley Groundwater. Report for the State Water Resources Control Board Report to the Legislature*. Center for Watershed Sciences, University of California, Davis.

LLAVADOR, F. (2002) *Modelos matemáticos de sistemas acuáticos dinámicos*. Universidad de Alicante.

MALLMANN, F.J.K, DOS SANTOS, D.R., BENDER, M.A., GUBIANI, E., DA VEIGA, M., GOMES MINELLA, J.P., VAN OORT, F. y SIMUNEK, J. (2017) Modeling Zinc and Copper Movement in an Oxisol under Long-Term Pig Slurry Amendments. *Vadose Zone Journal*, 16(10)

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2010) *Guía de mejores técnicas disponibles del sector porcino*.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAGRAMA) (2015) *Evaluación de técnicas de gestión de deyecciones en ganadería. Sectores de bovino, porcino, avicultura de carne y puesta*.

MOLENAAR, D. (1988) *The Spokane Aquifer, Washington: Its Geologic Origin and Water-Bearing and Water-Quality Characteristics*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2265.

MUSGRAVE, G.W. y HOLTAN, H.N. (1964) Infiltration, en Chow, V.T. *Handbook of Applied Hydrology*. MacGraw-Hill.

O'CONNOR, D.J. y DOBBINS, W.E. (1958) Mechanism of Reaeration in Natural Streams. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 123(1), 641-666.

OLIVARES, A.B., FAZ, A. y RAMOS, G. (2009) *Estudio sobre la contaminación ambiental en balsas de purines en Región de Murcia (Spain)*. En Congreso Internacional sobre Desertificación.

PACHECO, J., PAT, R. y CABRERA, A. (2002) Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6-3, 73-71.

PARKER, D.B., SCHULTE, D.D. y EISENHAUER, D.E. (1999) Seepage from Earthen Animal Waste Ponds and Lagoons— An Overview of Research Results and State Regulations. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 42(2), 485-493.

POSADA, E., MOJICA, D., PINO, N., BUSTAMANTE, C. y MONZÓN, A. (2013) Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en comportamiento del

oxígeno disuelto y de la temperatura. Aplicación al caso del río Medellín, en el Valle de Aburra en Colombia. *DYNA*, 80(181), 192-200.

RIVERA-GUTIÉRREZ, J.V. (2015) Evaluación de la cinética de oxidación y remoción de materia orgánica en la autopurificación de un río de montaña. *DYNA*, 82(191), 183-193.

SÁNCHEZ, F.J. (2018) *Conceptos Fundamentales de Hidrogeología*.

http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf

SODEMASA (2011) *Proyecto demostrativo de gestión colectiva del purín en Aragón*. Life ES-WAMAR. LIFE 06 ENV/E/000044-ES-WAMAR

SUÁREZ, J., DEL RÍO, H., JÁCOME, A., MARTÍNEZ, M., LLOPART-MASCARÓ, A., RUIZ, R., MALGRAT, P., URES, P. y PUERTAS, J. (2010) *Comparación básica de la biodegradabilidad de las aguas residuales de una red unitaria en tiempo seco y en tiempo de lluvia*. Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC), Universidade da Coruña (UdC).

THOMAN, R. y MUELLER, J.A. (1987) *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper & Row.

USEPA (1986) *Ambient water quality criteria for dissolved oxygen*. United States Environmental Protection Agency Publication EPA 440/5-86-003.

USEPA (2004) *Risk Assessment Evaluation for Concentrated Animal Feeding Operations*.



COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES