

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

1. ANTECEDENTES

A la hora de estructurar la respuesta ante un episodio de contaminación marina accidental es fundamental conocer, en la medida de lo posible, los peligros que amenazan a la costa, la vulnerabilidad de la misma ante dichos peligros y establecer así el riesgo al que esta se enfrenta. Un mejor conocimiento del riesgo soportado facilita una mejor evaluación de los recursos necesarios para hacer frente a este tipo de episodios y la priorización de las medidas a adoptar.

En este sentido, el Sistema Nacional de Respuesta ante la contaminación marina accidental recogido en el Real Decreto 1695/2012, de 21 de diciembre, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Marítima Internacional y con el objeto de contar con una terminología e indicadores homogéneos en todos los planes de contingencia, incluye en su artículo 5 la obligatoriedad de éstos de contar con un análisis de riesgos y áreas vulnerables. Éste debe de contener una evaluación de los posibles riesgos de contaminación en función de las condiciones meteorológicas, oceanográficas y ambientales, identificando las áreas más vulnerables a proteger mediante los correspondientes mapas de sensibilidad de la zona incluida en su ámbito de aplicación. Asimismo, debe tenerse en consideración, en todo caso, la posible peligrosidad para las personas de los distintos supuestos y tipos de contaminación marina susceptibles de afectar al área de la costa que se trate.

Como parte del Sistema Nacional de Respuesta, el Plan Camgal cuenta con un detallado análisis de riesgos que permite por un lado, conocer cuáles son los principales peligros que amenazan a la costa gallega y por otro, evaluar cuán vulnerable es ésta respecto a dichos peligros. Este análisis de riesgo favorece el establecimiento de medidas preventivas y correctivas viables que ayudan a incrementar el nivel de seguridad frente a episodios de contaminación marina accidental.

Cabe destacar que el Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Illas Atlánticas de Galicia, debido a contar con la máxima figura de protección medioambiental de la costa gallega, cuenta con un plan de contingencias propio adscrito al Plan Camgal denominado Plan *Illas Atlánticas*, el cual contiene un análisis de riesgo específico que recoge las peculiaridades que presenta esta costa protegida de Galicia.

2. ANÁLISIS DE ESCENARIOS

El objetivo principal de este análisis de riesgos es conocer cuáles son los posibles escenarios que pueden tener lugar durante un episodio de contaminación marina accidental. Para ello, es necesario conocer: a) cuáles son los principales focos que pueden originar un vertido accidental, b) las sustancias que potencialmente pueden ser vertidas y su comportamiento en el espacio y en el tiempo, y c) hacer una zonificación coherente de las áreas potencialmente afectadas.

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

2.1. Focos de peligro

El litoral gallego alberga, por un lado, numerosas actividades antropológicas con una relevante importancia socioeconómica y por otro lado, soporta un intenso tráfico marítimo tanto frente a sus costas, como aquel que navega hacia o desde el litoral gallego. Se estima que cerca de 40.000 buques transitan anualmente a través del dispositivo de separación de tráfico, de los cuales aproximadamente un 35% transporta en sus bodegas o tanques sustancias o mercancías consideradas peligrosas susceptibles de ser vertidas. En el presente análisis, se ha considerado el tráfico marítimo a través de la posición de las embarcaciones registradas por el sistema de identificación automática (conocido por sus siglas en inglés AIS) que permite conocer tanto la posición como otra información relevante de los buques que navegan en nuestras costas.

Por otro lado, a lo largo de la franja costera se establece una intensa actividad socioeconómica que puede ser también origen de vertidos accidentales. En este sentido, este análisis tiene en cuenta las instalaciones, conductos o actividades situadas en la costa gallega que puedan ser susceptibles de originar un vertido accidental de sustancias nocivas al medio marino. Siendo estas:

- Los puertos, tanto los de interés general del estado (Vigo, Marín, Vilagarcía de Arousa, A Coruña, Ferrol-San Cibrao), como los de titularidad autonómica gestionados por el ente público “Portos de Galicia”. Todos ellos, a pesar de los estrictos procedimientos y buenas prácticas que establecen, abordan operaciones que pueden provocar vertidos accidentales de sustancias nocivas al mar.
- Los emisarios, ríos y regatos. Estos conductos son puntos de comunicación directa al mar que pueden aportar vertidos producidos en lugares distantes a la costa.
- Las instalaciones industriales afectadas 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. Estas instalaciones, debido a la naturaleza de los productos que manejan, pueden ser origen de vertidos de sustancias contaminantes al mar.

2.2. Tipos de sustancias

A la hora de abordar las contingencias por contaminación marina accidental, las sustancias vertidas suelen habitualmente agruparse en dos grandes grupos, los hidrocarburos (HC) que son los más abundantes y las sustancias nocivas potencialmente peligrosas (SNPP).

Todas estas sustancias una vez vertidas al medio ambiente, reaccionan con éste y sufren con el tiempo, un proceso de degradación y envejecimiento, conocido como meteorización. A lo largo de este proceso y en función de las características intrínsecas de las sustancias, éstas sufren una serie de cambios físico-químicos y/o

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

biológicos (dispersión, evaporación, disolución, degradación bacteriana, etc.) que condicionan su persistencia en el tiempo y su comportamiento en el mar.

Con el objeto de abarcar el comportamiento del mayor número de sustancias posible que se transportan por mar, en el presente análisis de riesgo se consideraron tres escenarios en función de la sustancia vertida:

Escenario 1: Sustancias de persistencia alta, que sufren pocos procesos de meteorización y por tanto, no decaen con el paso del tiempo manteniéndose durante largos períodos. Un ejemplo de este comportamiento sería el de los fueles pesados.

Escenario 2: Sustancias de persistencia baja, que sufren procesos de meteorización muy agudos por lo cual, una vez vertidas desaparecen rápidamente de la masa de agua. Este es el caso de numerosas SNPP que se evaporan rápidamente o de hidrocarburos muy ligeros como la gasolina.

Escenario 3: Sustancias de persistencia media, que sufren una meteorización intermedia respecto a los dos casos anteriores y que como consecuencia de ello, tienen una persistencia en la masa de agua de un tiempo medio. Este es el caso del comportamiento que presentan diversos tipos de fueloil.

Para aquellas sustancias que son vertidas desde los focos de peligro situados en costa, se consideró un único escenario en el que se asume una meteorización gradual asimilable al escenario 3.

2.3. Zonificación

El litoral de Galicia presenta una morfología y litología diversas, con alternancia de bordes costeros rocosos y bordes costeros de materiales no consolidados. La vulnerabilidad de la costa y la posibilidad de dar respuesta a los posibles casos de vertidos accidentales, depende en gran medida de estas variables. Esta diversidad hace que, a la hora de abordar el efecto de los vertidos en los distintos tramos de costa, se deban tener en cuenta las diferentes sensibilidades ambientales que ésta presenta. Con el objeto de caracterizar esta sensibilidad ambiental, se tomó como base el mapa desarrollado por la Consellería do Mar del índice de sensibilidad ambiental asignado a cada tramo de la costa de Galicia, basado en la adaptación de la guía de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica estadounidense, (Environmental Sensitive Index, v4.0 NOAA, 2019). La línea ESI resultante que divide la costa de Galicia en 3.486 tramos con 17 valores del índice de sensibilidad ambiental diferentes, es la que ha sido utilizada en el presente análisis para zonificar la costa. El mapa con la línea ESI está contenido en la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del Plan Camgal.

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PELIGRO (I_p)

3.1. Ámbito de estudio

Tal y como se especifica en el apartado 2, los focos de peligro pueden tener su posición en el mar o en la costa. Para el caso de los focos provenientes del tráfico marítimo, se ha considerado como ubicación posible cualquier punto comprendido dentro de la zona situada entre los paralelos 40°15'N y 44°55'N y los meridianos 12°40'W y 7°05'W (Figura 1), por ser ésta la zona donde se asume que pueden tener lugar los accidentes que puedan afectar al litoral gallego. Este ámbito geográfico se ha dividido para su análisis en celdas de 0.06° de latitud y de longitud. En cada celda se integraron las posiciones de los buques obtenidas a partir de los datos de AIS, correspondientes a un año con una frecuencia de 2 horas. Estos datos de posición, carga y velocidad de las embarcaciones fueron previamente filtrados por tipo de embarcación, de manera que el análisis se basa sólo en aquellas cuya mercancía pudiera dar lugar a un vertido accidental.

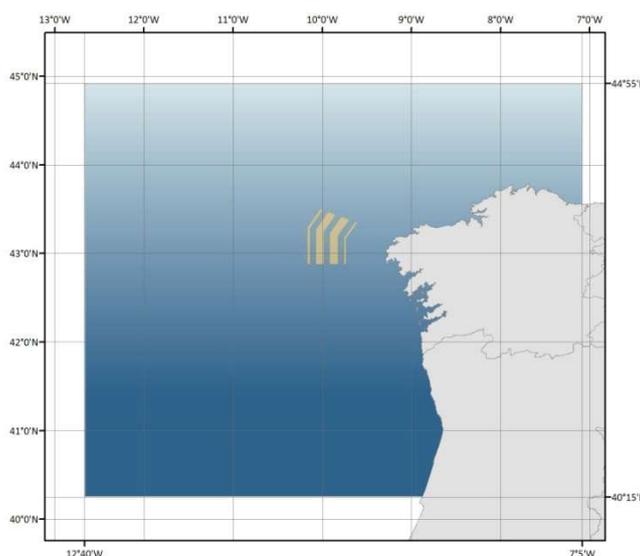


Figura 1. Alcance del análisis de riesgo para el peligro proveniente del tráfico marítimo.

En el caso de los posibles focos de derrame situados en la línea de costa, se utilizó la posición de estos focos a lo largo del litoral gallego, recogida en la IDE del Plan Camgal, integrándose, para su análisis, en una malla con celdas de 1km² de resolución.

3.2. Estudio probabilístico del derrame

Para el caso de los vertidos provenientes del tráfico marítimo, en cada una de las celdas establecidas se analizó el número de buques presente en un año,

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

multiplicado por la tasa media de accidente calculada en base a los datos ofrecidos por la Sociedad “Lloyd's Register of Shipping”. Como resultado se obtuvo la frecuencia de ocurrencia de accidentes, con posible vertido de sustancias al mar, a lo largo del año en cada una de las celdas. Asimismo, se tuvieron en cuenta las condiciones océano-meteorológicas en las que tuvo lugar el supuesto vertido para asociarle una probabilidad de ocurrencia específica en base al lugar donde se inicia y a la fecha y hora en que sucede.

La probabilidad de ocurrencia de un vertido con origen en costa para cada celda se asignó en función del número y tipo de foco presente en cada una de ellas, teniendo en cuenta la información regional de vertidos registrada por la Sala de operaciones del Servicio de Gardacostas de Galicia.

3.3. Determinación del índice de peligrosidad en función del tramo de costa afectado

Una vez establecida la probabilidad de que tuviera lugar un vertido determinado proveniente del tráfico marítimo, se simuló su deriva utilizando modelos numéricos para cada uno de los escenarios propuestos en el apartado 2.2. En concreto, para la simulación del vertido se utilizaron partículas lagrangianas cuya trayectoria se estableció mediante el modelo numérico MOHID Particle Tracking. Por su parte, las variables que influyen en la deriva (velocidad y dirección de corriente, velocidad y dirección de viento, altura significativa de ola, así como su período y dirección media) se calcularon empleando los modelos numéricos operacionales MM5 como modelo meteorológico, WAVEWATCH III como modelo de oleaje, y MOHID para simular la hidrodinámica. Con todas las simulaciones obtenidas se calculó la cantidad de partículas que alcanzan cada uno de los tramos de costa. El análisis estadístico de estos resultados, teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los vertidos, permitió establecer para cada tramo de costa un Índice de Peligro de origen marítimo para cada escenario (I_{PM1} , I_{PM2} , I_{PM3}) que refleja la frecuencia e intensidad de los vertidos a los que está expuesto cada uno de ellos. El valor de este índice, de 1 (muy bajo) a 5 (muy alto), se muestra en los mapas de peligro de origen marítimo integrados en la IDE del Plan Camgal.

En el caso de los focos de peligro situados en costa, se simuló un vertido desde cada una de las celdas de la malla de estudio de 1Km^2 con un volumen dependiente de la probabilidad de ocurrencia calculada según el apartado 3.2. La trayectoria del vertido se calculó asumiendo un decaimiento lineal en función de la distancia, hasta un máximo de 6 Km. Las trayectorias de todos los vertidos simulados permitieron establecer para cada tramo de costa un Índice de Peligro de origen terrestre (I_{PT}) que refleja la frecuencia e intensidad de los vertidos a los que está expuesto cada uno de ellos. El valor de este índice, de 1 (muy bajo) a 5 (muy alto), se muestra en los mapas de peligro de origen terrestre integrados en la IDE del Plan Camgal.

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (I_V)

El impacto que los vertidos producen en la franja costera, está directamente relacionado con la vulnerabilidad de la misma. Se hace por tanto imprescindible conocer aquellos elementos y/o actividades en el litoral que son más susceptibles ante los daños producidos por un episodio de contaminación marina accidental. En el presente análisis de riesgo, la caracterización de la vulnerabilidad se llevó a cabo teniendo en cuenta dos criterios principales: el criterio medioambiental y el criterio socioeconómico.

4.1. Caracterización de la vulnerabilidad ambiental

El estudio de la vulnerabilidad de la costa gallega se abordó teniendo en cuenta dos aspectos: por un lado, se caracterizó la sensibilidad medioambiental de los diferentes hábitats costeros y por otro lado, la existencia de alguna figura legal de protección medioambiental a nivel internacional, nacional y/o autonómico sobre la zona.

La sensibilidad medioambiental de la costa fue categorizada utilizando la adaptación de la guía de la NOAA Environmental Sensitive Index, versión 4.0 NOAA, 2019; https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ESI_Guidelines.pdf) y el ranking de sensibilidad de los diferentes ecosistemas propuesto por la Comisión Europea (Impact Reference System, Effects of Oil in the Marine Environment: Impact of Hydrocarbons on Fauna and Flora. Internet edition 2001). Estos índices tienen en cuenta diversos factores como la exposición relativa al oleaje, la pendiente de la línea de costa, el tipo de substrato o la producción biológica.

Por otra parte, se tuvo en cuenta que más del 12% de la superficie de Galicia cuenta con alguna figura legal de protección medioambiental en virtud de las diferentes normativas (https://www.turismo.gal/que-visitar/espazos-naturais?langId=es_ES). Este porcentaje abarca gran parte de los ecosistemas costeros entre los que se encuentran el *Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*; la Reserva de la Biosfera *As Mariñas Coruñesas e Terras do Mandeo*; el parque natural *Complexo Dunar de Corrubedo e as lagoas de Carregal e Vixán*, numerosos espacios encuadrados en la Red Natura 2000 y numerosas Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA) repartidas por todo el litoral gallego.

En base a estos criterios medioambientales se asignó a cada tramo de costa un valor de Índice de vulnerabilidad ambiental (I_{VAM}) que está normalizado entre valores de 1 (poco vulnerable) y 5 (muy vulnerable). La representación gráfica de este índice se refleja en el mapa de sensibilidad medioambiental recogido en la IDE del Plan Camgal.

| | | |
|---|---------------------------|-------------|
|  XUNTA DE GALICIA | PLAN CAMGAL | Capítulo II |
| | Análisis de riesgo | Anexo |

4.2. Caracterización de la vulnerabilidad socioeconómica

La caracterización de la vulnerabilidad socioeconómica de la costa gallega se abordó teniendo en cuenta tres aspectos: por un lado, el criterio demográfico, puesto que la población que habita en la zona costera se ve afectada socialmente ante una contingencia de este tipo; por otro lado, el criterio turístico, por ser éste motor de muchas de las zonas costeras gallegas; y en tercer lugar, el criterio de explotación de los recursos pesqueros, marisqueros y de acuicultura, por ser uno de los pilares de la economía de la zona costera, además de ser una de las señales de identidad de Galicia.

Para categorizar estos factores se emplearon los últimos datos publicados por el Instituto Galego de Estatística (IGE; www.ige.eu). Para el factor demográfico se tuvieron en cuenta los datos de densidad de población de los municipios costeros, para la determinación de la vulnerabilidad turística se empleó el porcentaje de empresas con actividad en el sector turístico respecto al total de actividades registradas en el municipio. Finalmente, para valorar la vulnerabilidad del sector de recursos se tuvo en cuenta la aportación al Producto Interior Bruto municipal de las actividades de pesca y acuicultura (CNAE 03) y Procesado y conservación de pescado, crustáceos y moluscos (CNAE 102).

En base a los criterios analizados, se asignó a cada tramo de costa un valor del Índice de vulnerabilidad socioeconómica (I_{VS}) que está normalizado entre valores de 1 (Poco vulnerable) y 5 (Muy vulnerable). La representación gráfica de este índice se refleja en el mapa de vulnerabilidad socioeconómica recogido en la IDE del Plan Camgal.

Con la integración del Índice de vulnerabilidad ambiental (I_{VAM}) y del Índice de vulnerabilidad socioeconómica (I_{VS}) para cada tramo de costa se obtuvo el Índice de vulnerabilidad total (I_V) que está normalizado entre valores de 1 (poco vulnerable) y 5 (muy vulnerable). La representación gráfica de este índice se refleja en el mapa de vulnerabilidad total recogido en la IDE del Plan Camgal.

5. DETERMINACIÓN Y CARTOGRAFIADO DEL RIESGO

Los Índices obtenidos tanto de la caracterización del peligro, como de la vulnerabilidad de la costa gallega se utilizaron para determinar el Índice de riesgo (I_R) al que se enfrenta cada tramo de costa de sufrir un episodio de contaminación marina accidental. Esta determinación se llevó a cabo mediante la integración en matrices de riesgo de cada uno de los cuatro índices de peligro obtenidos (I_{P1} ; I_{P2} ; I_{P3} y I_{PT}) enfrentados al índice de vulnerabilidad total de la costa (I_V). La matriz empleada en cada uno de los casos fue:

| | | Peligrosidad | | | | |
|----------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| | | Muy baja | Baja | Moderada | Alta | Muy Alta |
| Vulnerabilidad | Muy baja | Muy bajo | Muy bajo | Bajo | Bajo | Moderado |
| | Baja | Muy bajo | Bajo | Bajo | Moderado | Moderado |
| | Moderada | Bajo | Bajo | Moderado | Moderado | Alto |
| | Alta | Bajo | Moderado | Moderado | Alto | Alto |
| | Muy Alta | Moderado | Moderado | Alto | Alto | Muy alto |

Matriz de cálculo de riesgo

En base a los resultados del análisis de riesgo, se asignó a cada tramo de costa un valor del Índice de riesgo (I_R) que está normalizado entre valores de 1 (muy bajo) y 5 (muy alto). La representación gráfica de este índice se refleja en los mapas de riesgo recogidos en la IDE del Plan Camgal.

Los resultados del presente análisis están recogidos gráficamente en la IDE del Plan Camgal según la siguiente clasificación:

- Peligro con origen en tierra.
- Peligro con origen en mar
- Peligro de sustancias persistentes
- Peligro de sustancias no persistentes
- Peligro de sustancias con persistencia media
- Vulnerabilidad ambiental
- Vulnerabilidad socioeconómica
- Vulnerabilidad total
- Riesgo:
 - Riesgo con origen en tierra
 - Riesgo con origen en mar
 - Riesgo de sustancias con persistencia alta
 - Riesgo de sustancias con persistencia baja
 - Riesgo de sustancias con persistencia media

La visualización y descarga de cada uno de los mapas puede hacerse a través del visor del Plan Camgal <http://www.plancamgal.gal/visor-plan-camgal>.