

¿Riesgo de mareas negras procedentes del mar abierto?

Análisis del tráfico de hidrocarburos en el litoral mediterráneo español

Autores: Cpt. Amable V. Esparza Lorente y Dr. F. Javier Martínez de Osés

El Objetivo fundamental de este artículo es el de analizar, identificar y posteriormente cuantificar, las áreas de la costa Española Mediterránea, con mayor riesgo de sufrir un derrame de hidrocarburos procedente del tráfico marítimo de hidrocarburos. En el estudio que fundamenta este artículo, se han tomado en consideración una serie de variables, de entre las que destacamos, las peculiaridades geográficas, climáticas o la densidad de tráfico, que alimenten una función aleatoria. Esta función objetiva ponderará los diferentes puntos de la costa e identificará los que tengan una mayor probabilidad de riesgo.

En la investigación aquí presentada, se pretende evidenciar dónde pueden ubicarse las áreas del Mediterráneo Occidental español con mayor riesgo potencial de marea negra procedente de derrames de hidrocarburos.

El escenario geográfico

Como señala Desfontaines, en “El Mediterráneo un Microcosmos Amenazado” (Editorial Blume 1979) el Mar Mediterráneo se presenta como una cuenca oceánica- De hecho se presenta como un océano en miniatura, el cual se encuentra encerrado “entre tierras”, que son a su vez subcontinentes en miniatura.

El Mar Mediterráneo se extiende sobre unos 3.800 Km. de Este a Oeste y unos 800 Km. de Norte a Sur, cubriendo una superficie aproximada de 2,5 millones

de Km², lo cual representa unas cinco veces la de España. Su cuenca alberga un volumen de 3,7 millones de Km³ con una profundidad media de unos 1.500 metros, la cual es claramente inferior a la media oceánica. Morfológicamente, el Mar Mediterráneo aparece separado del Océano Atlántico por el Estrecho de Gibraltar, de unos 14 Km. de anchura y 300 metros de profundidad. Otras comunicaciones, aunque menos importantes desde el punto de vista hidrológico, conectan el mar Mediterráneo con el Mar Negro y con el Océano Índico a través del Mar Rojo. Se trata, respectivamente de los estrechos del



Bósforo y de los Dardanelos, entre los que queda delimitado el pequeño Mar de Mármara y el Canal de Suez, éste último de carácter artificial y de relativamente reciente apertura (1867). A grandes rasgos, podemos afirmar que el Mediterráneo está compuesto de dos grandes cuencas, separadas entre sí por el Canal de Sicilia y denominadas Cuenca Oriental y Cuenca Occidental.

La cuenca Mediterránea se caracteriza por los limitados recursos agrícolas, forestales, ganaderos e incluso pesqueros. Por otro lado, también son limitados los recursos energéticos en la margen septentrional, aunque, por el contrario, hay una importante cantidad de gas natural e hidrocarburos en la margen meridional. Ante el mencionado panorama de recursos, nos encontramos con una importante población, la cual se prevé que rondará los 500 millones de habitantes y cerca de 300 millones de turistas anuales, a mediados de la próxima década.

En la cuenca meridional se encuentran los principales puertos exportadores de hidrocarburos, destacando Libia como país mediterráneo con mayores reservas. En la margen europea, destaca el puerto de Marsella, con unas importaciones de crudo del orden de 65 millones de toneladas anuales, además de Italia, donde se localizan tres de los principales puertos en este tipo de tráfico, los cuales suman unas 90 millones de toneladas de crudo anuales.

Las principales rutas del tráfico de hidrocarburos en términos intra mediterráneos son sur-norte y este-oeste, añadiéndose a esta última el importante tráfico en tránsito de crudo. El tráfico de crudo en el año 2006 fue de unos 421 millones de toneladas de crudo, de los cuales 72 millones fueron entre puertos no intra mediterráneos.



Petrolero en la Dársena de escombreras

El escenario legal

En una visión genérica de la actividad normativa desarrollada a partir de finales de los años sesenta, concretamente en el año 1967, el MT Torrey Canyon, embarranca en el Canal de la Mancha vertiendo 120.000 toneladas de crudo, y la comunidad internacional comienza a tomar conciencia del peligro que corren los mares y océanos del planeta, motivados por el riesgo de la contaminación marina.

Los accidentes marítimos y la generación de mareas negras han variado muy notablemente su tendencia, ya que desde 1970 han disminuido del orden del 86%. Esta variación de tendencia ha sido una consecuencia de la entrada en vigor de normas directas, como son el Convenio MARPOL 73/78, la OPA 90 o el código ISM. Hasta el año 1986, la cantidad de derrames era proporcional a la cantidad de crudo transportado, aunque, desde esa fecha, el volumen de crudo transportado no ha cesado de crecer y la de derrames de decrecer.

Del estudio de los derrames de las últimas cuatro décadas se desprende que la mayoría de los derrames se dan en las operaciones rutinarias de los buques tanques, normalmente en los puertos o terminales. Los derrames “operativos” son pequeños y del orden del 90% de ellos son cantidades menores a siete toneladas. Las causas accidentales, como colisión y varada, generalmente producen grandes derrames, y al menos el 86% de este tipo de accidentes generan cantidades superiores a las 700 toneladas. Entre los accidentes más importantes destacan: en 1967 el del MT Torrey-Canyon, en 1975 el del MT Jakob Maersk, en 1976 el del MT Urquiola, en 1978 el caso del MT Amoco Cádiz, en 1983 el del MT Castillo de Bellver, en 1989 el caso del petrolero Exxon Valdez, el Mar Egeo en 1993, en diciembre de 1999 el caso del MT Erika o el caso del MT Prestige en noviembre de 2002, entre otros.

No obstante y remontándonos en el tiempo, la comunidad mediterránea empieza a tomar conciencia de sí misma y empieza a mostrar una actitud de la solidaridad ante el problema de la degradación de su propio Mar Mediterráneo. En 1969, el CGPM⁽¹⁾ de la FAO⁽²⁾ en colaboración con la CIECM⁽³⁾ constituyó un grupo de trabajo, elaborando en 1972 un informe considerado como el primer estudio completo sobre la contaminación del Mediterráneo. Los hidrocarburos vertidos al mar⁽⁴⁾ tienen la siguiente procedencia: Un 10%

¹ Comisión General de Pesca del Mediterráneo

² Organización para la Agricultura y la alimentación

³ Comisión Oceanográfica Intergubernamental

⁴ Cantano, A. El Convenio MARPOL 73/78: Un estudio detallado. MIRMAL. Issue 14. 2004. Reino Unido

causas naturales, un 64% por vertidos desde tierra, un 7% por funcionamiento de petroleros, un 5% por accidente, un 2% por las explotaciones petrolíferas en la mar, un 12% por otros buques.

Causas	Porcentaje
Naturales	10%
Desde tierra	64%
Funcionamiento de petroleros	7%
Accidentes	5%
Explotaciones petrolíferas en la mar	2%
Otros buques	2%

Además se pone de manifiesto que el Mar Mediterráneo es la zona más contaminada por hidrocarburos del mundo, pudiendo llegar a él cerca del medio millón de toneladas anuales, mientras a nivel mundial entran en el mar unos 3,2 millones de toneladas. El Mediterráneo representa el 1% de las aguas mundiales, pero por él transita el 30% del tráfico mundial de crudo.

El Convenio de Barcelona de 1976 se estableció para la protección contra la contaminación del Mediterráneo, efectuando el PNUMA las funciones de secretaría para la aplicación del mismo. El Convenio fue modificado en junio de 1995, pasando a llamarse Convenio de Barcelona para la protección del medio marino y de la zona costera del Mediterráneo. También se adoptaron el Protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo, causado por vertidos desde buques y aeronaves, y el Protocolo sobre cooperación para combatir en situaciones de emergencia la contaminación del mar Mediterráneo, causado por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales.

En la III Convención de Naciones Unidas del año 1982, la contaminación marina se define como “la introducción por el hombre, directa o indirectamente de sustancias o energías en el medio marino incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos, tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización a las actividades humanas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y reducción de los lugares y posibilidades de esparcimiento”.

En 1993, España ratificó el Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos de 1990 (OPRC 90). EL Protocolo OPRC-HNS (Incidentes Contaminantes por Sustancias Nocivas y Peligrosas), que finalmente entró en vigor el 14 de junio del 2007.

En paralelo, la normativa internacional sobre contaminación marítima desde los buques, tiene su sólido punto de arranque en el convenio MARPOL 73/78,

que dio sus primeros pasos el 2 de noviembre de 1973, acumulando una veintena de modificaciones y habiendo entrado en vigor en el 2005 su Anexo VI.

A nivel nacional destaca la Orden de 23 de febrero de 2001, por la que se aprueba el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marina Accidental a nivel Estatal. Con el devenir de los años, también se han ido elaborando los diferentes planes de emergencia autonómicos del litoral Mediterráneo.

La Lucha contra la contaminación del mar por hidrocarburos, a lo largo de las cuatro últimas décadas, ha evolucionado notablemente, pero el concepto básico de la retirada de los residuos sigue siendo el más importante. La detección y seguimiento de las mareas negras por vía aérea y más actualmente vía satélite, están ayudando notablemente, así como los la exactitud de los modelos de dispersión, para lograr predecir cómo y hacia dónde va a evolucionar la mancha de hidrocarburos.

El escenario operacional

La intensidad del tráfico de productos peligrosos es importante, sobre todo en ciertas zonas: “rutas longitudinales”, Suez-Gibraltar y Bósforo; “rutas transversales”, que unen el Sur del Mediterráneo con los complejos petroquímicos del Sur de Europa, en particular españoles, franceses e italianos; y “rutas de cabotaje”, sobre todo en las costas de los países mencionados. En la mejor identificación del tráfico de hidrocarburos y productos petroquímicos, están ayudando muy notablemente los modos unificados y electrónicos de transmisión de datos como son, entre otros: El DUE, manifiestos EDI, el Documento Unificado de Despacho de Buques, el sistema AIS y, más recientemente, el sistema LRIT, éste último al 90% de implantación desde el 1 de enero del 2010. En el litoral mediterráneo español se experimenta un denso tráfico marítimo, ya que, del orden del 70% de las mercancías del Mediterráneo Europeo transcurre



Situación en el Mar de Alborán

por esas aguas. Para reducir los riesgos motivados por la densidad de tráfico, por parte de la OMI se ha dotado al litoral de esquemas de separación de tráfico (TSS). El primero fue el del Estrecho de Gibraltar de 1968, posteriormente en 1998 el TSS off Cabo Gata, para completar el sistema con el de Cabo Palos y el de Cabo la Nao, ambos del año 2002.

Analizando los datos de Puertos del Estado, se concluye que el nivel de actividad de refino del Mediterráneo español está en sus niveles máximos desde hace unos cuatro lustros. Por el contrario, el número de buques tanque que escalan en los puertos ha descendido comparado con la década de los años ochenta,

motivado por el incremento del tamaño de los buques. El tráfico de cabotaje de hidrocarburos experimentó un descenso en el primer lustro de los años noventa, motivado por la puesta en funcionamiento de la red de oleoductos de CLH. En el segundo lustro volvió a la senda alcista ante el incremento del consumo y la saturación de capacidad de refino de la red de refinerías españolas, motivado especialmente por las importaciones de productos refinados.

Las rutas que siguen los buques dedicados al tráfico de hidrocarburos han sido analizadas con los datos de los años 2006 y 2007 de las distintas Autoridades Portuarias, resultando como sigue:

Corredor	Toneladas de Hidrocarburos o derivados	Valor Porcentual
Eje Mar de Alborán / Est. de Gibraltar	19.194.581	29,39%
Eje Med Español, Golfo de León, Génova	6.515.835	9,98%
Subtotal Eje Costa Española	25.710.416	39,37%
Eje Arcew – Tarragona, Castellón	5.757.334	8,82%
Eje Arcew – Sur España	433.076	0,66%
Eje Skikda	346.805	0,53%
Eje Italia Occidental Sur	755.094	1,16%
Eje Transversal Este Oeste	31.763.107	48,64%
Eje Baleares	534.766	0,82%
Total	65.300.600	

Fuente: Elaboración Propia. Datos: AA.PP.

La función de riesgo

Para hallar la función de índice de riesgo geográfico, se tienen en cuenta principalmente los siguientes factores: **tráfico marítimo, clima marítimo, morfología y edad de la flota.**

El Mediterráneo y especialmente el eje Este-Oeste, soporta un importante tráfico de hidrocarburos. Durante el año 2006 se reportaron en el Mediterráneo 4.224 embarques en petroleros, que transportaron 421 millones de toneladas de crudo, de los cuales, 457 transportaron 72 millones de toneladas en tránsito entre puertos no-mediterráneos.⁽⁵⁾

En los puertos del Estrecho de Gibraltar, es donde escala el mayor número de buques tanque del sistema

portuario español; alcanzando aproximadamente el 34% de las escalas, seguidos de Tarragona y Barcelona con un 20% y 16%, respectivamente. Considerando las escalas de Gibraltar, en el área del Estrecho se sobrepasaría la cifra de 4.000 al año, siendo importante reseñar que durante el año 2007 cruzaron el Estrecho de Gibraltar 105.954 buques. Según los datos del 2006, de los buques que navegan por el Estrecho de Gibraltar en tránsito hay que destacar que el 19% corresponde a buques tanque, representando el 32% del GT.

Con los datos citados, a cada una de las cuadrículas en las que hemos dividido el Mediterráneo Occidental se le asignan valores de 0 a 10 en función del tráfico que cada área soporta.

Otra variable a considerar será el régimen de viento y oleaje que se dan en el Mediterráneo Occidental, basándonos especialmente en los datos de las redes REMRO, XIOM y el proyecto HIPOCAS. Para las zonas más orientales se han analizado datos proceden-

⁵ "Study of Maritime Traffic Flows in the Mediterranean Sea" - Final Report – July 2008 / REMPEC.

tes del “Instituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale”, la denominada Rete Ondametrica Nazionale - RON. Por otro lado, la información relativa al mar de Libia la obtenemos de los servicios meteorológicos EuroWeather “Meteomed Mediterranean Forecast. En base a los datos obtenidos de oleaje medio, se le asigna un coeficiente a cada uno de los cuadrantes en que hemos dividido el Mediterráneo Occidental.

El tercer factor que se estudia es la morfología del Mediterráneo Occidental. A través de las cartas náuticas obtenemos la sonda del área, asignándole un coeficiente del 0 al 10 a cada cuadrícula en función de la sonda.

Finalmente, se valora el factor de la edad de la flota. Es evidente que el riesgo de averías crece con los años y, por tanto, también el número de siniestros. En la última década, la edad de la flota se ha reducido notablemente. En el caso de los petroleros, la edad media se ha reducido un 32,7% teniendo hoy en día un promedio 10,0 años. En los países desarrollados los buques tanque registrados son los más jóvenes, con una edad media de 7,7 años en enero de 2007. Aproximadamente, el 70 por ciento del crudo que durante el año 2006 se cargó en el Mediterráneo se hizo en buques tanque con edad inferior a los diez años, y sólo el 4% de ellos estaba por encima de los veinte años.

Otro factor importante colateral a la edad del buque es su bandera de registro. Analizando las banderas de los buques tanque, la conclusión del conjunto de los puertos ha sido que, del orden del 65% de la capacidad de carga de los buques tanques que escalan en los principales puertos del Mediterráneo Español lo hacen bajo pabellón de países occidentales, y menos

de un 10% lo hace bajo pabellón de terceros países. No debemos olvidar que algunas flotas que están bajo pabellón de “conveniencia” se encuentran gestionadas por armadores de países occidentales, y que el abanderamiento se limita a una cuestión fiscal y/o de costes. Los puertos de Tarragona y Escombreras (Cartagena) con sendas refinерías de Repsol YPF, sitúa su capacidad de carga bajo pabellón occidental en torno al 56%. También tenemos que considerar en la actualidad, que alrededor del 81% de los hidrocarburos transportados se hace en buques tanque de compañías que no están directamente relacionadas ni con compañías petrolíferas ni con estados, ya que las petroleras se han deshecho de sus propias flotas.

A las distintas cuadrículas del Mediterráneo Occidental se le asigna un coeficiente del 0 al 10, consecuencia del estudio de la edad de la flota y su pabellón.

Una vez analizados los cuatro factores de riesgo, procedemos al cálculo del censo de los *puntos negros*. Para ello, y tras las diferentes conclusiones obtenidas a lo largo del estudio y a la opinión de relevantes profesionales del sector, materializada a través de encuestas mandadas, le asignamos un valor porcentual a cada factor de riesgo del 60% al Tráfico, 15% al Oleaje, 10% a la Morfología, 15% a la Edad de la Flota.

Aplicando los valores porcentuales indicados a las diferentes cuadrículas que hemos ido confeccionando anteriormente con los cuatro factores de riesgo, podremos hacer la **determinación geográfica de los puntos negros**. De los veinte puntos negros considerados, los seis más importantes por su nivel de riesgo son:

	Est de Gibraltar	Cabo Gata	Ceuta	Argelia Arcew	Cerdeña	Marsella
Tráfico	6,00	5,40	6,00	5,40	4,80	4,80
Oleaje	0,75	0,90	0,60	0,45	1,05	0,90
Morfología	0,70	0,80	0,10	0,70	0,80	0,70
Edad Flota	0,90	0,90	0,90	0,75	0,60	0,60
Total	8,35	8,00	7,60	7,30	7,25	7,00

El riesgo potencial de afectación del litoral Mediterráneo se encuentra supeditado al régimen de vientos y de corrientes del posible *punto negro*. Por lo tanto, como consecuencia de ello, se determina la trayectoria de la posible marea negra.

Para la determinación del valor del viento a lo largo del litoral Mediterráneo, existe una serie de boyas de aguas profundas (red REDEXT) y de estaciones meteorológicas (red REMPOR) ubicadas de modo

estable que miden la intensidad y dirección del viento diariamente, en periodos de tiempo determinado (normalmente cada hora) y durante largos periodos. Con esta información se pueden obtener resultados puntuales, así como medias de largos periodos. En los puntos más importantes del Mediterráneo Occidental Español se ha calculado la media anual de la velocidad del viento, analizando los datos de las redes mencionadas y facilitados por Puertos del Estado.

LAS MAREAS NEGRAS PROCEDENTES DEL MAR ABIERTO SE DEBEN PREVENIR CON LA TECNOLOGÍA.

Los accidentes marítimos y la generación de mareas negras han variado muy notablemente su tendencia, ya que desde 1970 han disminuido del orden del 86%. Esta variación de tendencia ha sido una consecuencia de la entrada en vigor de normas directas, como son el Convenio MARPOL 73/78, la OPA 90 o el código ISM. Hasta el año 1986, la cantidad de derrames era proporcional a la cantidad de crudo transportado, aunque, desde esa fecha, el volumen de crudo transportado no ha cesado de crecer y la de derrames de decrecer.

1 CAUSAS DE LOS DERRAMES

Naturales	10%
Desde tierra	64%
Funcionamiento de petroleros	7%
Accidentes	5%
Explotaciones petrolíferas en la mar	2%
Otros buques	12%

2 RUTAS DE BUQUES DEDICADOS AL TRÁFICO DE HIDROCARBUROS EN EL MAR MEDITERRÁNEO

Eje Mar de Alborán / Est. de Gibraltar	19.194.581 Tm	29,39%
Eje Med Español, Golfo León, Génova	6.515.835 Tm	9,98%
Subtotal Eje Costa Española	25.710.416 Tm	39,37%
Eje Arcew - Tarragona, Castellón	5.757.334 Tm	8,82%
Eje Arcew - Sur España	433.076 Tm	0,66%
Eje Skikda	346.805 Tm	0,53%
Eje Italia Occidental Sur	755.094 Tm	1,16%
Eje Transversal Este Oeste	31.763.107 Tm	48,64%
Eje Baleares	534.766 Tm	0,82%
Total.	65.300.600 Tm	

3 LA FUNCIÓN DE RIESGO

Para hallar la función de índice de riesgo geográfico, se tienen en cuenta principalmente los siguientes factores:

TRÁFICO MARÍTIMO, 60% de cuota respecto al índice absoluto

RÉGIMEN DE VIENTO Y OLEAJE, 15%

MORFOLOGÍA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL, 10%

EDAD DE LA FLOTA y bandera de registro, 15%

En base a los datos obtenidos en cada uno de los apartados, se asigna un coeficiente a cada uno de los cuadrantes en que se ha dividido el Mediterráneo Occidental.

Durante el año 2007 cruzaron el Estrecho de Gibraltar 105.954 buques

BOYA DE AGUAS PROFUNDAS

Para la determinación del valor del viento a lo largo del litoral Mediterráneo, existe una serie de boyas de aguas profundas (red REDEXT) y de estaciones meteorológicas (red REMPOR)



Las corrientes del Mediterráneo en una gran extensión puramente superficiales, de naturaleza temporal. Pero hay también una corriente general, en el sentido contrario a las agujas del reloj, que fluye hacia el E en la superficie a través del Estrecho de Gibraltar, siguiendo la costa de África hasta Port Said.

Actualmente la flota de petroleros se ha renovado, siendo prácticamente la más moderna y técnicamente avanzada que hay en los mares. En los países desarrollados, la flota de petroleros tiene una media de 7,7 años, situándose la media mundial en 10 años, sólo unas décimas por encima de los portacontenedores. Las nuevas técnicas de gestión de lastres, limpiezas de tanque, residuos, etc., hacen que estas unidades hayan reducido su siniestrabilidad a niveles inimaginables sólo hace tres décadas.

RUTAS DEL TRÁFICO DE HIDROCARBUOS



Las principales rutas del tráfico de hidrocarburos en términos intra mediterráneos son sur-norte y este-oeste, añadiéndose a esta última el importante tráfico en tránsito de crudo. Dicho tráfico en el año 2006 fue de unos 421 millones de toneladas, de los cuales 72 millones fueron entre puertos no-intra mediterráneos.

Productos peligrosos, Rutas Longitudinales: SUEZ-GIBRALTAR-BÓSFORO
 Productos peligrosos, Rutas Transversales: SUR MEDITERRÁNEO-SUR EUROPA



4 PUNTOS NEGROS ●

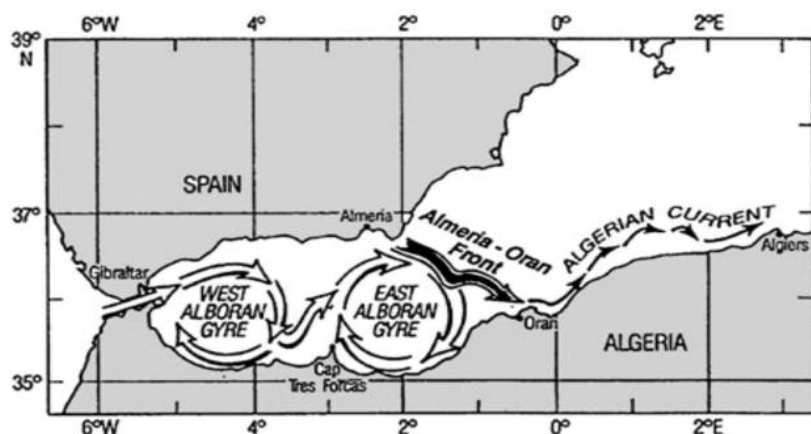
Aplicando los valores del índice de factor de riesgo a cada cuadrícula, la determinación geográfica de los puntos negros es inmediata. De los veinte puntos negros, los más destacados son; Estrecho de Gibraltar, Cabo de Gata, Ceuta, Argel-Arcew, Cerdeña y Marsella.

5

TRAYECTORIA DE LA POSIBLE MAREA NEGRA

El riesgo potencial de afectación del litoral Mediterráneo se encuentra supeditado al régimen de vientos y de corrientes del posible punto negro. Analizando unos y otros se determina la trayectoria de la posible marea negra.

El mapa de fondo se ha realizado editando la imagen original, de uso libre, Whole world - Land and Oceans 12000.jpg de NASA/Goddard Space Flight Center



Esquema de los giros anticiclónicos de la corriente

Las corrientes del Mediterráneo son en una gran extensión puramente superficiales, de naturaleza temporal, causadas por el viento cuando ha sido continuo. Pero hay también una corriente general de circulación del agua, en el sentido contrario de las agujas del reloj, que entra fluyendo hacia el E en la superficie a través del Estrecho de Gibraltar, siguiendo después la costa de África hasta Port Said. Allí vira hacia el N, a lo largo de la costa de Israel y Líbano, y más tarde hacia el W.

La velocidad de la corriente, al igual que la de los vientos, la hemos obtenido en base a los datos con los que nos provee la División del Banco de Datos Oceanográficos del Organismo Público Puertos del Estado, así como de los derroteros de las zonas respectivas y de las páginas meteorológicas en internet, tales como:

- www.poseidon.hcmr.gr,
- www.meteofrance.com,
- www.hidromare.it,
- www.eurometeo.com
- www.freemeteo.com.

Con todos estos datos manejados y tratados de modo homogéneo, se han obtenido medias ponderadas para su posterior utilización.

Como norma general, se acepta que la mancha de hidrocarburos se desplace habitualmente un 3% de la velocidad media del viento a diez metros por encima de la superficie del agua ($\theta = 3\%$ aprox.)⁽⁶⁾. Si lo que se pretendiera hacer fuera un estudio exacto del efecto del viento en el comportamiento de los vertidos, no deberíamos olvidar que el viento arrastra la mancha, dándole una velocidad que va del 0% al 10% de su velocidad, con un ángulo menor de 10°.

De modo que el módulo de la velocidad de la hipotética marea negra lo calcularemos mediante la fórmula siguiente:

$$V_0 = V_c + \theta W$$

donde, V_0 es el módulo de la velocidad.
 V_c es la velocidad de la corriente.
 W es la velocidad del viento.
 θ es un °coeficiente de interfase.

Puntos Negros	Magnitud Velocidad (km/h)
Estrecho de Gibraltar	9,307
Cabo Gata	5,225
Arcew (Argelia)	3,001
Marsella	3,958

Con esta fórmula obtenemos los valores de la velocidad aproximada de desplazamiento de la marea negra en los cuatro puntos que pueden afectar al litoral español.

Puntos Negros	Verano Dirección Marea Negra	Invierno Dirección Marea Negra
Estrecho Gibraltar	Coste Norte Estrecho y Costa Málaga	Costa Málaga
Cabo de Gata	Costa de Argelia	Costa de Argelia
Arcew (Argelia)	Costa de Argelia	Costa Agelina/Mar abierto
Marsella	Marsella/Mar abierto	Costa Catalana/Mar abierto

A la estimación que hacemos de las trayectorias de las hipotéticas mareas negras desde los *puntos negros* considerados, le aplicamos los valores de corrientes y

vientos en verano e invierno, obteniendo los valores del tiempo que tardaría la marea negra en llegar a la costa.

⁶ Manual sobre la Contaminación Ocasionada por Hidrocarburos, Parte IV Lucha Contra los Derrames de Hidrocarburos. OMI

Conclusiones

Una de las observaciones paralelas al desarrollo de este estudio, ha sido que actualmente la flota de petroleros se ha renovado, siendo prácticamente la más moderna y técnicamente avanzada que hay en los mares. En los países desarrollados, la flota de petroleros tiene una media de 7,7 años, situándose la media mundial en 10 años, sólo unas décimas por encima de los portacontenedores. Las nuevas técnicas de gestión de lastres, limpiezas de tanque, residuos, etc., hacen que estas unidades hayan reducido su siniestrabilidad a niveles inimaginables sólo hace tres décadas.

Los puntos con mayor riesgo son los cuatro citados en el cuadro anterior, encontrándose tres de ellos en el sur de la Península, en las inmediaciones del mar de Alborán, y el cuarto en Marsella, pudiendo afectar a la costa Nororiental del litoral de Cataluña (Cap de Creus). De los cuatro *puntos negros* (PN) determinados, dos de ellos tienen un riesgo relativamente inferior de que la marea negra llegue al litoral español, aún cuando concentran un importante tráfico. Los PPNN de Cabo Gata (Parque Natural de Cabo Gata) y el de Arcew, tienen una probabilidad menor de impacto de la marea negra en la costa española, debido a las corrientes marinas existentes.

En caso de marea negra, el PN de la zona de Marsella podría tener incidencia en el litoral de la costa catalana. Concretamente, el primer lugar donde podría impactar es en el Cap de Creus. En esa zona, la plataforma continental se hace muy estrecha, agudizándose con el Cañón de Creus, disminuyendo aún más la plataforma continental en esa área, pudiendo llegar la marea negra hasta la costa del Parque Natural de Cap de Creus. Como orden de magnitud, tenemos dos días para evitar que la marea negra pueda llegar al litoral catalán desde el PN de Marsella.

El cuarto PN y potencialmente más peligroso es el Estrecho de Gibraltar (Parque Natural del Estrecho). El elevado tráfico que soporta y el gran número de buques tanque que surcan sus aguas, muchos de ellos recalando en la Bahía de Algeciras, lo convierten en el *punto negro* con mayor riesgo potencial. En caso de vertido accidental en el transporte de hidrocarburos, el efecto de la corriente y del viento haría que la costa Norte del Estrecho se viese afectada, al igual que la costa de la provincia de Málaga, desde Manilva hasta Fuengirola. Todo ello dependiendo de la época del año y de las condiciones climatológicas reinantes. Además, como orden de magnitud, el tiempo que se dispone para

reaccionar es de entre dos y seis horas, en función de la época del año y la parte del litoral que se viese afectada.

Una vez analizados los puntos negros, se puede concluir afirmando que se están haciendo ejercicios contra la contaminación por hidrocarburos, pero se deberían intensificar en los lugares de máximo riesgo de impacto de marea negra en la costa del litoral mediterráneo español. Por otro lado, se podría valorar la hipótesis de que las bases estratégicas de SASEMAR estuviesen situadas en las áreas de máximo riesgo.

Finalmente, además de evidenciarse la necesidad de los ejercicios en la lucha contra la contaminación por vertido accidental de hidrocarburos en la mar, buscando siempre una mayor capacidad de respuesta, y a la vista de los muchos organismos que intervienen derivados de la legislación actual y de los distintos planes de emergencia autonómicos, sería oportuno nombrar un mando único Estatal, un *Focal Point Estatal*. Hemos evidenciado en el análisis del estudio, que el plazo de reacción es corto, ya que, en muy pocas horas y en función del *punto negro* que se trate, la marea negra impactaría en la costa. Si no hubiera un *"Focal Point Estatal"*, la operatividad se reduciría, su eficacia se ralentizaría sensiblemente y su eficiencia disminuiría, por lo que habría altas probabilidades de impacto de la marea negra en la costa.

A la vista de las medidas estratégicas actuales y los excelentes resultados obtenidos, dichas medidas se deberían redireccionar con la misma intensidad y eficacia hacia el resto de buques. Las medidas tomadas con los buques tanque se deberían implementar en el resto de buques, de modo que, en lo relativo a los hidrocarburos que transportan a bordo ("consumo"), los tanques de consumo deberían adoptar el "concepto de doble casco", así como las sentinas y otros espacios destinados al almacenamiento de residuos oleosos. ■

