
ARTÍCULO

Nicoletta González-Cancelas
Francisco Soler-Flores
Alfonso Orive
Alberto Camarero-Orive

TRANSPORTE MARÍTIMO Y MEDIO AMBIENTE: LAS IMPLICACIONES DE LAS SECAS Y LAS ECAS

Revista Transporte y Territorio N° 8, Universidad de Buenos Aires, 1º sem. de 2013.



Revista Transporte y Territorio
ISSN 1852-7175
www.rtt.filo.uba.ar

Programa Transporte y Territorio
Instituto de Geografía
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Buenos Aires



Cómo citar este artículo:

GONZÁLEZ-CANCELAS, Nicoletta; SOLER-FLORES, Francisco; ORIVE, Alfonso y CAMARERO-ORIVE, Alberto. 2013. Transporte marítimo y medio ambiente: las implicaciones de las SECAS y las ECAS. *Revista Transporte y Territorio N° 8, Universidad de Buenos Aires*. pp. 138-156. <www.rtt.filo.uba.ar/RTT00808138.pdf>

*Recibido: 23 de julio de 2012
Aceptado: 11 de febrero de 2013*



Transporte marítimo y medio ambiente: las implicaciones de las SECAs y las ECAs

Nicoletta González-Cancelas¹

Francisco Soler-Flores²

Alfonso C. Orive³

Alberto Camarero-Orive⁴

RESUMEN

El transporte marítimo en Europa tiene una gran importancia para la cohesión y desarrollo económico de la Unión Europea, pero a su vez, y debido fundamentalmente a las emisiones de azufre, es una fuente de contaminación, sobre todo en las zonas próximas a la costa que es normalmente donde vive la mayor parte de la población. Por ello, desde la Comisión Europea se han definido una serie de zonas marinas protegidas que son particularmente sensibles a la contaminación y exigen límites estrictos de azufre en los combustibles de los buques, son las llamadas SECAs (Sulphur Emission Control Areas). En este artículo se analizan los resultados de la implantación de las SECAs en el transporte marítimo y el medio ambiente.

Maritime transport and environment: implications of SECAs and ECAs

ABSTRACT

The maritime transport in Europe is of great importance for the cohesion and economic development of the European Union, but in turn, mainly due to sulfur emissions, it is also source of contamination, especially in coastal areas where most of the population lives. Therefore, a number of marine protected areas that are particularly sensitive to pollution and require strict limits on sulfur in ship fuel have been identified by the European Commission. They are called SECAs (Sulphur Emission Control Areas). This article discusses the impact of SECAs implementation on shipping and the environment.

Palabras Claves: SECA; ECA; Azufre; Transporte marítimo.

Palavras-chave: SECA; ECA; Enxofre; Trafego marítimo.

Keywords: SECA; ECA; Sulfur azufre; Maritime transport.

1. INTRODUCCIÓN

La relevancia del cambio climático en la agenda del desarrollo mundial demanda nuevos modelos de formulación de políticas públicas. El sector transporte es el de mayor y más acelerado crecimiento en emisiones de gases de efecto invernadero, y su inclusión dentro de las iniciativas de mitigación es de vital importancia para lograr la meta consensuada de limitar el cambio climático a 2º centígrados (Barbero y Rodríguez Tornquist, 2012).

En lo que respecta al transporte marítimo en Europa, las SECAs (Sulphur Emission Control Areas) son áreas donde las emisiones de azufre contaminantes producidas por la quema de los combustibles marinos están estrictamente controladas. Son zonas de control exclusivo de SO_x y fueron creadas a consecuencia de los problemas de la lluvia ácida en el norte de Europa provocada por la contaminación atmosférica. La Organización Marítima Internacional

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid, España – nicoleta.gcancelas@upm.es

² Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid, España – fsoler@upm.es

³ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid, España – alfonso.camareo@caminos.upm.es

⁴ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid, España – alberto.camarero@upm.es



(OMI) es el organismo de las Naciones Unidas relacionado con la seguridad marítima y la prevención de la contaminación marina procedente de buques (VI 2008). Debido a la contribución a esta contaminación por los barcos, la OMI designó las siguientes dos SECAS dentro de la UE: el Mar Báltico (en vigor desde mayo de 2006), el Mar del Norte y el Canal Inglés (en vigor desde noviembre de 2007). De esta manera se limitaba el contenido de azufre permitido en los combustibles marinos en estas zonas.

El transporte marítimo es un contribuyente cada vez mayor a la contaminación del aire. La gran mayoría de las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), dióxido de azufre (SOx) y partículas en las zonas marítimas de la UE son emitidas por los buques de carga de más de 500 TRB (Toneladas de Registro Bruto). Se estima que alrededor del 45% de las emisiones provienen de buques con pabellón de la UE y aproximadamente el 20% de las emisiones se emiten dentro de las 12 millas de mar territorial.

En las ciudades portuarias, las emisiones de buques son en muchos casos, una fuente principal de contaminación. Por otra parte, las emisiones procedentes de los buques pueden viajar cientos de kilómetros y por lo tanto puede contribuir a problemas de calidad del aire en la tierra, incluso si se emiten en el mar. Esto es particularmente relevante para la deposición de compuestos de azufre y nitrógeno, que causan la acidificación de los ecosistemas naturales y amenazan la biodiversidad a través de los aportes de nitrógeno excesivos (eutrofización). Los buques también emiten gases que agotan el ozono, por ejemplo, de incineradores, instalaciones de refrigeración, sistemas de extinción de incendios y carga de vapor (compuestos orgánicos volátiles y otros) y los gases de efecto invernadero. El Dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante (GEI) que emiten los buques principalmente con los gases de escape. Un estudio de la OMI estima que el transporte marítimo ha emitido 1046 millones de toneladas de CO₂ en 2007, lo que corresponde al 3,3% de las misiones mundiales durante 2007, lo que contribuye al cambio climático y la acidificación de los océanos. La mayor parte de estas emisiones (870 millones de toneladas o el 2,7% de las emisiones globales) de CO₂ en el año 2007 se han atribuido a la navegación internacional.

Diversos escenarios de emisiones muestran que, en 2050, ante la ausencia de políticas, las emisiones de los buques pueden crecer en un 150% y el 250% (en comparación con las emisiones de 2007), como resultado del crecimiento del tráfico marítimo (Ospar Commission, 2010).

La OMI ha desarrollado una serie de políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques. Se ha encontrado que los instrumentos del mercado son instrumentos rentables de política ambiental con alta eficacia. Estos instrumentos capturan la mayor cantidad de emisiones bajo el ámbito de aplicación, permiten que las medidas técnicas y operacionales en el sector del transporte sean utilizadas, y pueden compensar las emisiones en otros sectores.

Uno de los factores que condicionarán el transporte marítimo en el futuro podrá ser la lucha contra el cambio climático que afectará a la eficiencia de las rutas comerciales. El cambio climático supone uno de los grandes desafíos actual para el tráfico de mercancías que tendrá que adaptarse en la medida de lo posible y luchar contra las consecuencias negativas. No hay que olvidar que como se trata de un problema mundial en cuanto a causas y efectos la lucha también deberá ser a nivel internacional.

Si se tiene en cuenta que el 80% del volumen del comercio se mueve por mar, el transporte marítimo es uno de los sectores más afectados en la lucha contra el aumento de emisiones atmosféricas. Para hacerle frente es necesario estudiar cómo podría verse afectado este



sector así como indicar las medidas que se deben adoptar para proporcionar un transporte rentable y sostenible.

Existen lagunas en el conocimiento de cuantificar con precisión la contribución del transporte marítimo internacional a las emisiones de gases de efecto invernadero. Los estudios realizados por la Comisión Europea muestran que, sin las estrictas normas de la revisión del Anexo VI del MARPOL, adoptada en 2008, para 2020, las emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado primario (PM2.5) procedentes del transporte marítimo internacional en los mares de la UE se espera un aumento respecto de sus niveles de 2000 en un 40%, 45% y 55% a 3186, 4828 y 396 kt / año, respectivamente (Ospar Commission, 2010).

En estos días se plantea la oportunidad de ampliar las SECAs en la UE. Se está valorando por una parte, la evolución hacia las Áreas de Control de Emisiones, ECAs (Emission Control Area), más genéricas que las anteriores, que limiten el contenido de SO₂, NO₂, CO₂ y partículas, y por otra parte se estudia una ampliación de las zonas protegidas, e incluso su expansión a lo largo de todo el litoral de la UE, en las zonas económicas exclusivas de la UE.

Las ECAs no son sólo europeas. Los países interesados deben solicitar a la Organización Marítima Internacional para designar un área frente a sus costas en las que estrictos controles de emisión internacional se aplicarán a los buques de navegación marítima (Tran y Mölders, 2011). En marzo de 2010 EE.UU. y Canadá presentaron una propuesta de ECA para las emisiones de SO_x y también de partículas NO_x que se extiende hasta 200 millas náuticas de ambas costas y alrededor de las islas de Hawaii (United States Environmental Protection Agency, 2009). Estas ECAs han entrado en vigor a partir del 1 de agosto de 2012. También existen propuestas para Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los EE. UU. Como idea de la posible repercusión de las ECAs en la explotación de los buques se apunta que la compañía *Olsen Cruise Lines* ha estimado que el uso de destilados para cumplir con el límite del 1,5% en EE. UU. y Canadá les costaría un extra de \$16.340 al día (Hughes, 2010).

A partir de las últimas décadas del siglo XX, paralelamente a los grandes cambios que se han dado en el sistema de transporte a escala global (vinculado con nuevas formas de producción, comercialización y consumo), la variable ambiental ha cobrado mayor protagonismo en la planificación y construcción de obras de transporte. Actualmente, existe amplia bibliografía referida al debate sobre la sostenibilidad e implicancias ambientales del transporte, tanto en relación con el desarrollo de obras de infraestructura, como con el desplazamiento en los diferentes medios existentes (Daniele et al., 2012).

1.1. Combustible marino y azufre

El fuel para búnker es esencialmente un “fuel residual”, definido como cualquier líquido que permanece tras la obtención de productos de más valor a partir de la destilación de petróleo (Camarero et al., 2011). Existen numerosos tipos y, evidentemente, todos estos productos difieren considerablemente en la calidad (que repercute tanto en las emisiones contaminantes como en el funcionamiento de los motores de los buques) y en el precio, pero también en el servicio que prestan, la operativa de carga, las normativas, etc. (Psaraftis y Kontovas, 2009a; Psaraftis y Kontovas, 2009b; Psaraftis y Kontovas, 2008).

El combustible más barato da lugar a mayores corrosiones y erosiones en la maquinaria, por lo que los motores que los utilizan están expuestos a mayores y más graves averías y provoca mayores costes de mantenimiento y de reparación. Por el contrario, los combustibles más ligeros permiten la utilización de lubricantes menos sofisticados y no



exigen inversiones tan cuantiosas, pero su coste de adquisición es muchísimo más elevado. Por razones económicas el naviero tiende a emplear como energía de desplazamiento los combustibles menos costosos que tengan un rendimiento aceptable, y que precisamente son los más contaminantes (Camarero y López-Ansorena, 2011).

Uno de los contaminantes más nocivos para la salud humana y el medio ambiente es el azufre, responsable de la lluvia ácida, que está presente en los combustibles derivados del petróleo (Endresen et al., 2008). Alrededor del 80% del total del combustible marino de caldera se refiere a petróleo pesado, *Heavy Fuel Oil* (HFO) con alto contenido de azufre.

La problemática del azufre en los combustibles marinos es especialmente grave y compleja, habiéndose llegado a establecer dos estándares a escala internacional para su presencia en el combustible: uno, con carácter general, que limita al 4,5% m/m el contenido de azufre⁵ del combustible utilizado a bordo; y otro para buques que naveguen por las llamadas zonas SECAs donde el límite máximo del contenido de azufre es del 1% m/m. En los próximos años estos límites serán aún más estrictos. (Psaraftis y Kontovas, 2009a; Psaraftis y Kontovas, 2009b; Psaraftis y Kontovas, 2008).

1.2. Consumo y velocidad

El consumo de combustible en el transporte marítimo es sumamente variable dependiendo fundamentalmente del tamaño y del tipo de buque, de la velocidad de marcha y de la potencia de los grupos auxiliares necesarios a bordo. No es necesario recordar que si aumenta el consumo aumentan las emisiones nocivas a la atmósfera.

Encontrar la velocidad económica ideal en la operativa de un buque es una tarea compleja en la que intervienen otros elementos además del precio del combustible y de los ingresos por flete. Esta velocidad conduce a la explotación óptima en cada viaje. Suponiendo un precio del fueloil de U\$300/tonelada y fletes superiores a U\$35.000/día, la velocidad óptima ronda los 14 nudos para un buque tipo *capsize* (Camarero et al., 2011). Sin embargo, para un precio ligeramente superior de fueloil de U\$325 y fletes menores de U\$/22.500 día la velocidad óptima baja hasta los 12 nudos, ya que un aumento en la velocidad del servicio de sólo un par de nudos produce un aumento desproporcionado en el consumo de combustible. Queda de manifiesto que el incremento en la velocidad del buque supone un aumento mucho más elevado en el gasto de combustible e, inevitablemente, mayor contaminación dependiendo del tipo de combustible utilizado.

1.3. Precios y compras

Las restricciones de azufre en los combustibles marinos implican la necesidad de usar tipos más destilados y por ello se produce un incremento considerable en el coste del suministro. Si se toma de ejemplo un buque tipo *handy-size* de unas 30.000 toneladas de peso muerto, que consume diariamente en navegación entre 20 y 23 toneladas de fueloil, al precio de 435 US\$/tonelada, supone un coste de unos 9.000 US\$/día, cifra bastante superior (cercana al doble) a la de los costes fijos de explotación del propio buque, conocidos por sus siglas *OPEX* (*OPerational EXpenditure*), y que integran los costes de tripulación, mantenimiento y reparaciones, seguros, administración, etc.

El proceso de compra de combustible constituye una parte muy importante en la explotación del buque, ya que en muchos casos llega a ser el gasto más relevante. Esto es debido a la enorme cantidad de petróleo que se necesita para alimentar los motores navales, a los que hay que sumar las fuertes oscilaciones del precio del crudo ocurridas en las últimas

⁵ El porcentaje de azufre se refiere a los gramos de cenizas de azufre encontrados después de la combustión entre los gramos de muestra empleada (% m/m).



décadas, que se han reflejado en una gran volatilidad de los precios de los combustibles marinos. Saber elegir el producto óptimo, el puerto y el proveedor más conveniente, junto con la velocidad más adecuada para la navegación, son claves para una óptima explotación del buque. La gestión en la compra de diferentes tipos de combustible para los buques ha adquirido tal importancia que se recomienda la inclusión de determinadas cláusulas en las pólizas de fletamento por tiempo, en cuya modalidad es el fletador (*time charter*) el responsable de la toma de combustible. Se trata de proteger al armador de las posibles multas y reclamaciones por daños ocasionados como consecuencia de la utilización de un combustible no adecuado de acuerdo con la normativa vigente.

La regla 18 del Anexo VI de MARPOL (Organización Marítima Internacional, 2005, Organización Marítima Internacional, 2006) establece que cada Nota de Entrega de combustible al buque debe especificar el contenido exacto de azufre en el combustible suministrado y que debe adjuntarse una declaración firmada por el representante del proveedor en la que quede constancia, junto con una muestra representativa. En general, los proveedores excluyen responsabilidades expresamente en sus condiciones de venta y afirman que es obligación del comprador seleccionar exactamente lo que su buque requiere.

2. AUMENTO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO

El tráfico marítimo crece debido, entre otros, a factores como los nuevos mercados, rutas de paso (canales y estrechos) o a la situación económica y política, local y mundial. Se prevé un constante aumento del tráfico marítimo global en los años venideros, precisamente por ser el modo de transporte más adecuado para el transporte a gran escala (Camarero y González, 2005). A pesar de la crisis económica actual que ha frenado esta tendencia de los últimos años en los países occidentales, también se observa un aumento del comercio gracias a los países emergentes como China, India, Rusia, Sudáfrica o Brasil, que modifican sustancialmente el comercio mundial de importación y exportación, abriendo nuevas rutas comerciales, mientras que otras existentes pierden progresivamente importancia, así como la creciente expansión de las redes de producción a escala global.

Desde la perspectiva del cambio climático, el transporte representa un sector con particular relevancia. Es el responsable de una parte importante de las emisiones globales, la dinámica de sus emisiones lo muestra como el sector de mayor crecimiento y el más acelerado (Barbero y Rodríguez Tornquist, 2012). El transporte de carga y pasajeros es una de las actividades urbanas que genera más contaminación ambiental (Ravella et al., 2012).

Los altos costos del combustible a las compañías navieras no son sólo el resultado de los altos costos de los combustibles pesados, se deben estudiar otros elementos que encarecen los costes así como los costes medioambientales. Las emisiones de azufre procedentes de la navegación son una causa importante y creciente de la lluvia ácida que supone una pesada carga sobre los bosques, el suelo y los lagos. Las partículas de sulfato también puede crear problemas de salud en las zonas densamente pobladas (Notteboom y Vernimmen, 2009; Bosch, 2002).

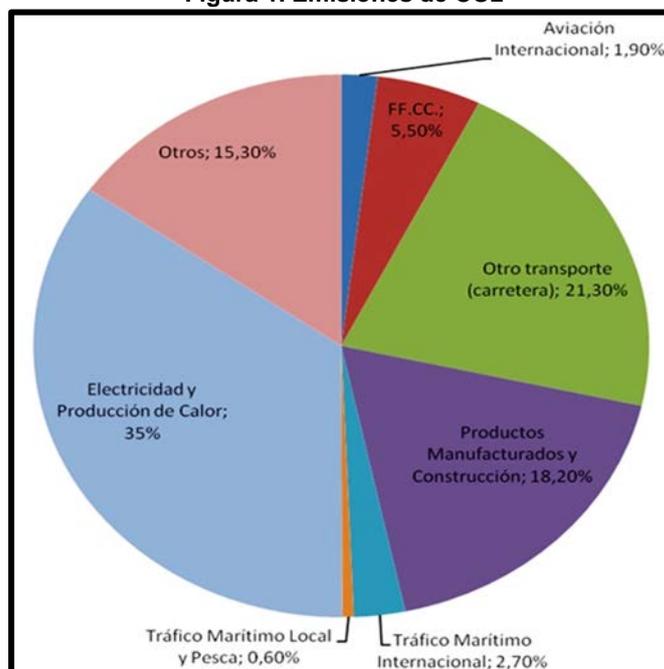
Las preocupaciones ambientales han dado lugar a normas de emisión estrictas en algunas partes del mundo y en otras regiones se espera que se siga esa política. Este cambio institucional está contribuyendo a un cambio gradual de combustible pesado a los bunkers con un bajo contenido de azufre, el llamado *Low Sulphur Fuel Oil* (LSFO). Otra solución consiste en instalar equipos de limpieza a bordo, tales como depuradores y filtros de partículas. La política de la Comisión Europea es un claro ejemplo de esta apuesta (Notteboom y Vernimmen, 2009).



La flota mercante existente a 2011, más de 50.000 buques, con más de 1.000 millones de toneladas de peso muerto (Agero Miranda, 2011) da lugar a un mercado significativo de consumo de combustibles marinos. Puede estimarse que el conjunto mundial de combustibles residuales se mueve en el entorno de los 200 millones de toneladas anuales, mientras el volumen global del mercado de destilados (diésel y gasóleo) alcanza a unos 35 millones de toneladas anuales (Draffin, 2005).

Existen numerosos datos acerca de la contribución del transporte al cambio climático, la mayor parte de ellos no coincidentes, por la consideración de diferentes sectores en el total de las fuentes de emisiones. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (Moreno, 2008) considera que la contribución del transporte a las emisiones de CO₂, a nivel mundial, es del 13%. La Agencia Europea del Medio Ambiente considera que el transporte es responsable del 21% de las emisiones de GEI totales de la Unión Europea (excluyendo la aviación y la navegación marítima internacional) (Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2010). En términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel global, el transporte es responsable del 13,1% del total, y del 22% de los provenientes del consumo energético, sólo superado por la generación de energía eléctrica y calefacción según (Barbero y Rodríguez Tornquist, 2012). Si se estudian los datos proporcionados por la OMI (Convery y Redmond, 2007), (Christiansen et al., 2005), se contempla que el sector del transporte es responsable de más de la tercera parte (32%) de la contaminación total de CO₂ producida por actividades humanas. Dejando aparte otras actividades y centrándonos en el transporte, la principal proporción se atribuye al transporte por carretera con un 21,3%, mientras que el transporte marítimo internacional sólo aporta el 2,7% de este total, como se puede observar en la Figura 1, obtenida a partir de datos de la OMI. La contaminación derivada de los buques domésticos y pesqueros es aún menos representativa y ocupa tan sólo el 0,6% del total. Sumados los dos sectores marítimos se llega a un 3,3%, aún por debajo de la contaminación derivada del sector del ferrocarril que tiene una cuota del 5,5%. El comercio de emisiones es el instrumento político fundamental para hacer frente a crecientes niveles de emisión de gases de efecto invernadero.

Figura 1. Emisiones de CO₂



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 1. Estimaciones de consumo de combustible, las emisiones de CO₂ y el crecimiento proyectado

	Año base	CO ₂ (millones de toneladas)	Combustible (millones de toneladas)	Porcentaje de quema de combustible mundial ¹	Crecimiento proyectado
Estudio actualizado de la OMI (2008)	2007	843	277	3,1	En un factor de 1,1 a 1,3 para 2020, y de 2,4 a 3 para 2050
Grupo de Expertos de la OMI (2007)	2007	1.120	369	4,1	+30% para 2020
Estudio de GEI de la OMI (2000)	1996	419,3	138	1,6	-
Agencia Internacional de Energía (2005)	2005	543	214	2,0	-
TRT Transporti e Territorio	2006	1.003	N.A.	3,7	-
(Endresen et al., 2008) ²	2002	634	200	2,3	+100 a 200% para 2050
(Eide, 2007) ¹²	2004	704	220	2,6	+100 a 200% para 2050
(Eide, 2007)	2006	800	350	2,9	+100 a 200% para 2050

¹Emisiones mundiales de CO₂ resultantes de la quema de combustible, datos de la Agencia Internacional de Energía 2005.

²A partir de fuentes secundarias, entre ellas el estudio actualizado de la OMI sobre los GEI, 2008.

Estimaciones del consumo de combustible, las emisiones de CO₂ y el crecimiento proyectado.

Fuente: El Transporte Marítimo y el reto del Cambio Climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. 2009.

Todas estas modificaciones previstas para el panorama del transporte debido a la implantación de las zonas SECAS y principalmente ECAS, van a modificar la interacción con el puerto y la fisonomía de la ciudad portuaria (Ravella et al., 2012). El consumo de combustibles fósiles está ligado a la emisión de gases contaminantes con fuertes impactos negativos sobre la calidad del aire y la salud humana y a la emisión de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

3. IMPLICACIONES DE LAS ECAS EN LOS PUERTOS DE LA UE

Durante décadas, la industria del transporte marítimo se ha beneficiado de las débiles regulaciones que permitían contaminar sin pagar, principalmente en aguas internacionales. Sin embargo, en los últimos años esta tendencia ha cambiado y las normativas ya se hacen eco del control de emisiones atmosféricas procedentes de la combustión de derivados del petróleo usados en el transporte marítimo.

El nuevo término de ECA es más amplio que el de SECA puesto que no sólo tiene en cuenta la emisión a la atmósfera del azufre, sino también de otros contaminantes: SO_x, NO_x, CO₂ y partículas. A partir de ahora se considera a estas zonas ECAS al hablar de las áreas de emisiones controladas que afectan a la calidad del aire (Salgado, 2011).

Los principales parámetros de calidad por zonas geográficas, comparados con los límites especificados en las normas ISO, se recogen en la Tabla 2. Los valores que aparecen son los medios, seguidos de los máximos y mínimos alcanzados durante el año 2009. Los valores medios cumplen las normas ISO en la región de influencia de tráfico principales en la que se encuentra el Estrecho de Gibraltar (eje Mediterráneo – Mar Negro) y en tres puertos del sur de España, aunque en algunos casos los valores máximos superan los



límites establecidos; los principales problemas suelen presentarse por exceso de viscosidad, aparición de sedimentos y exceso de residuos carbónicos.

Tabla 1. Parámetros de calidad por zonas geográficas comparadas con los límites ISO (*)

		Agua % v/v	Azufre ¹ % m/m	Al+Si mg/kg	Comentarios ²
Límites ISO	RME180	0,5	4,5	80	
Fuel intermedio	RMG380	0,5	4,5	80	
Límites ISO Destilados marinos	DMX	-	1,0	-	
	DMA	-	1,5	-	
	DMB	0,3	2,0	-	
	DMC	0,3	2,0	25	
Mediterráneo – Mar Negro	IFO180	0,15 / 0,05 - 0,90	2,15 / 0,47 - 4,04	18 / 2 - 60	Viscosidad-Residuos carbón- Cenizas-Sedimentos
	IFO380	0,12 / 0,01 - 3,60	2,33 / 0,66 - 4,31	25 / 2 - 94	Viscosidad-Residuos carbón- Sedimentos
	MGO	0,05 / 0,01 - 0,50	0,14 / 0,00 - 1,01	-	
	MDO	0,06 / 0,01 - 0,20	0,47 / 0,04 - 1,21	-	
Puerto de Gibraltar	IFO180	0,10 / 0,05 - 0,45	2,55 / 0,86 - 3,89	24 / 9 - 49	Viscosidad-Residuos carbón
	IFO380	0,10 / 0,05 - 0,55	2,22 / 0,70 - 4,05	28 / 4 - 79	Viscosidad-Residuos carbón- Sedimentos
	MGO	0,05 / 0,01 - 0,20	0,10 / 0,02 - 0,37	-	
	MDO	-	-	-	
Puerto Bahía de Algeciras	IFO180	0,12 / 0,05 - 0,35	1,84 / 0,61 - 3,23	27 / 3 - 43	Residuos carbón
	IFO380	0,08 / 0,05 - 0,50	2,41 / 0,66 - 3,65	28 / 2 - 58	Viscosidad-Residuos carbón
	MGO	0,05 / 0,05 - 0,05	0,09 / 0,04 - 0,36	-	
	MDO	0,04 / 0,01 - 0,05	0,39 / 0,04 - 1,21	-	
Puerto de Ceuta	IFO180	0,10 / 0,05 - 0,30	2,22 / 1,38 - 2,79	24 / 9 - 49	Viscosidad-Residuos carbón
	IFO380	0,12 / 0,05 - 0,40	2,46 / 1,73 - 3,12	24 / 7 - 54	Viscosidad
	MGO	0,05 / 0,05 - 0,05	0,08 / 0,05 - 0,17	-	
	MDO	-	-	-	

¹El límite de azufre 1,5% m/m se aplicará en las Áreas de Control de Emisiones designadas por la Organización Marítima Internacional según el Anexo VI de MARPOL

²Una o más veces durante el último año estuvieron fuera de los límites especificados por la ISO 8217

Fuente: *Elaboración propia a partir de Fuel Quality Report Búnkerworld Diciembre 2009 e ISO 8217 3ª Ed. 2005.*

3.1. Previsiones de la OMI en el control de la contaminación

En el Anexo VI de MARPOL se enumeran los agentes contaminantes que se controlan con las siguientes reglas: Regla 12: sobre las sustancias agotadoras del ozono (*Ozone-depleting substances* (ODS)), Regla 13: sobre el óxido de nitrógeno (NO_x); y Regla 14: sobre el azufre (SO_x). El control para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte marítimo internacional, en particular las emisiones de CO₂, también se contempla en el Anexo VI de MARPOL y sus posteriores enmiendas (Ordás-Jiménez, 2011).

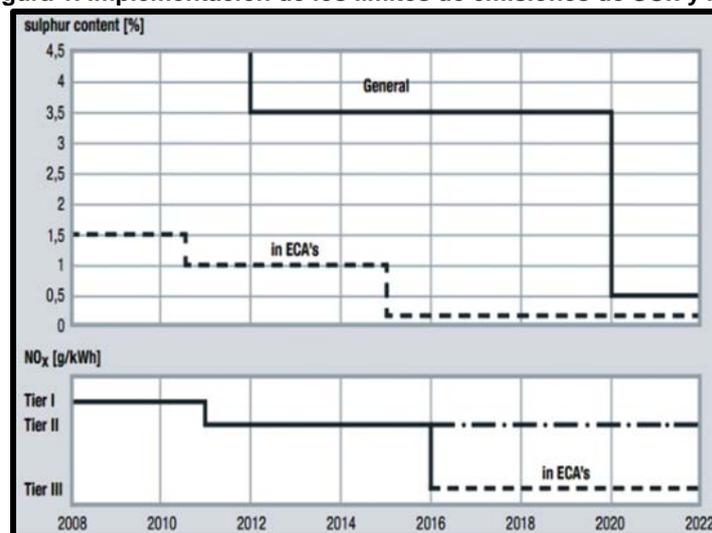
Las normas de la OMI fijan el límite de contenido de azufre en las emisiones para los próximos años (Figura 2) (Wunderlich, 2005). En las ECAs el límite de azufre descenderá progresivamente al 0,1% en 2015 desde el 1% actual. Mientras que fuera de las ECAs,



inicialmente el límite de azufre se reduce el 1 de enero de 2012 a un 3,5% desde el actual 4,5%, y luego al 0,5% desde el 1 de enero 2020 (Lloyd, 2006).

Las restricciones de las emisiones de NO_x también aparecen en la nueva revisión del Anexo VI. Se incluye la reducción progresiva de emisiones de NO_x con un límite de "Tier II" de emisión para los motores instalados a partir del 1 de enero de 2011. Un límite más estricto, "Tier III", de emisiones para los motores instalados después del 1 de enero de 2016 que operan en las ECAs. En cuanto a los motores diésel marinos instalados entre el 1 de enero de 1990 y el 1 de enero de 2000 están obligados a cumplir con "Tier I".

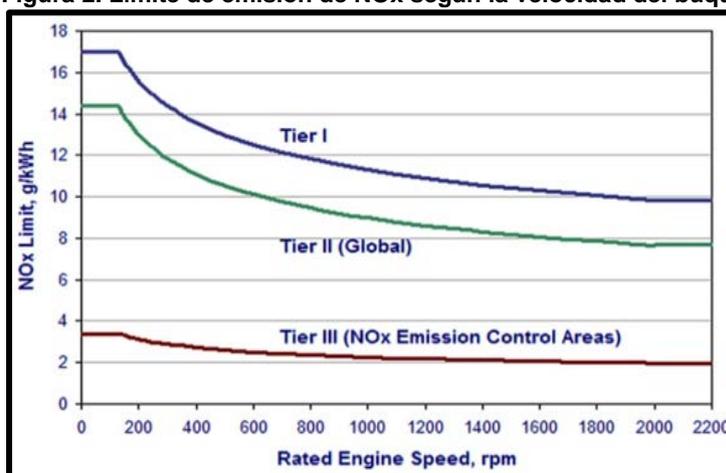
Figura 1. Implementación de los límites de emisiones de SO_x y NO_x



Fuente: Organización Marítima Internacional 2006. MARPOL

En la Figura 3 se muestran los límites de emisión permitidos de NO_x en función de la velocidad del motor según el Anexo VI de MARPOL (Lloyd, 2006). El control de las emisiones de NO_x de los motores diésel se logra a través de los requisitos de certificación y la posterior demostración del cumplimiento de acuerdo con los requisitos de las restricciones reglamentarias 13.8 y 5.3.2 (resolución MEPC.177) (Organización Marítima Internacional, 2005).

Figura 2. Límite de emisión de NO_x según la velocidad del buque



Fuente: MARPOL

3.2. Medidas de implantación de la normativa en las áreas de control



Antes de la implantación de una ECA es necesario emitir una solicitud a la OMI. Para que se apruebe una solicitud de una ECA se debe demostrar la necesidad de prevenir, reducir y controlar las emisiones de SO_x, PM, y/o NO_x de los buques. Los criterios específicos que aparecen en el Apéndice III Anexo VI de MARPOL (Organización Marítima Internacional, 2006).

Actualmente la dependencia del petróleo en el transporte es casi total. La alternativa del uso de biocarburantes (bioetanol y biodiesel) en el tráfico marítimo apenas merece consideración porque los buques no pueden quemar únicamente los combustibles alternativos y por los riesgos secundarios que conlleva, derivados del cultivo necesario de materia prima. Otras opciones más interesantes como son la energía solar o eólica dentro de los buques también se están desarrollando con cierto éxito como complemento al uso del petróleo, pero no como sustituto (Kågeson, 2005).

Se pueden cumplir las especificaciones de las ECAs de tres maneras: cambio de combustible a uno bajo en azufre, cambio de combustible de GNL, aplicar sistemas post-tratamiento de gases de escape y el uso de combustibles convencionales.

La primera opción consiste en el uso de cualquier combustible que cumpla los requisitos que establece la normativa. Estos pueden ser destilados del petróleo refinados: MGO (Marine Gas Oil) o MDO (Marine Diesel Oil). Estos combustibles tienen la principal desventaja del encarecimiento de su uso y por eso son sólo utilizados en las zonas protegidas, lo que supone el cambio de combustible según sea preciso.

El uso del Gas Natural Licuado (GNL) como combustible de buques es una opción ambiental y económicamente atractiva y que podría desplazar al combustible residual. Las ventajas del GNL son su alta eficiencia y su menor impacto ambiental. Mientras que sus principales desventajas son el gran espacio que es necesario para su almacenamiento en los buques y la consiguiente pérdida de capacidad de carga transportada. También supone la transformación de las infraestructuras de los puertos que permitan su avituallamiento y que garanticen el abastecimiento. A modo de comparativa, la Tabla 1 refleja las diferencias en las emisiones atmosféricas (azufre, nitrógeno, partículas y carbono) de 3 tipos de combustibles marinos usuales y del gas natural (Skjølvsvik et al., 2000).

Tabla 2. Emisiones según el combustible

Tipo de combustible	SO _x (g/kWh)	NO _x (g/Wh)	PM (g/kWh)	CO ₂ (g/kwh)
Fuel Residual (3.5% azufre)	13	9-12	1.5	580-630
Diesel Marino (0.5% azufre)	2	8-11	0.25-0.5	580-630
Gasoil (1.1 azufre)	0.4	8-11	0.15-0.25	580-630
Gas Natural (LGN)	0	2	0	430-480

Fuente: Marintek, (Delft, Lloyd 2006)

En 2010 la Fundación *Det Norske Veritas* (DNV) emitió un informe donde se comentaba que más de 2.000 barcos están operando a la vez en el Mar Báltico y que las emisiones de NO_x y de SO_x son mayores en esta zona que las emisiones de Dinamarca y Suecia juntas (Eide et al., 2009). DNV llegó a la conclusión de que el GNL es la solución más barata y la más respetuosa con el medio ambiente. Asimismo, concluye que el combustible de GNL es el más adecuado para la navegación de corta distancia.

La utilización de GNL por los transbordadores y otras embarcaciones pequeñas en el comercio marítimo de corta distancia ha sido exitosa. Un factor fundamental son los beneficios ambientales, especialmente en las áreas congestionadas de tráfico y de alta densidad de población. Sin embargo, los grandes buques dedicados al transporte en alta mar no parecen ser, de momento, los candidatos para el uso de este combustible (Chang y Wang, 2012).



Respecto a la generalización del uso del GNL como combustible marino, también se plantean problemas debido a las infraestructuras necesarias y su seguridad, y por ello las comunidades portuarias y los intereses urbanos cercanos a los puertos se oponen al reclamo de los buques con motores de gas natural en el entorno puerto-ciudad.

La tercera opción es la de los limpiadores de gases emitidos (*diesel engine exhaust-gas scrubber*) como limitadores de emisiones en las ECAs. De esta manera es posible seguir usando combustibles residuales, pero sin emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Es una elección atractiva porque el combustible bajo en azufre no siempre puede estar disponible y cuesta mucho más caro, por lo que estos avances tecnológicos son una bienvenida contra la contaminación a disposición de la industria del transporte marítimo. El depurador trabaja con agua en un sistema de circuito cerrado y los óxidos de azufre se neutralizan con sosa cáustica. Los contaminantes son eliminados siempre en las instalaciones portuarias de recepción. Sin embargo, existen algunas cuestiones que no se han resuelto como son los gastos muy elevados en la instalación o el aumento en la complejidad de las plantas de propulsión, y además, esta tecnología no aborda el CO₂, principal causante del efecto invernadero.

Por último, se puede subrayar que la implantación de la nueva normativa también supone cambios que deben hacerse en las refinerías para producir el combustible requerido (Hughes, 2010). Esto significa que las regiones tradicionales de *bunkering* ofrezcan los nuevos productos en decremento de los más contaminantes y tradicionalmente usados. La demanda mundial de combustible destilado se espera que crezca significativamente en el calendario de las normativas ECAs de largo plazo. La Administración de Información de Energía de EE.UU. (*United States Energy Information Administration*) prevé un crecimiento anual de la demanda mundial de productos refinados de alrededor de 1,5% anual durante los próximos años. Este crecimiento se debe en gran parte a las economías en desarrollo como India, Brasil, Rusia, Sudáfrica y China. En respuesta a esta demanda, las refinerías ya han planeado e iniciado substanciales proyectos de expansión de su capacidad de producción.

La previsión de nuevas ECAs pone de manifiesto el interés de los países más industrializados en defender sus costas en las zonas marítimas más saturadas. Además, es un derecho de los ciudadanos el que los estados se preocupen por su salud y bienestar garantizando un aire más limpio. El medio ambiente es un elemento que hay que cuidar y se debe garantizar su buen estado y conservación. Es, sin duda, uno de los indicadores más importantes en los índices de sostenibilidad y de calidad de las ciudades y países.

3.3. ECAs en Europa

La Unión Europea ha aplicado las normas sobre el contenido de azufre de los combustibles marinos establecidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78 de la OMI, y se han incorporado en la Directiva 2005/33/EC⁶. En octubre de 2008 el Anexo VI de MARPOL fue modificado con la introducción de nuevos requisitos para el contenido de azufre a nivel mundial, y también límites más estrictos en las ECAs. A fin de garantizar la coherencia reglamentaria, la legislación de la UE se alinea con los últimos requisitos de la OMI.

Es necesario recordar que la implantación de las zonas SECAs fue debida a la presencia de la lluvia ácida en el norte de Europa (Matthias et al., 2010; Hammingh et al., 2007). Los

⁶ La Directiva establece unos límites máximos para el contenido de azufre del combustible marino utilizado en la UE. Además, la legislación de la UE incorpora algunos requisitos adicionales como la obligación para los buques en el muelle o fondeadero en los puertos el uso de combustibles que contienen un máximo de 0,1% de azufre, y la obligación para los buques de pasajeros en servicio regular desde o hacia puertos de la UE del uso de combustibles con contenido máximo de azufre de 1,5%.



países más industrializados estaban produciendo una contaminación excesiva que afectaba a ellos mismos. Todas las actuaciones que se produjeron para frenar esta tendencia también tuvieron repercusión en un aumento considerable de los costos. Una forma de argumentar el mantenimiento de esta desigualdad que suponen las SECAs es que no todos los países o regiones han abusado de la misma manera de la industria, por lo que las medidas más restrictivas no deben aplicarse en ellos de la misma forma.

Sin embargo, el efecto invernadero tiene un origen y unas consecuencias más globales. Tanto las emisiones como sus consecuencias no son de correspondencia tan directa, como ocurría con la lluvia ácida. Las emisiones en mar abierto pertenecen a toda la flota del mundo y su repercusión está también globalizada: las limitaciones desaparecen y la contaminación no. La UE ha tomado la iniciativa en la lucha contra el cambio climático, pero este hecho no es vinculante para otros países (Wang, 2010).

Hay que tener en cuenta que la calidad del aire es transportada a grandes distancias, y, como tal, el área incluida en la solicitud de las ECAs tiene mayor sentido si es continua a lo largo de las costas. La idea de cubrir todo el litoral europeo con las mismas restricciones de emisiones a la atmósfera tiene sentido en cuanto a unificar las leyes europeas y garantizar el derecho de todos los ciudadanos a la salud y el medio ambiente, pero en otro sentido supondría un perjuicio notable en la competitividad económica de los puertos europeos frente a los que no lo son. Debido a la gran crisis económica que afecta duramente a la UE (a algunos países especialmente), las medidas de recorte suponen un gran coste económico directo difícil de hacer frente. Los apuros financieros dificultan las inversiones, a menos que haya capital disponible y a que la madurez de las nuevas tecnologías esté más avanzada.

Más sentido práctico tiene la inclusión de nuevas ECAs en regiones concretas. Esta posible ampliación sería creada en primer lugar en las zonas más contaminadas o prioritarias para conservar.

Si se amplían las ECAs en Europa, el mercado actual de la UE es probable que sufra un desvío en las rutas y los puertos hacia los que no están sujetos a control de emisiones, y también es posible que los modos de transporte integrado se modifiquen hacia un desplazamiento a favor de los puertos menos costosos y menos respetuosos con el medio ambiente. Por lo tanto, es preciso estudiar el impacto económico antes de tomar decisiones e intentar hacerlo conjuntamente con todas las partes implicadas. La propuesta conjunta de EE.UU. y Canadá de crear una ECA en sus costas se corresponde con intereses comunes, geografía compartida y de economías interrelacionadas, lo que no sucede exactamente entre Europa y los países aledaños.

3.4. Debate: implantación de las ECAs

El principal debate que se plantea con las ECAs está focalizado entre los grupos de la industria que manifiestan inquietudes sobre "consecuencias negativas" a partir de la limitación de 2015 y los que defienden su implantación y su ampliación. Los primeros afirman que la regulación debilita la competitividad, y los otros, como *European Metalworkers Federation* (EMF), sostienen que las regulaciones son esenciales para la salud y el medio ambiente, y pretenden una industria naval de innovación y ecológica dentro de una competitividad equilibrada en toda Europa (Mickeviciene, 2011; Decaillon y Panneels, 2010).

Las consecuencias a corto plazo pueden ser principalmente económicas y se prevé con un impacto inmediato, que se traduciría en un aumento considerable de los costos marítimos dentro de las ECAs. En cuanto a los beneficios, se puede afirmar que son numerosos y necesarios, pero más difíciles de cuantificar, y con repercusión a medio y largo plazo. En la



Tabla 2 se muestra un resumen de los riesgos y beneficios según el costo de implantación de ECAs.

Tabla 3. Riesgos y beneficios de la implantación de las ECAs

COSTOS	RIESGOS	BENEFICIOS
Uso de combustibles menos contaminantes	Aumento del precio en el flete	Disminución de la contaminación generada
	Pérdida de competitividad en los puertos	Preservación de la salud humana
	Posible desvío de las rutas de transporte a otros países fuera de las ECAs	Preservación del medio ambiente
	Adecuación costosa a la nueva normativa en las refinerías, los buques y los puertos	Desarrollo industrial eficiente
	Pérdida de competencia en el negocio del bunkering	Estimulación de energías renovables
	Pérdida de puestos de trabajo	Generación de puestos de trabajo
	Modificación de los modos de transporte	Desarrollo naval ecológico
	Incertidumbre política en las ECAs	Competencia equiparada en todos los países

Fuente: Marintek (Delft, Lloyd 2006)

Lo que queda claro es que es necesaria una política común para poder luchar por un sector que se va debilitando paulatinamente a pesar de la gran cantidad de trabajadores relacionados con el mundo marino que aún hay en Europa. Es crucial luchar para minimizar la contaminación atmosférica de los buques, a la vez que se mantiene el objetivo de optimizar la competitividad de la industria marítima.

La Swedish NGO Secretariat on Acid Rain estimó que una reducción del contenido de azufre del fuelóleo pesado marítimo de alrededor de 2,7-0,5% en todas las zonas marítimas europeas, reduciría las emisiones totales de dióxido de azufre procedentes transporte internacional en Europa por más de tres cuartas partes para 2010, en comparación con los niveles de emisión de 2000. A raíz de la legislación de la Comisión Europea, la primera SECA entró en vigor el 22 de noviembre 2006 en el Báltico. La SECA siguiente entró en vigor en agosto de 2007 en la zona del Mar del Norte (Notteboom y Vernimmen, 2009).

Las consideraciones de la legislación ambiental están causando la disminución del consumo de *High Sulfur Fuel Oil* (HSFO). Estos cambios son significativos y tendrán considerables repercusiones financieras y operativas para la refinación de petróleo y las industrias marinas. El cambio de HSFO a LSFO en algunas partes del mundo tiene repercusiones en los costos de operación del buque. Al entrar en una SECA, el buque tendrá que cambiar a otro tipo de combustible. La información sobre precios en las diferencias entre los grados de destilados de alto y bajo azufre no está fácilmente disponible. Cuando ambos destilados están disponibles, hay una prima de alrededor de US\$ 10 a 15 por tonelada métrica en el combustible de bajo contenido de azufre (ENTEC, 2002). Las primas parecen ser mayor en algunos países europeos como Grecia, Alemania y Suecia. Las primas de los precios relativamente bajos en los nuevos países miembros de la UE y el resto del mundo son probablemente debido a la disponibilidad de destilados de bajo contenido de azufre en comparación con un resultado de los requisitos legislativos. La instalación de las SECA en toda Europa ha hecho a algunas compañías navieras imponer un nuevo tipo de servicio de pago, es decir, el "extra de bajo contenido de azufre" que oscila entre US\$ 5 y el 10 por TEU (Notteboom y Vernimmen, 2009).

La Tabla 5 compara los precios medios mensuales de algunos de los tipos de combustibles más usados en los puertos de Singapur, Róterdam y los tres puertos principales del Estrecho: Gibraltar, Bahía de Algeciras y Ceuta.

Róterdam presenta los precios más bajos del mercado mundial en todos los tipos de combustible marino. Singapur es el primer puerto mundial en tráfico, pero sus precios son



más altos que los de Róterdam y muy similares en fuel intermedio a los puertos del Estrecho de Gibraltar.

Tabla 4. Precios medios mensuales de Mayo a Diciembre de 2009 \$ / Tm

	Meses 2009	Singapur	Róterdam	Gibraltar	Algeciras	Ceuta
IFO 180 Intermediate Fuel Oil	Mayo	354.5	349	354.5	361	360
	Junio	409	399.5	414.5	418	422
	Julio	415.5	399	419	408.5	424.5
	Agosto	447.5	442.5	463.5	467	468
	Septiembre	436	423.5	439.5	443.5	446
	Octubre	451	445.5	462	466.5	466
	Noviembre	474.5	474.5	490.5	497	496.5
	Diciembre	482	473.5	487	492	496
IFO 380 Intermediate Fuel Oil	Mayo	346	326.5	339.5	342	346
	Junio	401	381	400	402.5	407
	Julio	410	381	405	404	409.5
	Agosto	440	423.5	446.5	448.5	453
	Septiembre	429	405.5	422.5	425.5	431
	Octubre	443	427	444.5	447	452
	Noviembre	468	455	473	473	481
	Diciembre	474	454	470	469	480
MGO Marine Gas Oil	Mayo	484	480	511.5	516	520
	Junio	579.5	570	602	601.5	608
	Julio	545	537.5	579	561.5	584
	Agosto	601	603	638	641	639.5
	Septiembre	570	565	593	604	593
	Octubre	603	612	646	655.5	646.5
	Noviembre	634	629.5	676	679	675.5
	Diciembre	631	624.5	679.5	679.5	672
MDO Marine Diesel Oil	Mayo	475	444.5	499	505.5	499.5
	Junio	569.5	534	585.5	591.5	584.5
	Julio	534	497.5	561	-	560.5
	Agosto	591	560	620	633	620.5
	Septiembre	559	525.5	570	606.5	570.5
	Octubre	593.5	568	626.5	636.5	626
	Noviembre	624.5	595	658	-	656.5
	Diciembre	624	590.5	654	-	656.5

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos de Búnker Prices en Búnkerworld

4. REPERCUSIONES SOBRE EL PAPEL DE LOS PUERTOS

En la actualidad los transportistas eligen los puertos por un número de razones diversas, incluyendo las instalaciones disponibles, la ubicación geográfica y el acceso a los canales de distribución terrestres (ferrocarril y carreteras). En principio, la designación de ECAs no debería afectar a las razones mencionadas para la elección de un puerto sobre otro, y el aumento de los costos de combustible asociados con la operativa en una zona protegida tendría que ser pequeño comparado con los costes totales de combustible de los buques de navegación marítima, ya que el tiempo que operan en las ECAs sería sólo una pequeña parte del tiempo total de funcionamiento de un buque.

La implantación no conjunta de las limitaciones de emisiones en los países de una misma ruta marítima pone en desventaja la competitividad de quienes la cumplen. En el caso de los puertos origen o destino que pertenecen a ECAs la consecuencia inevitable es un aumento del costo del flete que repercute en la mercancía transportada. En cambio, si hablamos de puertos de escala, la situación cambia porque los buques intentarán mantener los costes bajos y buscarán puertos donde las restricciones sean menores dentro de su ruta. En el caso del Mediterráneo parece lógico que se busquen puertos de escala en las costas africanas y no en las europeas si se extiende la limitación de las emisiones a todo el litoral de la UE. Por ejemplo, el puerto de Algeciras tiene el 95% del tráfico de mercancías de



contenedores en tránsito, y si se establece una limitación no unificada con más países es probable que pierda buena parte de su cuota de mercado.

Si se tiene en cuenta que el 80% del volumen del comercio se mueve por mar, el transporte marítimo es uno de los sectores más afectados en la lucha contra el aumento de emisiones atmosféricas. Una de las posibles consecuencias negativas de la aplicación de los combustibles de baja emisión de azufre podría incluir un cambio de actividad del transporte del mar hacia tierra. Y esto significaría la consiguiente congestión y contaminación vial, el aumento de los precios del combustible, así como socavar los esfuerzos actuales para reducir el transporte por carretera mediante la promoción de transporte marítimo de corta distancia (Short Sea Shipping).

Esta posible modificación de las rutas de las navieras o los cambios tecnológicos pueden cambiar las implicaciones puerto-ciudad.

5. COROLARIO

La creciente preocupación mundial sobre la contaminación ambiental está hoy en día generalizada en todos los ámbitos de la industria y el comercio, y la normativa internacional intenta frenar la tendencia del pasado donde no existía control sobre el daño al medio ambiente.

El principal riesgo de la limitación de las emisiones es el incremento inmediato de los costes, que repercute en la competencia, que se ve favorecida al no tener que implantar estas medidas y poder ofrecer sus servicios a menor costo. En cuanto a los beneficios que se generan son relativos a la salud y el medio ambiente, más difíciles de medir, y que se logran a medio y largo plazo. El mismo argumento de la repercusión en los puestos de trabajo puede ser defendido en las dos posturas. En la primera se habla de pérdidas de trabajos si hay más restricciones por la crisis del sector que sería inevitable. Mientras que la segunda habla de la reconversión y la generación de nuevos puestos de trabajos en una industria naval más ecológica y moderna.

Los buques, los puertos y las ciudades se verán implicados en la formulación de políticas y toma de decisiones. Es preciso trabajar en un proyecto común para identificar las necesidades y poner en común el conocimiento para llevar a cabo las acciones conjuntas.

Es obvio que el funcionamiento del comercio marítimo en el Mar Báltico y el Mar del Norte es más caro que en las regiones del resto de la UE y este ejemplo plantea una consideración muy preocupante si se extienden las ECAs: muchas empresas de carga, comerciantes y pasajeros podrían preferir el transporte terrestre o el avión. Un cambio modal desde el mar a las carreteras sería nefasto, porque ya están congestionadas, y, en absoluto, sería bueno para el medio ambiente. Si sucediese esto, se conseguiría el efecto contrario al pretendido: aumentar la contaminación al trasladar un modo de transporte a otro.

Se reconoce ampliamente la necesidad de reducir las emisiones de SO_x de los buques por razones ambientales y de salud porque, al fin y al cabo, supone un derecho de salud y respeto al medio ambiente del que deben beneficiarse todos los ciudadanos de la UE y de todo el mundo. La lluvia ácida no supone ahora un problema tan grande en Europa y en América del Norte ("uno de los relatos de éxito de las recientes décadas"), pero es un reto mayor en países como México, India y China. Esta es sin duda la tendencia hacia el futuro y no habrá marcha atrás. Sin embargo, existe la necesidad de evitar los impactos negativos que la nueva normativa puede traer. Es preciso que la industria naval, los navieros y el resto de sectores afectados no se ajusten a la entrada en vigor de las leyes, sino que se



adelanten a los acontecimientos apostando por un desarrollo ecológico e invertir de forma inteligente para un comercio generalizado ECA.

BIBLIOGRAFÍA

AGERO-MIRANDA, Aitor. 2011. La importancia del transporte marítimo en el mercado del petróleo. Tesis Doctoral. Facultad de náutica de Barcelona.

BARBERO, José. A. y RODRÍGUEZ TORNUST, Rodrigo. 2012. Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. *Transporte y Territorio*, (6), p. 8-26.

BOSCH, Peter. 2002. The European Environment Agency focuses on EU-policy in its approach to sustainable development indicators. *STATISTICAL JOURNAL-UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE*, 19(1/2), p. 5-18.

CAMARERO-ORIVE, Alberto, LÓPEZ-ANSORENA, Iñigo, CAMARERO ORIVE, Alfonso y GONZÁLEZ CANCELAS, Nicoletta. 2011. Los servicios de bunkering en los puertos. *Revista de Obras Publicas*, 158(3.519), p. 31-40.

CAMARERO, A. and GONZÁLEZ, N., 2005. *Cadenas integradas de transporte*. Madrid, España: Fundación Agustín de Betancourt. Ministerio de Fomento.

Camarero A, López-Ansorena C. Explotación y Planificación del Bunkering. España: Fundación Agustín de Betancourt, Autoridad Portuaria de Ceuta; 2011.

CHANG, Ching-Chih y WANG, Chih-Ming. 2012. Evaluating the effects of green port policy: Case study of Kaohsiung harbor in Taiwan. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(3), p. 185-189.

CHRISTIANSEN, Atle, ARVANITAKIS, Andreas, TANGEN, Kristian y HASSELKNIPPE, Henrink. 2005. Price determinants in the EU emissions trading scheme. *Climate Policy*, 5(1), p. 15-30.

Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Libro Verde de Transporte y Cambio Climático. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ed. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; 2010.

CONVERY, Frank. J. and REDMOND, Luke. 2007. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme. *Review of Environmental Economics and Policy*, 1(1), p. 88-111.

DANIELE, Claudio, MEREB, Juan F., FRASSETTO, Aandrea y PÉREZ, Jimena. 2012. Estado actual de institucionalización y regulación de la evaluación y gestión ambiental de las obras de transporte en Argentina. *Transporte y Territorio*, (6), pp. 52-83.

DECAILLON, Joël y PANNEELS, Anne. 2010. GURN: Employment and climate policies in Europe. European Trade Union Confederation (ETUC). Bruselas.

DELFT, CE y LLOYD, Germanischer. 2006. Greenhouse gas emissions for shipping and implementation guidance for the marine fuel sulphur directive. *MARINTEK and Det Norske Veritas*, pp. 266.

DRAFFIN, Nigel. 2005. Marpol annex VI: Who will carry the can? *MER. Marine engineers review*, (AVR), pp. 40-41.

EIDE, Magnus Strandmyr, ENDRESEN, Øyvind, RØANG, Kjelln y ERVIK, Jon Leon. 2003. Modelling of dynamic risk for enhanced ship monitoring and risk reduction.

EIDE, Magnus Strandmyr, ENDRESEN, Øyvind, SKJONG, Rolf, LONGVA, Tore y ALVIK, Sverre. 2009. Cost-effectiveness assessment of CO₂ reducing measures in shipping. *Maritime Policy & Management*, 36(4), pp. 367-384.

ENDRESEN, Øyvind, EIDE, Magnus Strandmyr, DALSSØREN, Stig., ISAKSEN, Ivar y SØRGÅRD, Eirik. 2008. The environmental impacts of increased international maritime shipping—Past trends and future perspectives, *Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World 2008*.

HAMMINGH, Pieter, ABEN, Jan, BLOM, Wim, JIMMINK, Benn, DE VRIES, Wilco y VISSER, Marjet. 2007. *Effectiveness of international emission control measures for North Sea shipping on Dutch air quality. MNP Report*



500092004/2007. P.O. Box 303, 3720 AH Bilthoven, the Netherlands: Netherlands Environmental Assessment Agency.

HUGHES, David. 23 August 2010 in the category: Autumn 2010, 2010-last update, Emission Control Area (ECA) realities start to hit home [Homepage of World Bunkering], [Online]. <<http://www.worldbunkering.com/news/autumn-2010/0369-going-green.html>> [14/06/2012].

KÅGESON, Per. 2005. Reducing Emissions from Ships in the Baltic Sea Area. *The feasibility of introducing a distance-related en-route charge*, European Federation for Transport and Environment and Svenska Naturskyddsföreningen, Brussels and Stockholm.

LLOYD, Germanischer y VERITAS, Det Norske. 2006. Greenhouse gas emissions for shipping and implementation guidance for the Marine Fuel Sulphur Directive.

MATTHIAS, Volker, BEWERSDORFF, Ines, AULINGER, Armin y QUANTE, Markus. 2010. The contribution of ship emissions to air pollution in the North Sea regions. *Environmental Pollution*, 158(6), pp. 2241-2250.

MICKEVICIENE, Rima. 2011. Global Competition in Shipbuilding: Trends and Challenges for Europe. *THE ECONOMIC GEOGRAPHY OF GLOBALIZATION*, pp. 201.

MORENO, José Manuel. 2008. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. *Boletín CF S*, (38/39).

NOTTEBOOM, Theo E. y VERNIMMEN, Bert. 2009. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *Journal of Transport Geography*, 17(5), pp. 325-337.

ORDÁS JIMÉNEZ, Santiago. 2011. El anexo VI del convenio MARPOL: evolución futura. Recurso audiovisual. <<http://upcommons.upc.edu/video/browse?type=author&authority=UDRAC%3A180806>>

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. 2006. *DIRECTRICES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ANEXO V DE MARPOL*, Edición de 2006. IMO Publishing.

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. 2005. *MARPOL enmiendas: enmiendas adoptadas mediante las resoluciones MEPC. 99 (48), MEPC. 111 (50), MEPC. 112 (50), MEPC. 115 (51), MEPC. 116 (51) y MEPC. 132 (53) con interpretaciones unificadas*. Organización Marítima Internacional.

OSPAR COMMISSION. 2010. *Assessment of the impact of shipping on the marine environment. Air pollution from ships*. Victoria House 37-63 Southampton Row London WC1B 4DA United Kingdom: Ospar Commission.

PSARAFTIS, Harilaos N. y KONTOVAS, Christos A. 2009a. CO₂ emission statistics for the world commercial fleet. *WMU Journal of Maritime affairs*, 8(1), pp. 1-25.

PSARAFTIS, Harilaos N. y KONTOVAS, Christos A. 2009b. Ship emissions: Logistics and other tradeoffs, *10th Int. Marine Design Conference (IMDC 2009)*, Trondheim, Norway 2009b, pp. 26-29.

PSARAFTIS, Harilaos N. y KONTOVAS, Christos A. 2008. Ship Emissions Study. *National Technical University of Athens, Report to Hellenic Chamber of Shipping (HCS)*, May. [Online]. <www.martrans.org/emis/emis.htm>

RAVELLA, Olga, KAROL, Jorge y AÓN, Laura. 2012. Transporte y ambiente: utopías urbanas, ciudades reales, ciudades posibles. *Transporte y Territorio*, (6), pp. 27-51.

SALGADO, José Eusebio. 2011. Aspectos convencionales de la contaminación del mar por buques. *Multidisciplina*, (2).

SKJØLSVIK, Kjell Olav, ANDERSEN, Aage Bjørn, CORBETT, James J. y SKJELVIK, John Magne. 2000. Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships (MEPC 45/8 Report to International Maritime Organization on the outcome of the IMO Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships. MARINTEK Sintef Group. *MARINTEK Sintef Group, Trondheim, Norway*.

TRAN, Trang T. and MÖLDERS, Nicole. 2011. Potential impacts of an Emission Control Area on air quality in Alaska coastal regions. *Atmospheric Environment*.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, December 2009. *Proposal of Emission Control Area Designation for Geographic Control of Emissions from Ships*. EPA-420-F-09-015 edn. Office of Transportation and Air Quality.



VI, R.M.A., 2008. Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International Convention for the Prevention of Pollution From Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto.

WANG, Haifeng. 2010. Reducing Harmful Aerosols and Resolving Global Warming: An Example of the Emission Control Area.

WUNDERLICH, Martín Roberto. 2005. Análisis de la Contaminación Atmosférica Provocada por Buques en base a las Exigencias del Anexo VI del MARPOL 73/78.



Nicoletta González-Cancelas

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Francisco Soler-Flores

Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Almería. Doctorando e investigador del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Máster en Transporte, Logística y Seguridad Vial de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Alfonso Orive

Técnico Industrial por la Universidad Politécnica de Burgos. Máster Universitario en Gestión Portuaria y Logística por la Universidad de Cádiz. Investigador del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Alberto Camarero-Orive

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Civil y Transportes. Además es Profesor del Programa de Doctorado "Ingeniería e Infraestructura de los transportes". Licenciado en Economía y en Administración y Dirección de Empresas (Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de la Universidad Carlos III de Madrid).