

CONSECUENCIAS DUN MODELO DE DESENVOLVEMENTO: A CATÁSTROFE DO PRESTIGE

TAJES GÓMEZ, Manuel
ORELLÁN, M^a Dolores

I.E.S. Madariaga
A CORUÑA

1. A ENERXÍA NOS CAMBIOS SOCIAIS.

A Revolución Industrial comeza ó tempo que se substitúe a madeira, que escaseaba, polo abundante carbón. As máquinas de vapor convertéronse, en lugar da terra, nos medios centrais de produción, e os humanos pasamos a vivir dos aforros enerxéticos do planeta, cambiando as fontes renovables por outras que non o eran.

O carbón será o combustible preponderante das sociedades industrializadas do século XIX e da primeira metade do XX, de xeito que, arredor do 1920, constituía máis do 80% do combustible consumido no mundo; esta porcentaxe baixou a un 32% en 1970 e a un 29% en 1990. Na actualidade o seu consumo é un 23,5% do total.

A diminución da importancia do carbón, durante o século XX, é paralela ó aumento da importancia do petróleo, que foi comercializado, por primeira vez, en 1850 por Samuel Kier, un boticario de Pittsburg. Pola mesma época, o químico escocés James Young procedeu ó seu refinado e a usalo en lámpadas. O xeólogo Abraham Gesner patentou o “kerosene“ para alumbrado e, en 1859, o norteamericano Edwin William Drake perforou, en Titusville (Pennsylvania), o primeiro pozo con fins comerciais, chegando a unha profundidade de 20 metros.

A partir de 1945 o petróleo comezou a substituír o carbón como fonte enerxética, representando, no 1970, unha aportación do 47% do total dos combustibles, diminuindo ata o 41% en 1990, e chegando ó 43% no ano 2000. A produción mundial de petróleo do ano 2001 foi de 3.574 millóns de toneladas, fronte ós 2.861 millóns de 1973.

Aínda que a existencia, e a utilización, do petróleo coñecese desde fai milenios, o uso, con fins medicinais, que fixeran árabes e hebreos ou os antigos poboadores de México, para impermeabilizar as súas embarcacións, pouco ten que ver co papel actual do “ouro negro”, factor estratéxico básico do modelo economicista de crecemento exponencial que, desde os países ricos, imponse a todo o planeta Terra.

A importancia do petróleo quedou claramente demostrada coa crise dos anos 70. Ata esa data, o “problema enerxético” limitábase a considerar unha posible falta de abastecemento, xa que os prezos dos combustibles permaneceran estables, ou incluso se reduciran, desde 1890. Os custos ambientais e sociopolíticos considerábanse, daquela, problemas locais ou temporais, pero nas crises do 1973-74 e do 1979 cuadruplicouse o prezo do cru no mercado, provocando unha recesión mundial e eliminando as perspectivas de desenvolvemento de moitos países.

A Guerra do Golfo, en 1990, e as súas secuelas, levaron a que, en 1998, o prezo do petróleo alcanzase os niveis máis baixos (en dólares constantes) desde 1973. A nova ameaza de guerra con Iraqe disparou, nos primeiros meses do 2003, o prezo do barril por riba dos 30\$.

Estas oscilacións dos prezos imposibilitan a planificación económica dos países pobres non produtores e aumenta a súa dependencia das nacións máis poderosas, que poden enfrontar mellor as etapas recesivas.

Os efectos ambientais da queima de combustibles fósiles son, hoxe, de sobra coñecidos e supoñen unha ameaza para a estabilidade da biosfera e, polo tanto, para a propia supervivencia da humanidade. O “problema enerxético” non só está nas fontes senón tamén nos sumidoiros, xa que, por exemplo, o queimado de combustibles fósiles pasou de producir 15.667 millóns de toneladas de CO₂, no ano 1973, a 23.444 millóns de toneladas no ano 2000.

O único xeito de evitar estes efectos é reconsiderar o papel do consumo enerxético, como impulsor fundamental, e indicador principal, do desenvolvemento, pero, no presente, o petróleo e o seu dominio marcan, dereitamente, o modo de vida da quinta parte desenvolvida da humanidade e, de xeito indirecto, o do resto.

2. PETRÓLEO, O SANGUE NEGRO DUN MODELO ECONÓMICO.

A palabra petróleo ten a súa orixe no latín, de onde proceden as dúas raíces: *petro* ou *petra* que significa pedra e *óleo* que significa aceite. Así que a tradución literal de petróleo é *aceite de pedra*.

Este aceite de pedra é unha mestura na que coexisten, en fase sólida, líquida e gas, hidrocarburos e pequenas proporcións de heterocompostos con presenza de nitróxeno, xofre, osíxeno e algúns metais como ferro, níquel, vanadio e outros.

As teorías orixinais, de Berhtelott e Mendeleiev, atribuían ó petróleo unha orixe inorgánica, a través de reaccións químicas como as seguintes.

Metais

	Alcalinos	Auga	
CaCO ₃	?	Ca ₂ C ???	HC ? HC ?????????? Petróleo

Ácidos diluídos

Fe ₂ C + MnC	?	Hidrocarburos	? Petróleo
-------------------------	---	---------------	------------

A explicación actual asocia a formación do petróleo co desenvolvemento de rochas sedimentarias, depositadas en ambientes mariños. O “ouro negro” formaríase como resultado da descomposición de vexetais e animais que, en tempos remotos, quedaron incorporados a eses depósitos. A teoría de Engler propón un mecanismo de formación en tres etapas:

- 1ª. Depósitos de organismos, de orixe vexetal e animal, acumúlanse no fondo de mares interiores. As bacterias descompoñen os carbohidratos en gases e materias solubles na auga, que escapan do depósito onde permanecen ceras, graxas e outras materias estables, solubles en aceites.
- 2ª. Os compostos con grupos carboxílicos convírtense, en condicións extremas de temperatura e presión, en CO₂ e os grupos hidroxílicos forman H₂O, deixando un residuo bituminoso que, posteriormente, sofre un craqueo lixeiro, formando olefinas.
- 3ª. Os compostos non saturados, en presenza de catalizadores naturais, polimerízanse e ciclan, para formar hidrocarburos nafténicos e parafínicos. Os hidrocarburos aromáticos xurden por reaccións de condensación ou durante a descomposición das proteínas.

A este mecanismo explicativo de degradación-recondensación tivo que engadirse outro, a partir de 1988, cando C. Largeu e os seus colaboradores, da Escola Nacional Superior de Química e da Escola Normal Superior de París, descubriron unha nova familia de macromoléculas biolóxicas, de excepcional estabilidade, presentes nas paredes externas de microalgas, como

as do xénero *Scenedesmus*, e un novo mecanismo xeral de fosilización, consistente na conservación de macromoléculas resistentes.

Esta complexa xénese xustifica que o petróleo impregne formacións de tipo areoso e calcario, sendo necesarias catro condicións para dar lugar a un depósito petrolífero:

1. Rochas con contido orgánico que se poda converter en petróleo por efecto da presión e da temperatura.
2. Unha rocha almacenadora, porosa e permeable, na que o petróleo, baixo presión, poda moverse a través dos seus poros.
3. Unha roca impermeable que evite o escape.
4. Un depósito en forma de “trampa”, de xeito que as rochas impermeables impidan os movementos laterais do fluído.

O petróleo resultante pode ter cores que van desde o amarelo ou ámbar ata o negro, pasando por toda a gamma de verdes, encontrándose sólido, semisólido ou pastoso, líquido ou gasoso. O seu poder calorífico oscila entre 8.500 e 11.350 calorías/gramo e a viscosidade (resistencia a fluír), parámetro importante na explotación e no transporte, pode variar entre 0,2 e 1000 centipoise, sendo a da auga, a 20°C, 1,002 centipoise.

Na industria, os diferentes tipos de petróleo etiquétanse en graos API, unidade establecida polo “American Petroleum Institute”. Cantos máis graos API teña un petróleo, mellor é a súa calidade. Esta escala, que expresa a densidade dos hidrocarburos líquidos, calcúlase de acordo coa seguinte fórmula:

$$\text{Graos API} = (141,5/\text{densidade relativa a } 60^\circ \text{ Fahrenheit}) - 131,5.$$

Un petróleo con menos de 18° API califícase como extrapesado; é pesado cando ten entre 18 e 21,9° API, medio entre 22 e 29,9° API, e lixeiro cando sobrepasa os 30° API. (táboa I).

TÁBOA I. CLASIFICACIÓN DE CRUS POR DENSIDADE.

TIPO DE CRU	DENSIDADE (g/cm ³)	DENSIDADE (graos API)
Extrapesado	> 1,0	10,0
Pesado	1,0-0,92	10,0-22,3
Medio	0,92-0,87	22,3-31,1
Lixeiro	0,87-0,83	31,1-39,0
Superlixeiro	< 0,83	> 39,0

Outra característica a ter en conta nos petróleos e o contido en xofre. Chámanse petróleos “doces” ós que teñen menos do 0,5% de xofre, e “agres” cando pasan do 1%. Os petróleos “lixeiros” e “doces” producen máis gasolina e causan menos contaminación, polo que son moi demandados.

Algúns datos sobre petróleos máis consumidos poden verse na táboa II.

TÁBOA II. CARACTERIZACIÓN DE CRUS.

CRU	° API	% XOFRE	METAIS (ppm)	% RESIDUO (650 °F)
ARABIA SAUDITA	32	2,2	32	46
CANADÁ	29	1,8	39	49
COLOMBIA	36	0,4	4	37
ECUADOR	26	1,0	147	55
GABÓN	34	0,1	12	56
KUWAIT	31	2,5	38	49
MÉXICO	29	2,3	197	47
NIXERIA	35	0,2	6	34
NORUEGA	34	0,4	2	37
REINO UNIDO	37	0,4	6	36
VENEZUELA	23	2,0	299	61

Dado que unha caracterización química completa non é doada de facer, acostúmase agrupar os hidrocarburos do petróleo en catro fraccións: saturados, aromáticos, resinas e asfaltenos.

A fracción de saturados comprende os hidrocarburos, lineais ou ramificados, sen ciclos aromáticos e sen dobres enlaces. Os aromáticos inclúen a tódolos hidrocarburos de baixo peso molecular que conteñen ciclos aromáticos. As resinas están formadas polos produtos aromáticos con alto peso molecular, que poden conter tamén nitróxeno, xofre e osíxeno. Os asfaltenos, pola súa parte, corresponden ós aromáticos de altísimo peso molecular que conteñen nitróxeno, osíxeno, xofre e mesmo metais. Estes compostos forman parte do residuo da destilación ó baleiro e están presentes, como coloides, nunha suspensión estable. Non corresponden a unha estrutura definida, e constitúen a parte máis pesada del petróleo. Identifícanse por ser insolubles en hidrocarburos saturados lineais (n-pentano ou n-heptano) e solubles en benceno. Por RMN comprobouse que son macromoléculas constituídas pola condensación dun número elevado de aneis bencénicos e nafténicos, sobre os que se insertan, lateralmente, cadeas hidrocarbonadas. Diversas técnicas teñen demostrado que nos asfaltenos existen grupos hidroxilos, ésteres, pirroles e indoles.

Os asfaltenos rematan, moitas veces, formando parte dos fueles utilizados para motores lentos ou en calefacción, aínda que son produtos difíciles de queimar e, polo seu contido en heteroátomos e metais pesados, unha fonte de contaminación atmosférica que provoca, como primeiro efecto, a corrosión das instalacións de queimado. Téñase en conta que ata un 80% dos metais e heteroátomos contidos no petróleo bruto atópanse nos asfaltenos, sendo os máis habituais o níquel e o vanadio, con concentracións entre 50 e 400 ppm para o primeiro e arredor de 6000 para o segundo. Para o seu aproveitamento é corrente mesturalos con produtos de destilación máis lixeiros.

Desta mestura complexa, que chamamos petróleo, depende hoxe o crecemento industrial do mundo. Pero as súas reservas son limitadas e as demandas sobre elas, exercidas polas diferentes sociedades, están a medrar de continuo. Só entre 1970 e 1990 queimáronse 450.000 millóns de barriles de petróleo, xunto con 90.000 millóns de toneladas de carbón e 1,1 billóns de metros cúbicos de gas natural.

É certo que, nese mesmo período, foron descubertos novos depósitos de petróleo, carbón e gas (e algúns dos vellos foron reavaliados), de xeito que as reservas coñecidas eleváronse tanto para o petróleo como para o gas, o que non significa que exista máis cantidade de combustibles fósiles, senon que a taxa de descubrimento excede, neses anos, á taxa de produción.

Cálculos ben fundados estiman que case a metade do cru da Terra xa se ten consumido (800.000 millóns de barriles). As reservas (é dicir, a cantidade potencial en depósitos coñecidos) cífranse en 850.000 millóns de barriles e os futuros descubrimentos non superarán os 150.000 millóns de barriles (un barril equival a 42 galóns, sendo cada galón 3,785 litros). Convén sinalar que as reservas declaradas por cada país fluctúan por causas políticas e intereses económicos, aínda que a tendencia xeral é aumentar os valores reais. Outras estimacións, máis optimistas, e peor baseadas, dan valores de $1019 \cdot 10^9$ (Oil and Gas Journal) ou $1160 \cdot 10^9$ barriles (World Oil).

A situación das reservas non cambiará por moitas inversións que se destinen á busca. Só hai unha cantidade finita de cru e tense descuberto xa o 90 % dela. Non é probable que aparezan novas reservas masivas, xa que a exploración tense extendido ata o límite das fronteiras imaxinables, quedando só por corroborar as fosas mariñas e as rexións polares, pero as súas posibilidades xa se coñecen. Así que, máis tarde ou máis cedo, chegará o cesamento da produción.

Para predicir ese momento utilízase a técnica de M. King Hubbert, aparecida no 1956. Basease no feito de que a extracción dun recurso limitado, en calquera rexión extensa, debuxa unha curva acampanada, que chega ó cumio

cando se ten retirado arredor do 50 % do material. Unha análise, por esta técnica, feita no 1998, calculaba que polo 2002 o mundo dependería totalmente dos países de Oriente Medio para saciar a súa crecente demanda. Non son, polo tanto, sorprendentes as tensións que agora vive esa parte do mundo.

En tódalas prediccións o máximo da produción mundial de cru alcanzárase durante o primeiro decenio do século XXI, chegando, no mellor dos casos, ó 2020. Nin os refinamentos da técnica (que teñen aumentado o factor de recuperación desde o 30%, na década de 1960, ata 40 ou 50% do depósito, na actualidade) nin os substitutos do cru (como lodos de perforación, bancos de breia ou esquistos bituminosos) poden axudar moito para aumentar a duración das reservas.

Non debe esquecerse que a demanda global de petróleo medra máis dun 2 % ó ano. Desde 1985 o consumo enerxético tense incrementado arredor dun 30 % en Iberoamérica, un 40 % en África e un 50 % en Asia. A demanda mundial medrará un 60 % para o 2020 (uns 40.000 millóns de barriles de petróleo anuais). Neste ano 2003 o consumo de petróleo chegará ós 78,01 millóns de barriles diarios, 1,2 millóns máis que no ano pasado.

O tránsito do crecemento ó declive na produción provocará tensións económicas, políticas e ecolóxicas que, pola súa intensidade, tenderán a resolverse violentamente. Salvo que as opcións alternativas ó cru se executen xa, a cota de mercado dos estados membros da OPEP do Oriente Medio, ou das potencias que os teñan dominados, subirá en picado. O mundo será testemuña dun incremento radical nos prezos do petróleo, antes de que a crise económica se convirta nunha crise por carencia física real..

A industria petroleira, alicerce do actual sistema económico e tecnolóxico, comeza as súas actividades coa exploración (conxunto de tarefas de campo e oficina para descubrir novos depósitos de hidrocarburos ou novas extensións dos existentes). En 1920 apareceron os métodos xeofísicos de exploración, que son responsables do descubrimento do 80% das reservas coñecidas. A exploración implica traballos de recoñecemento e de detalle, estudos para a localización de pozos exploratorios e a análise dos resultados obtidos.

Baseándose nos descubrimentos da fase de exploración, seguen as actividades de explotación, que desenvolven os campos petrolíferos. Aprobada a localización dun pozo, constrúense os camiños de acceso, transpórtanse os materiais e os equipos e iníciase a perforación e a extracción.

Ningún destes traballos asigna custos ambientais nos balances.

A seguinte etapa é o refinado; unha serie de procesos físicos e químicos ós que se somete o petróleo cru para obter diversos hidrocarburos, ou familias deles, con propiedades físicas e químicas ben definidas.

A destilación é o proceso fundamental do refinado, separando os hidrocarburos polos seus diferentes puntos de ebulición. A primeira etapa que aparece nunha refinería é a destilación atmosférica, onde se separan distintas fracciones que, despois de procesamentos adicionais, darán orixe ós GLPs (gases licuados de petróleo, como butano e propano), gasolinas (compostos de 5 ata 10 carbonos), combustibles de aviación, diesel, aceites pesados e elementos residuais.

Estes elementos residuais sométense a unha destilación de alto baleiro, que separa os compoñentes menos volátiles, resultando unha serie de lubricantes e un novo residuo que se desintegra cataliticamente para converterse en produtos lixeiros como gases licuados, gasolinas de alto octanaxe e diesel.

Os derivados obtidos aínda sofren outros procesos de conversión para obter produtos máis valiosos, que son tratados, a súa vez, con ácidos, álcalis e disolventes, por hidroxenación catalítica e con outras reaccións químicas, para eliminar as substancias que poden impedir o seu emprego comercial.

As características do cru a tratar, así como a cantidade e calidade de produtos que se desean obter, determinan os procesos a incluír nas refinerías, entre os que están:

1. Hidrotratamento: ó que se someten a meirande parte dos produtos obtidos na destilación primaria, para eliminar xofre e nitróxeno.
2. Reformación catalítica, síntese de éteres, alquilación e isomerización incorpóranse para a xeración de gasolinas que cumpran as especificacións establecidas.
3. Os gasóleos de baleiro sométense a desintegración catalítica fluída para xerar maior cantidade de destilados lixeiros, principalmente gasolina.
4. O residuo de baleiro pode someterse, tamén, a hidrodeseintegración ou a coquización para aumentar o rendemento de destilados.

A capacidade de refino actual pode verse nas táboas III e IV.

Convén ter en conta que a distribución hidrocarbonada final dun petróleo depende da orixe do cru e do proceso de refino.

TÁBOA III. CAPACIDADE DE REFINO POR COMPAÑÍAS.

COMPANÍA	CAPACIDADE DE REFINO (Millóns de barriles diarios)
EXXON MOBIL	5,763
ROYAL DUCHT/SHELL	4,230
PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A.	3,095
BP AMOCO	2,793
SINOPE C	2,507
SAUDI ARAMCO	1,922
CHINA NPC	1,763
PETROBAS	1,760
PEMEX	1,662

TÁBOA IV. CAPACIDADE DE REFINO POR REXIÓNS.

REXIÓN	CAPACIDADE REFINO (BARRILES DIARIOSx10 ⁶)	NÚMERO DE REFINERÍAS
NORTE AMÉRICA	20,0	182
AMÉRICA DO SUR/CARIBE	6,4	72
EUROPA/RUSIA/ REPÚBLICAS EX-SOVIÉTICAS	26,5	208
ORIENTE MEDIO	6,0	45
ÁFRICA	3,0	46
ASIA/PACÍFICO	19,6	203
TOTAL	81,5	756

A diferente situación xeográfica dos pozos, as refinerías e os puntos de consumo, fai necesaria unha enorme etapa de transporte, con oleodutos xigantescos, centos de miles de camións, en todo o mundo, e, sobre todo, máis de 7000 petroleiros: Estes últimos transportan, por exemplo, o 90% do comercio de petróleo da U.E., e son unha parte importante dos 600 mercantes que, cada día, pasan polo corredor marítimo de Fisterra, a 25 millas da costa galega. Ademais, a refinería de A Coruña é un destino habitual destes buques.

Non é casualidade, polo tanto, o grande número de accidentes marítimos que teñen afectado a Galicia. Polycommander, Andros Patria o Erkowit son algúns dos nomes que, xunto co Urquiola, o Cason, o Mar Exeo e, agora, o Prestige, forman parte da accidentada historia das costas galegas.

As mareas negras teñen afectado a case tódalas costas do mundo, pero Galicia ostenta unha marca absoluta (na táboa V aparecen remarcadas, entre as principais do mundo, as “mareas negras galegas”).

TÁBOA V . PRINCIPAIS MAREAS NEGRAS.

DATA	NOME DO BARCO	LUGAR	TM VERTIDAS
6/12/1960	SINCLAIR PETROLORE	BRASIL	66.500
07/12/1960	ASSIMI	GOLFO DE OMÁN	59.800
22/05/1965	HEIMVARD	JAPÓN	55.600
18/03/1967	TORREY CANYON	CORNWALL	121.200
29/02/1968	MANDOIL	WARRENWTON (USA)	47.700
13/06/1968	WORLD GLORY	SUDÁFRICA	53.700
11/02/1969	JULIUS SCHINDLER	AZORES	107.500
20/03/1970	OTHELO	TRALHAVET BAY	68.200
05/05/1970	POLYCOMMANDER	ILLAS CÍES	16.000
01/06/1970	ENNERDALE	SEYCHELLES	52.200
27/02/1971	WAFRA	OCEANO ATLÁNTICO	76.500
29/03/1971	TEXACO OKLAHOMA	C. HATTERAS (U.S.A.)	33.000
07/12/1971	TEXANO DENMARK	MAR DO NORTE	120.000
11/06/1972	TRADER	GRECIA	41.600
21/08/1972	TAXANITA-OSWEGO GUARDIAN.	SUDÁFRICA	100.000
19/12/1972	SEE STAR	GOLFO DE OMÁN	110.000
10/06/1973	NAPIER	CHILE	42.700
09/08/1974	METULA	E. DE MAGALLANES	53.500
18/12/1974	MIZUSHIMA (Refinería)	XAPÓN	43.900
13/01/1975	BRITISH AMBASSAD	XAPÓN	53.700
13/05/1975	EPIC COLOCOTRONIS	CARIBE. PORTO RICO	68.100
07/06/1975	SHOWA MARU	E. DE MALACA	237.000
24/06/1975	JAKOB MAERSK	PORTUGAL	92.000
24/01/1976	OLIMPYC BRAVERY	QUESSANT (FRANCIA)	1.200
12/05/1976	URQUIOLA	A CORUÑA	101.000
23/02/1977	HAWAIIAN PATRIOT	ISLAS KAUI (HAWAI)	119.000
16/03/1978	AMOCO CÁDIZ	C. DA MANCHA	228.000
25/05/1978	OLEODUCTO 126	IRÁN	100.000
12/06/1978	TANQUE ALMACENA.	SENDAI (XAPÓN)	67.000
19/10/1978	OLEODUCTO	MARDIN (TURQUÍA)	40.500
07/12/1978	TADOTSU	E. MALACA	50.000
11/12/1978	DEPÓSITO ALMACEN.	SALISBURY	76.000
14/12/1978	TANQUE ALMACEN.	PUERTO RICO	39.700
31/12/1978	ANDROS PATRIA	C. ORTEGAL	55.400
03/06/1979	IXTOC I (POZO)	MÉXICO	530.000
06/07/1979	TANQUE Nº 6	FORCADOS (NIXERIA)	91.000
19/07/1979	ATLANTIC EMPRESS	TRINIDADE-TOBAGO	157.000
02/08/1979	PATIANNA	EMIRATOS ÁRABES	42.400
01/11/1979	BURMAH AGATE	GALVESTON (TEXAS)	40.500
15/11/1979	INDEPENDENZA	E. DE BÓSFORO	109.000
23/02/1980	IRENES SERENADE	GRECIA	139.000
01/08/1980	POZO D-103	LIBIA	159.000

TÁBOA V. PRINCIPAIS MAREAS NEGRAS. (CONT.)

DATA	NOME DO BARCO	LUGAR	TM VERTIDAS
29/12/1980	JUAN A. LAVALLEJA	ARGELIA	41.600
20/08/1981	TANQUE ALMACEN.	KUWAIT	118.000
04/02/1983	NOWRUZ 3 (plataforma)	GOLFO PÉRSICO	302.000
06/08/1983	CASTILLO DE BELLVER	SUDÁFRICA	250.000
25/06/1994	CASTILLO DE BELLVER (2º vertido por corrosión)	SUDÁFRICA	100
09/12/1983	PERICLES GC	G. PÉRSICO (QATAR)	53.000
06/12/1985	NOVA	G. PÉRSICO (IRÁN)	81.000
22/04/1988	ATHENIAN VENTURE	CANADÁ (ATLÁNTICO)	40.100
22/04/1988	-----	CAMPECHE (MÉXICO)	40.100
10/11/1988	ODYSSEY	CANADÁ (ATLÁNTICO)	163.000
24/03/1989	EXXON VALDÉZ	ALASKA	41.600
19/12/1989	KHARG 5	MARRUECOS	70.000
08/06/1990	MEGA BORG	GALVESTON	20500000 1
26/01/1991	GUERRA DO GOLFO	KUWAIT	908.000
26/01/1991	FERGANA VALLEY (pozo petrolífero)	UZBEKISTÁN	303.000
11/04/1991	HAVEN	XÉNOVA	159.000
28/05/1991	ABT SUMMER	ANGOLA	57.000
26/04/1992	KATINA P	SUDÁFRICA	57.000
03/12/1992	AEGEAN SEA	A CORUÑA	83.000
05/06/1993	BRAER	ESCOCIA	94.000
18/08/1993	COLISIÓN SUBMARINO NUCLEAR	G. FOS-SUR-MER	2.800
21/10/1994	THANASSIS A.	HONG KONG	41.200
25/10/1994	OLEODUCTO USINK	RUSIA	116.000
09/11/1994	YOYO MARU 10	JAPÓN	59.800
15/02/1996	SEA EMPRESS	MILL BAY (U.K.)	80.000
12/12/1999	ERIKA	BRETAÑA	10.000
29/12/1999	PETROLERO RUSO	ESTAMBUL	4.000
16/01/2001	JESSICA	ISLAS GALÁPAGOS	600
29/03/2001	COLISIÓN CARGUEIRO	DINAMARCA	1.900
19/12/2002	PRESTIGE	GALICIA	> 40000

Un dos primeiros sinistros, en augas galegas, nos que estiveron implicados petroleiros, tivo lugar no 1964. O Bonifaz, tras descargar a súa mercancía na refinería coruñesa, navegaba con destino Cartagena, cando foi abordado, cerca de Fisterra, polo petroleiro belga Fabiola. Aínda que non se verteron cantidades importantes de petróleo, o choque provocou 25 mortos.

Outras catástrofes galegas son máis coñecidas. Así, o 5 de maio de 1970, o petroleiro grego Polycommander embarranca e arde na boca da ría de Vigo, fronte ás Cíes. Morren 23 tripulantes e derrámanse máis de 15.000 toneladas de petróleo. En maio de 1976, o Urquiola, sofre un accidente e incéndiase ó entrar no porto coruñés. As 101.000 toneladas de petróleo vertidas estenden a marea negra polas rías do Burgo, Ares e Ferrol. Dous anos despois, o día de

fin de ano de 1978, o navío grego Andros Patria sofre outro incendio, nas inmediacións do cabo Ortegal, cando navega con destino Rotterdam; morren 34 dos 37 tripulantes e unha nova marea negra, formada por unhas 50.400 toneladas (das 200.000 transportadas), afecta as costas galegas e asturianas.

O Nadal de 1992 será, outra vez, tinguido de mouro. O Mar Exeo encalla e arde fronte a Torre de Hércules, formando unha mesta nube tóxica que os ventos arredaron. O cru que non ardeu, provoca unha marea negra que afecta a máis de 100 km de costa. O último elo desta longa cadea, ata agora, é o afundimento do Prestige.

Convén sinalar dúas cousas:

1. Os accidentes marítimos, que teñen afectado as costas galegas, con consecuencias ecolóxicas graves non proceden só de petroleiros. Lémbrense os casos do Erkowit (outubro de 1970) que, tras chocar co mercante alemán Durtmond, embarrancou na praia de Bastiagueiro cargado con 2000 bidóns de pesticidas, ou o do Cason (decembro de 1987), en Fisterra, contendo productos químicos corrosivos.
2. Os vertidos de petróleo ó mar por accidentes só representan o 20% do total. O resto procede de accións cotiáns de mantemento e explotación.

3. O CASO “PRESTIGE”, ¿OUTRO ACCIDENTE?.

O mércores 13 de novembro do 2002, as 15.15 horas, o petroleiro Prestige lanza un S.O.S. A 50 km de Fisterra avisa de que un golpe mar ten aberto unha vía de auga en dous tanques baleiros de estribor, forzando unha escora duns 25°. O barco, construído, en 1976, nos asteleiros Hitachi de Xapón ten 243 metros de eslora, 38,5 de manga e 18,7 de calado. Propiedade da compañía Mare Shipping Inc., rexistrada en Liberia, navega baixo bandeira de Bahamas. A carga declarada son 77.000 toneladas de fuel M-100, segundo a denominación rusa, valoradas nuns 60 millóns de euros.

A greta do barco ten, nesas intres, uns 15 metros de largo. Una hora despois do aviso, os 24 tripulantes son evacuados. As cinco da tarde o petroleiro comeza a verter fuel polas tapas de “butter”(aberturas en cuberta con tapa removible para ventilación e lavado) dos tanques de carga 2 centro e 4 estribor que, polo demais, permanecen intactos. Para corraxir a escora e evitar máis vertidos, o capitán enche de auga os tanques de lastre de babor, nivelando ata os 5°, pero a estrutura sofre unha forte sobrecarga. Ventos de máis de 70 km/h e ondas de sete metros golpean o barco, que ten os seus motores parados. As 18 horas e 30 minutos, o Ministerio español de Fomento emite o

primeiro comunicado sobre o barco e, as 20 horas, a compañía holandesa Smit firma co armador o acordo de rescate.

O xoves 14, ó amencer, o barco está a unhas 4 millas de Muxía. A unha da tarde, os remolcadores Ría de Vigo e Sertosa 32 amarran o Prestige e hora e media despois acéndense os motores do barco.

Venres 15, o petroleiro tense afastado ata as 62 millas en dirección Noroeste. A fenda é xa de 40 metros. Ó mediodía apáganse os motores para evitar que siga medrando. O buque permanece doce horas sen avanzar e o capitán é detido, acusado de desobediencia e delito ecolóxico.

O sábado 16 a marea negra toca terra e contamina 190 km de costa. O barco navega cara o sur, cos motores apagados, a un nudo de velocidade.

Domingo 17, o Prestige está fronte a Corrubedo, a unhas 60 millas da costa. O remolcador chino De Da, de 21.500 cabalos (máis dos que suman xuntos os catro remolcadores españois, que tiñan intervido na operación) sae de Vigo para xirar o petroleiro e evitar que as ondas sigan batendo o costado danado.

O luns 18, tras un errático rumbo suroeste, o barco atópase á altura de Marín. Antes de entrar na Zona Económica Exclusiva de Portugal é obrigado a virar novamente cara o Norte. A chapa de cuberta xa non existe.

As 8.50 horas do martes 19, o Prestige pártese en dous, a uns 260 km das Ilas Cíes, tras percorrer 437 km. A popa afúndese as 12 do mediodía e a proa ás 16 horas. Os restos somérxense durante 20 horas, ata tocar fondo nos estribos meridionais do Banco de Galicia, na vertente dun canón submarino de dirección Sur a Suroeste. A popa descansa na zona máis pendente (30%), a 3830 m de profundidade. A proa, afundida a 3545 m, encóntrase nunha zona máis chan. O lugar alberga unha elevada biodiversidade mariña aínda sen investigar. Das especies coñecidas destacan once tipos diferentes de tiburóns e noventa de peixes, ademais de esponxas e estrelas mariñas.

Na xornada seguinte ó afundimento, 295 quilómetros da costa galega están xa contaminados e o chapapote mancha 90 praias.

Ós poucos días, o submarino francés Nautille revelará que os restos presentan 23 gretas por onde sae fuel.

Vista a secuencia anterior, é evidente que, neste caso, non se pode falar de “accidente”. Como moito, este faría referencia á apertura da vía de auga, pero a serie de acontecementos que levan ata o afundimento final non ten o carácter de eventualidade, esixido pola definición de accidente, senon que é o resultado previsible dunha cadea de decisións, que nunca tiveron en conta os efectos ambientais que puideran producirse.

Os efectos a considerar derivan, en primeiro lugar, das características da carga transportada polo Prestige. Esta carga, coñecida como “fuel residual” ou “fuel pesado”, é un dos derivados do petróleo de maior peso específico e máis dañinos para os ecosistemas. Utilízase para a combustión industrial (centrais térmicas, fornos, cimenteiras) e para o fornecemento de barcos con motores diesel lentos, de gran potencia.

Os fueles pesados resultan, como xa se comentou, de mesturar os últimos residuos da destilación de petróleos crus, con substancias de destilación máis lixeiras (“cutter stock”), facilitando o manexo e posibilitando o aproveitamento.

En Francia, segundo as normas AFNOR NF M 15-010 ata NF M 15-013, existen catro categorías de fuel pesado: fuel oil nº1 ou fuel oil doméstico; fuel oil nº2 (contido máximo en xofre: 4%) ou fuel de bodega; fuel oil nº2 BTS, baixo contido de xofre (contido máximo do 2%) e fuel oil nº2 TBS, moi baixo contido de xofre (máximo do 1%). O fuel transportado polo Prestige, M-100 segundo a clasificación rusa, cun 2,58% de xofre, é, para Francia, un “fuel pesado nº2” e un “fuel oil nº6” para os ingleses.

Trátase dun produto moi viscoso e pouco soluble, de cheiro característico. Cun alto contido de metais pesados e xofre, o fuel residual dificulta as tarefas de limpeza pola súa viscosidade e adherencia; dificultade que se incrementa co tempo. A degradación no medio ambiente é lenta e, aínda que a toxicidade aguda a curto prazo é menor que en outros tipos de fuel, a alta presenza de materiais pesados fai que solos, augas e sedimentos contaminados presenten un risco de toxicidade moito maior a longo prazo.

O fuel non se evapora facilmente, debido a que contén compoñentes pouco volátiles e o seu punto de ebulición é moi alto. Debido a estas propiedades, a dispersión, oxidación e biodegradación son moi pequenas. Aínda por riba, tende a emulsionarse, aumentando o seu volume de dúas a catro veces; chega, así, a unha densidade próxima á da auga do mar, o que fai que se submerxa, podendo desprazarse entre augas ou depositarse nos fondos mariños.

Analizado, en primeiro lugar, polo Cedre francés, (utilizando dúas mostras, das que a primeira foi proporcionada polas autoridades españolas, tomada directamente do cargamento do Prestige, mentres que a segunda foi tomada polo Ailette, no mar, o 18 de novembro), o fuel do Prestige resultou ter a seguinte composición elemental: 85,4 % de C, 10,5 % de H, 2,6 % de S, 0,24 % de N e distintas proporcións de metais como Al, Fe, V, Zn e Ni (táboa VI).

TÁBOA VI. COMPOSICIÓN QUÍMICA DO FUEL DO PRESTIGE.

ELEMENTO	MOSTRA DO PRESTIGE	MOSTRA AILETTE
C	85,43 %	87,15%
H	10,51%	9,67%
S	2,63%	1,38%
N	0,24 %	0,05%
Ni (lg/g)	55 ! 1	28 ! 3
V (lg/g)	170 ! 5	77 ! 3
Cd (lg/g)	< 0,1	--
Pb (lg/g)	< 0,5	--
Cr (lg/g)	0,31	0,16
Co (lg/g)	< 0,1	--

FONTE: Cedre

Medíronse, tamén, as seguintes características físicas:

Densidade relativa a 15°C: 0,993 - 0.995.

Viscosidade a 50°C: 615 cSt.

Viscosidade a 15°C: 30000 cSt.

Temperatura de fluxo: + 6°C.

A pesar de ser moi viscoso, é capaz de fluír baixo presión aínda a temperaturas de poucos graos. Menos compacto que o fuel vertido polo Erika, será máis contaminante ó extenderse con maior facilidade.

Cando envellece no mar, mesturase cunha porcentaxe de auga que chega ó 45 %, o que indica a formación dunha emulsión. Esta ten unha viscosidade de 100000 cSt a 15°C e unha densidade relativa de 1,01, manténdose compacta na superficie da auga, aínda que, co mar axitado, pode situarse baixo a superficie.

O Ifremer de Brest ten realizado ensaios sobre a flotabilidade do fuel, en función da profundidade de inmersión, resultando que aquel segue presentando unha densidade relativa menor que a da auga nas condicións do afundimento (densidade do fuel a 3°C e 350 bares = 1,012; densidade da auga do mar nas mesmas condicións = 1,045).

As análises, por cromatografía de gases con detector de masa, do CSIC amosaron, pola repartición de alcanos, que o produto é unha mestura de dous tipos distintos de substancias de refinado, o que resulta nunha distribución bimodal:

- Unha fracción C9-C16, similar a un gas-oil, rica en hidrocarburos aromáticos (desde alquilbencenos a tetrametilnaftalenos).
- Un residuo de destilación medio-pesado C17-C40, centrado en C33.

A división nas catro familias químicas, con que se caracterizan os petróleos (hidrocarburos saturados; aromáticos; resinas e asfaltenos) dou os resultados que se indican na táboa VII, segundo as diferentes fontes. Na táboa VIII dase unha análise comparativa con outros fueles similares, vertidos en anteriores accidentes. Debe sinalarse que os resultados dos fraccionamentos dependen dos potrocolos de operación. Con estas características, a biodegradabilidade do fuel será, probablemente, moi baixa, e as técnicas de biorremediación pouco eficientes.

TÁBOA VII. COMPOSICIÓN HIDROCARBONADA DAS MOSTRAS DE FUEL DO PRESTIGE.

FONTE	MOSTRA	HIDROCARBUROS	HIDROCARBUROS	RESINAS	ASFALTENOS
		SATURADOS (%)	AROMÁTICOS (%)	(%)	(%)
1	FUEL INICIAL	26,6	52,8	8,4	12,2
1	EMULSIÓN	24,6	50,25	9,9	14,2
2	FUEL INICIAL	23	54	12,5	10,3
2	EMULSIÓN	21	54		27,7
3	FUEL INICIAL	21,6	50,7		34,7

1. *Museum National D'Historie Naturelle (París)*. 2. *CEDRE (Brest)*. 3. *CID CSIC (Barcelona)*.

TÁBOA VIII. COMPOSICIÓN HIDROCARBONADA COMPARATIVA DE FUELES.

BARCO	HIDROCARBUROS SATURADOS (%)	HIDROCARBUROS AROMÁTICOS (%)	RESINAS (%)	ASFALTENO S (%)
PRESTIGE (Fuel envejecido)	22,9	52,7	12,0	12,4
ERIKA	22,2	55,6	15,6	6,6
BALTIC CARRIER	40,9	37,9	11,5	9,7

Unha das familias de compostos máis preocupante é a dos hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), aínda que, para avaliar a toxicidad potencial do fuel, e mellor usar o dato do contido total de aromáticos e non só o contido en PAH.

O CSIC indicou a detección de PAH, de orixen pirolítico, no vertido do Prestige. Entre eses PAH están presentes, por exemplo, benzo(a)pireno, benzo(a) e dibenzobenzo(a, h)antracenos, fluorantenos, etc., compostos potencialmente carcinoxénicos e mutaxénicos.

Pola contra, en nota do Gabinete de Comunicación da Xunta de Galicia, do 29 de novembro de 2002, comunicábase que, nunha mostra do vertido, recollida no Pozo de Aguillón (Corme) o 16 de novembro, non se encontrou, formando parte dos PAH, benzopireno, achacando o achadego dese composto, polo CSIC e o CEDRE francés, ó quecemento do fuel no proceso de recollida polos barcos. Esta afirmación non ten en conta que o fuel, ademais de no

proceso de refinado, quéntase tamén nos tanques, durante a viaxe e para facilitar a súa carga e descarga, polo que os efectos da succión polos barcos de limpeza deben resultar mínimos. Outros laboratorios atoparon non só benzo(a)pireno, senon tamén antraceno, fluranteno, benzo(a) e dibenzo(a,h)antraceno, entre outros, desmentindo as afirmacións da xunta. Os PAH atopados, en distintas análises, poden verse na táboa IX.

TÁBOA IX. HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS NO FUEL DO PRESTIGE.

COMPOSTO	FONTE		
	CEDRE (mg/kg)	XUNTA DE GALICIA (mg/kg)	ADEGA (mg/kg)
Acenafteno	81	12,98	NA
Acenaftileno	19	2,73	NA
Antraceno	43	ND	95,72
Benzo(a)antraceno**	49	ND	40,95
Dibenzo(a,h)antraceno**	8	ND	7,80
Benzo(a)fluoranteno	NA	NA	48,69
Benzo(b)fluoranteno**	20	ND	NA
Benzo(k)fluoranteno**		ND	>0,003
Benzo(a)pireno**	35	ND	30,78
Benzo(g,h,i)perileno*	21	ND	53,76
Criseno**	90	ND	NA
Fenantreno	245	103,07	29,96
Fluoreno	102	18,10	NA
Fluoranteno**	17	ND	37,86
Indenopireno**	6	ND	NA
Naftaleno	282	15,25	NA
Pireno	85	30,6	7,18
Outros	NA	NA	67,64

CLAVES: NA: Non analizado; ND: Non detectado; * Composto canceríxeno; ** Composto canceríxeno e mutaxénico.

Cando se trata de valorar os efectos do vertido hai que ter en conta que, tres meses despois do afundimento, o chapapote segue inundando a costa en cantidades e calidades pouco compatibles coa información oficial que estima o fuel que flue do pecio nun par de toneladas diárias; o resto sería material xa depositado nas rochas, que o mar arrinca e trae, despois, ás praias.

Ata agora, o derrame de fuel ten contaminado máis de 900 dós 1.121 quilómetros de costa galega, estimándose que, economicamente, eliminará o 10% do Producto Interior Bruto de Galicia.

A parte do vertido que non chegou ás praias galegas foi transportada, pola corrente de Nadal que circula cara o norte sobre a marxe continental do Atlántico europeo, a unha velocidade entre 5 e 15 km/día, afectando a toda a cornixa cantábrica e ás costas atlánticas francesas. A 1.300 quilómetros do

pecio, os parques de ostras galos tiveron que pechar o día de Reis.

A significación ambiental do vertido do Prestige amplifícase polo feito de Galicia, como as costas orientais de tódolos océanos do mundo, é un lugar que goza dunha fertilización extra polos afloramentos estacionais. As rías galegas, cun promedio de 260 gramos de carbono por centímetro cadrado e ano de produción primaria, duplican o producido nunha sabana. Por outra parte, ó ser Galicia unha encrucillada de fauna boreal e lusitánica, presenta unha elevada biodiversidade. Unha produción primaria alta, renovación constante da auga e riqueza de especies constituen un patrimonio singular e son a orixe dunha longa tradición na explotación e manexo dos recursos mariños.

Para poder establecer un escenario de futuro, cóntase con experiencias anteriores de vertidos de produtos petrolíferos pesados no mar, unha lista que é, cada vez, máis grande. A táboa X recolle algúns dos derrames máis importantes.

TÁBOA X. VERTIDOS ACCIDENTAIS DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS PESADOS.

ANO	NOME DO BARCO	TM. VERTIDAS	LUGAR DO ACCIDENTE
1969	HAMILTON TRADER	640	BAHÍA DE LIVERPOOL
1970	ARROW	12000	NOVA ESCOCIA
1972	TAMANO	400	MAINE
1.976	BOHLEN	6.500	MAR DE IROISE. ILLA DE SEIN.
1.976	ARGO MERCHANT	5.700	NANTUCKET
1.980	TANIO	6.500	ILLA DE BATZ
1984	MOBIL OIL	640	RIO COLUMBIA.
1.988	NESTUCCA	11	WASHINGTON
1.997	KATJA	17	LE HAVRE
1.997	NAKHODKA	6.200	XAPÓN
1.999	ERIKA	20.000	GOLFO DE GASCUÑA
2.001	BALTIC CARRIER	2.700	DINAMARCA

Segundo Alain Baert, do Centro antiveleno de Rennes, as propiedades máis importantes que inflúen no comportamento dun vertido petrolífero no mar son: a súa volatilidade, a solubilidade, a tendencia a emulsionar e a capacidade para degradarse. Por exemplo, a evaporación depende da constante de Henry. No caso dos PAH con baixo peso molecular a constante de Henry oscila entre 10^{-3} e 10^{-5} atm.m³/mol, valores que se asocian a unha volatilidade significativa. Os PAH de peso molecular medio teñen valores entre 10^{-5} e 10^{-8} . A volatilización de cada PAH dependerá da súa presión de vapor, da temperatura atmosférica, da súa concentración, da afinidade polas partículas atmosféricas en suspensión e da natureza desas partículas. En xeral, os PAH de dous ou tres ciclos (naftaleno, acenaftaleno, acenaftileno, antraceno, fluoreno, fenantreno) están presentes no ar en forma de vapor. Os de catro

ciclos (fluoranteno, pireno, criseno, benz(a)antraceno) existen en forma de vapor e adsorbidos na fase de partícula. Os de cinco ou máis ciclos (benzo(a)pireno, benzo(g, h, i)perileno) están presentes, maioritariamente, na fase de partícula.

Para calibrar a persistencia do fuel, podemos tomar os datos que o equipo de Christopher M. Reddy, da Institución Oceanográfica de Woods Hole, obtivo sobre o desastre do buque Florida, ocorrido en 1969, nas costas de Massachusetts. Reddy extraeu, no ano 2000, unha testemuña, de 36 centímetros de profundidade, dos sedimentos de West Falmouth, na que aínda persistía a contaminación por petróleo despois de máis de trinta anos.

O fuel do Prestige afectará á Biosfera, pero os seus efectos notaránse tamén a nivel socioeconómico. No nivel biosférico pódense considerar as interaccións físicas, químicas e biolóxicas, que se exercerán, de xeito diferente, segundo se mida a curto ou a longo prazo. Tamén poder estudiarse eses efectos considerando a presenza de contaminantes en compartimentos, como agua, biota e sedimentos, e examinado os fluxos entre eles.

Así, na columna de agua, o plancto ten sido afectado, en primeiro lugar, por un efecto físico de adherencia. A absorción nas masas de fuel de ovos e larvas de moitos organismos aumentará a mortalidade. O subsecuente fallo no reclutamento, afectará, directa e negativamente, á biomasa das poboacións.

Para poder comprobar se existe unha diminución da abundancia de ovos e larvas, ademais de ter que realizar mostraxes, despois de que deixe de chegar cru ás costas, deberíase contar con datos históricos de referencia, dos que, en moitos casos, se carece.

Outro efecto físico a ter en conta e a diminución do intercambio gasoso entre o mar e a atmosfera. A mingua do osíxeno disolto supón unha rebaixa da produtividade biolóxica.

Moitos organismos veránse intoxicados ó inxerir cantidades importantes de fuel, ou pola exposición a través da pel, morrendo nos días seguintes á súa exposición. Sen embargo, os efectos mutaxénicos e canceríxenos, e a toxicidade crónica, só se amosará a medio e longo prazo, xogando un importante papel a acumulación de compostos nocivos na cadea trófica. Efectos menos directos maniféstanse, sobre as fases temperás do desenvolvemento, con certo retraso nos subadultos e adultos.

Na interfase aire-auga o fuel afectou, e segue afectando, gravemente ás aves mariñas. A vulnerabilidade destas fronte a un vertido de petróleo, ou dos seus derivados, ven condicionada polo tempo que pasan voando, nadando ou mergullando. O fuel destrúe a impermeabilización das plumas; o paxaro queda sen protección contra a auga e o frío, morrendo por hipotermia. Por outra

banda, as plumas molladas impídenlles voar e reducen a súa flotabilidade. Ó tratar de limpase a plumaxe inxiren petróleo o que, tamén, resulta mortal.

A catástrofe do Prestige sorprendeu a miles de aves, gorecidas do mal tempo, nos areais da Costa da Morte. A Federación Ecoloxista Galega estima que o 40% desas aves, pertencentes a 38 especies protexidas, morrerán pola contaminación, que tamén afectará ó 30% dos criadeiros de fitoplacto, peixe e marisco. O dato máis fiable para estimar o que está pasando, e o que pode pasar, coas aves é o do petroleiro Erika, que verteu, no 1999, 20.000 toneladas de fuel pesado nº 2 no Golfo de Gascuña, unha das zonas de nidificación de aves mariñas máis importantes de Europa. Daquela considerouse que morreran uns 300.000 exemplares, dos que só se encontraron 44.000. Non é difícil extrapolar eses números. Ó efecto cuantitativo hai que engadir o cualitativo: o Prestige podería rematar coas últimas poboacións da subespecie ibérica do arao común, do que só quedaban cinco parellas nas illas Sisargas e outras dúas no Cabo Vilán.

Entre os mamíferos mariños, o delfín mular e a marsopa teñen experimentado un forte impacto. Tamén as tartarugas bobas, que sendo xuveniles alcanzan as costas galegas, teñen sufrido os efectos do fuel.

As especies sésiles ou de limitada capacidade de desprazamento, como percebes e mexillóns, foron dezgradadas nas zonas de impacto. Navallas, ameixas, vieiras e berberechos tamén foron afectadas, xunto a outras especies de interese económico (polbo, choco, ourizos, congros, nécoras, centolas,...). Algas, cnidarios, anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos e peixes que, sen ter valor comercial, son fundamentais para o equilibrio das redes tróficas, morreron ou viron profundamente lesionado o seu hábitat.

Respecto a saúde humana, os rexistros do SERGAS indican que se produciron afeccións debidas a toxicidade xeral por exposición a compoñentes do fuel. A maioría dos síntomas tratados (irritación farínxea, dor de cabeza, dificultade respiratoria, náuseas e vómitos, deterioro do nivel de conciencia e trastornos de sono) débense á inhalación de substancias orgánicas volátiles, polo persoal de limpeza, como consecuencia do uso de mascarías carentes de filtros axeitados.

Os riscos inmediatos para a saúde das persoas expostas ó vertido derívanse do contacto coa pel ou cos ollos, da inhalación de vapores tóxicos ou, máis raramente, da inxestión.

En particular, para os PAH, a vía de exposición principal é a cutánea, sendo os perigos identificados para este tipo de hidrocarburos, por unha banda, a irritación da pel e, por outra, os efectos canceríxenos.

Varios hidrocarburos son irritantes da pel, podendo algúns deles, como o naftaleno, o benzo(a)pireno, o benz(a)antraceno ou o dibenzo (a,h)antraceno, causar hiperqueratosis. A irritación cutánea pode ser agravada pola oclusión ou por unha acción mecánica asociada (pregamentos de flexión ou baixo os guantes). A alteración da epiderme aumenta a penetración e a cantidade de compostos que pasan ó organismo.

Os hidrocarburos absórbense por diversas vías, seguindo cinéticas moi pouco coñecidas e variables, especialmente cando a vía de penetración é a cutánea. Estudos en roedores mostraron que, unha vez absorbidos pola pel, os PAH chegan a todo o organismo, principalmente ós órganos ricos en graxas e ós pulmóns.

Numerosos PAHs son considerados como substancias cancerixenas e mutaxénicas (táboa IX), polo Centre International de Recherche contre le Cancer e a Environmental Protection Agency. Neste sentido, o benzo(a)pireno, presente no fume do tabaco, é o PAH máis estudado. Moitas das afirmacións sobre outros PAH derívanse deses estudos. O seguimento de traballadores expostos a mesturas de PAHs, como os que traballan na produción de gas de carbón, nas refinerías ou na prospección de petróleo, permite afirmar que os órganos máis afectados polo cancro son a pel e o tracto respiratorio, non podendo excluírse unha participación da vía dixestiva.

Efectos embriotóxicos téñense descrito en animais para o benz(a)antraceno, o benzo(a)pireno e o naftaleno, pero non hai datos nos humanos.

Debido as características físico-químicas do fuel, ó tempo que permaneceu no mar antes da súa chegada á costa e ás condicións climáticas (temperatura baixa e vento forte), a inhalación de compoñentes tóxicos por vía respiratoria, debería ser pouco significativa, na recollida “simple”. A utilización de dispositivos con auga a presión, que provoquen aerosoles ou partículas de po, implica maior risco, polo que o traballo con estes instrumentos deben facelo profesionais con proteccións respiratorias e oculares axeitadas.

Aínda así, hai que considerar que os compostos orgánicos volátiles estarán mais concentrados entre os ocos das rochas, nos días sen vento e nos soleados. Traballando agachado, coa cara moi cerca do fuel, a inhalación pode ser maior da prevista. De calquera xeito, este efecto non se poderá avaliar xa que non existen datos públicos de mostras atmosféricas nas praias galegas afectadas.

Os resultados a longo prazo do vertido son impredecibles, xa que non se coñecen ben os efectos dos hidrocarburos, en particular dos PAH, sobre os seres vivos. Os datos, en humanos, proveñen do estudio de exposicións cró-

nicas. No caso dos animais, só se teñen datos de experimentos realizados con produtos puros, nos que a exposición foi só por contacto e as concentracións utilizadas moi altas. Estas condicións distan moito das que se dan, ou poden darse, na exposición ó fuel do Prestige.

En canto á inxestión, e dado que os compostos hidrocarbonados presentes no fuel disólvense mal na auga, a vía dixestiva non será moi importante, a curto prazo, xa que os compostos deben incorporarse na cadea alimentaria.

A fracción maioritaria do fuel do Prestige é refractaria á degradación, por tanto é altamente persistente no medio, polo que hai que considerar a aparición de efectos toxicolóxicos a medio e longo prazo. Estes efectos tóxicos poden derivarse da presenza de hidrocarburos aromáticos pesados acumulados nos sedimentos, e tamén da aparición de produtos de degradación máis tóxicos que os produtos de partida. Non se esqueza que estamos a falar dun xigantesco reactor químico, o mar, que pode aportar a axitación, o cloro e o bromo, entre moitas outras substancias, así como calesquera condicións necesarias para formar milleiros de produtos químicos. Como contrapartida, no noroeste da península Ibérica a hidrodinámica das augas é moi outa, favorecendo a dispersión e lavado dos contaminantes no sistema peláxico.

Os impactos agudos, poden existir outros máis agochados, anque non menos importantes. Así, a presenza de PAH na auga pode producir intoxicacións e mortes rápidas dos organismos acuáticos ó penetrar polas branquias ou polo tracto dixestivo; pero tamén actúan como depresores do sistema inmunitario, o que deixa desprotexidos ós seres vivos afectados ante infeccións víricas e bacterianas.

Como factor agravante opera que a meirande parte dos compoñentes do fuel son moi persistentes e bioacumulables, aínda que a súa débil biodisponibilidade limita os riscos de que se acumulen nos produtos do mar.

Prever como vai evolucionar a crise do “Prestige”, e como van a reaccionar os ecosistemas, é difícil xa que, a pesar das operacións do batíscafo francés “Nautile”, o pecio aínda supón unha ameaza e o fuel continúa arrivando á costa.

Téñase en conta que as emisións de fuel, debidas ó envellecemento do barco, poden tardar entre trinta e cincuenta anos, manifestándose de forma lenta. Aínda hoxe hai fugas procedentes de pecios da última guerra mundial. O número 37 do “Oil Spill Intelligence Report” dedícase, precisamente, a un informe, discutido na última reunión do PACPOL (Programa para a loita contra a contaminación no Pacífico), sobre o risco de contaminación por hidrocarburos de barcos afundidos na última guerra mundial. Este risco púxose de manifesto polas recentes contaminacións provocadas polos restos do cruceiro

USS Arizona, en Hawai, e os do petroleiro USS Mississinewa en Ulithi.

Na práctica, a información de pecios profundos, cargados de hidrocarburos, é practicamente inexistente, agás no caso do Nakhodka: agochados da vista, permanecen ignorados, sen exploración nin vixilancia, e sen proxectos de neutralización, sempre moi custosos.

En naufraxios a pouca profundidade, anque tarde, tense xa actuado, como no caso do SS Jacob Luckenbach, afundido o 14 de xullo de 1953, a 17 millas de San Francisco e a máis de 50 m de profundidade. Tras un período de esquecemento, comezou a liberar o seu cargamento de fuel pesado nos anos 92-93, 97-98 e en febreiro do 2001, matando a máis de 2.000 aves. Hoxe está descargado e precintado.

Pero os pecios afundidos a máis de 600 m de profundidade son outra cousa. Por exemplo, non se coñece nin a situación nin a carga do petroleiro Silja, que procedente de Xénova e con rumbo ó Golfo Pérsico, foi abordado, o 24 de xullo de 1969, polo cargueiro francés Ville-de-Majunga. A explosión do petroleiro provocou o seu afundimento, en 10 minutos, a unha profundidade de 2500 m, e a unha distancia de 20 millas de Toulon.

O 7 de marzo de 1991, o petroleiro Vistabella afundese, ata os 600 m de profundidade, a 15 millas ó sudeste da illa de Nevis, pertecente o estado caribeño de Saint-Kitts e Nevis. Levaba un cargamento de 2.000 toneladas de fuel pesado, sen que se coñeza a cantidade vertida no naufraxio, nin o que queda no barco. As correntes arrastran o fuel que sube cara o norte, de xeito que esta contaminación ten a marca mundial de países afectados por un mesmo vertido.

O 2 de xaneiro de 1997, o petroleiro ruso Nakhodka, navegaba desde Shanghai cara a Vladivostok con 19.000 toneladas de fuel pesado, cando naufragou, durante unha tormenta, ó oeste da illa xaponesa de Honshu, partíndose en dous e provocando a maior marea negra de Xapón. A proa do buque rematou varando no litoral, mentres que a popa afundeu a 200 km da costa, a 1800 m de profundidade. Tras a exploración do pecio, o goberno xaponés avaliou o custo e a dificultade da descarga como demasiado elevados en comparación co risco ecolóxico representado polo pecio e o seu cargamento. A exploración submarina do Instituto Xaponés das Ciencias e as Tecnoloxías mariñas (JAMSEC) e a vixilancia da superficie do Instituto de Investigación Mariña (NMRI) amosan a persistencia de zumegados de hidrocarburos, con dimensións semellantes ás manchas do deslastrado de tanques.

4. CONCLUSIÓNS.

Despois de ter visto as circunstancias e características da catástrofe que estamos a afrontar, queda avaliar as decisións que se tomaron e as que se poderían tomar cara o futuro, para garantir que nunca máis se repetirá.

Dous factores, previos o accidente, teñen que ser tidos en conta:

1. O aparente desaxuste entre o estado real do barco e o que reflicten os documentos das inspeccións.
2. O feito de que un material como o fuel pesado se transporte sen especiais medidas de seguridade.

Ambalas dúas cuestións reflicten, ó igual que a escasa preparación da tripulación do Prestige, as presións que o modelo económico, onde só se valora o beneficio monetario a curto prazo, realiza sobre calquera tipo de medida de seguridade.

Só unha lexislación, que non deixe fisuras, que tipifique como perigosa as substancias non biodegradables e prohiba o seu transporte, que garanta inspeccións serias dos buques, coa ameaza de inhabilitar para sempre a propietarios, fretadores, capitáns e inspectores que tomen parte nos fraudes, acabará coas bombas flotantes que agora circunnavegan o mundo.

Nas condicións actuais, accidentes como o do Prestige continuarán repetíndose.

De calquera xeito hai que sinalar que un accidente non ten, necesariamente, que converterse nunha catástrofe ecolóxica.

Fronte a vía de agua, aberta no costado do Prestige, o seu capitán obrou de forma lóxica. Corrixe unha escora que, en principio, parece letal, detén os motores e espera axuda.

Non contaba que a intervención das autoridades convertería o accidente nun desastre. Só o salvamento da tripulación, se cadra un chisco apresurado, pode citarse como acción positiva. Pola contra, a non disposición de remolcadores adecuados, nin un porto de abrigo, nin un buque capaz de recibir a carga, nin defensas, nin barcos succionadores, etc., revela a incosistencia dun modelo que debilita ás organizacións internacionais e ós estados para que pequenas minorías obteñan beneficios exorbitantes.

Nestas circunstancias a decisión de afastar o barco da costa foi a peor que se podía tomar. Con ela aumentouse a área de costa exposta a contaminación. Ademais é sabido que calquer buque con danos estruturais queda debilitado para enfrontar un temporal. No caso do Prestige había que engadir o sobreesforzo ocasionado pola inundación dos tanques de lastre danados e a

dos tanques de babor para corrixir a escora. Existían, polo tanto, moitas posibilidades de que o navío puidera partirse.

As autoridades decidiron distanciar o barco, tomando decisións que contribuíron a aumentar o dano, sen ter en conta os instrumentos científicos de valoración ambiental. A utilización de calquera deles, sequera de xeito aproximativo, indicaría, sen lugar a dúbidas, que, desde o punto de vista medioambiental, arredar o barco da costa era o peor dos escenarios posibles.

A decisión tivo un marcado carácter político, como demostra o feito de que non exista, ou polo menos non se coñeza, ningún expediente administrativo que recolla informes técnicos xustificativos.

Dado que, nas condicións de vento e mar reinantes, era difícil facer un transbordo de carga en alta mar, o mellor tería sido achegar o buque ata un lugar abrigado, preto da costa, onde poder trasvasar o combustible. Nese caso, aínda que se produxera o vertido, e dado que o fuel, aínda que moi contaminante, non presenta risco de incendio ou explosión (punto de inflamación moi alto), só habería que afrontar a contaminación do porto a onde se tivese levado.

Unha vez que se tomou a decisión de arredar o barco, ignorouse a urxencia de acometer a recollida do fuel no mar, e a de realizar a limpeza da costa no menor tempo posible. Neste sentido hai que sinalar que a pouca biodegradabilidade do M-100 vertido, supón que os seus efectos deletéreos serán tanto maiores canto máis tempo permaneza en contacto coa Biosfera. A política de deixar facer á Natureza resulta suicida, xa que alonga no tempo os letais efectos do fuel. “Convivir co chapapote”, na “feliz” frase dun político supón aceptar a cohabitación cun veneno, lento pero inexorable, tanto para o medio ambiente como para moita da xente que sufrirá a súa influencia. Como único xeito de controlar posibles consecuencias sobre a saúde, deberíase facer un control epidemiolóxico exhaustivo e permanente.

Os aspectos políticos, que interferiron nas primeiras decisións, tamén afectaron a valoración do alcance real do desastre e a das medidas acometidas para alivialo. E claro que se infravalorou a cantidade do vertido e o seu perigo, tanto para tódolos ecosistemas afectados como para a propia sociedade humana.

As medidas que se propoñen para o futuro, por parte das autoridades que defenden a prolongación do actual modelo económico, pasan por tres eixes principais que afectan a Galicia:

1. Esixencia de petroleiros con dobre casco para naavegar por Europa.
2. Afastamento do corredor marítimo das costas galegas.

3. Compensacións, mediante o denominado Plan Galicia, dos problemas creados polo Prestige.

Convén sinalar aquí que o dobre casco supón aumentar o volume dos buques nun 40%, co conseguinte encarecemento do transporte e a necesidade de novos portos onde podan atracar barcos máis grandes. Sen os recursos económicos e o tempo necesario para construír novos navíos a medida non se levará adiante.

Polo que respecta ó corredor, incrementar a distancia dos barcos á costa pódese aplicar no Atlántico, pero non se ve de que xeito se fará, por exemplo, no Estreito de Xibraltar ou no Canal da Mancha. Por outra banda, os medios de salvamento e emerxencia terían que aumentar a súa capacidade e autonomía para poder auxiliar, a unha maior distancia, a aqueles barcos que o precisaran.

A terceira aportación, puramente económica, amosa, claramente, a incompreensión do significado do medio ambiente e do desenvolvemento sostible: tenta cambiar recursos naturais por recursos económicos. A pregunta aquí sería ¿Canto vale o mar? ou ¿Canto vale a vida?.

Os accidentes, no mar, sempre poden ocorrer, e máis en zonas de intenso tráfico e frecuentes temporais. Por tanto, son precisas medidas internacionais e plans nacionais que protexan océanos e costas. Estes plans requiren un bo coñecemento científico das zonas sensibles, protocolos de actuación a tódolos niveis e medios técnicos para actuar. Pero estas dotacións chocan co modelo económico vixente.

Desde a Revolución industrial, o consumo de enerxía aumentou sen que, ata o momento, ningunha crise rompera esta pauta, agás nos primeiros anos posteriores a 1973, nos que se produxo unha lixeira diminución do crecemento do consumo, superada en puoco tempo. O consumo mundial de enerxía medrou desde os 911 Mtep (millóns de toneladas equivalentes de petróleo) de 1900, ós 1.650 Mtep en 1950, pasando polos 8.724 Mtep en 1990, asta os 10.078 Mtep do 2000. A taxa de crecemento anual do consumo de enerxía, situada no 2,2 por cento a principios do século XX, incrementouse en máis do dobre entre 1950 e 1970. Prevese que este consumo pase a 12.400 Mtep no 2010 e a 14.800 Mtep no 2020.

A pesar destas enormes magnitudes, aínda en 1990, un 41 % da poboación mundial non tiña (e segue sin ter) acceso á enerxía eléctrica. Esta parte da humanidade tampouco ten combustibles fósiles, en ningunha das súas formas. Só empregan leña (cando dispoñen dela) ou biogás, procedente de dixestores de residuos domésticos e gandeiros, no caso de algúns millóns de familias en China e na India.

Conseguir que toda a poboación mundial alcance, no ano 2025, un consumo de enerxía “per cápita” de país desenvolvido, supón multiplicar por 5 a actual produción de enerxía, aumento que o planeta non podería soportar, sobre todo si se baseara en combustibles fósiles non renovables, debido o requentamento e á acidificación global.

Se os hábitos de consumo e as formas de vida non cambian, o prezo do cru subirá, aínda que con oscilacións, o consumo mundial de enerxía e as emisións globais de dióxido de carbono incrementaranse entre o 50 e 60% para o ano 2010.

E certo que o *“desenvolvemento futuro dependerá esencialmente da disponibilidad a longo prazo de cantidades cada vez maiores de enerxía procedentes de fontes seguras, inocuas e apropiadas para o medio ambiente”*, pero por agora *“non se dispón de ningunha fonte ou combinación de fontes de enerxía que permita satisfacer esta necesidade futura”*. Ademais, existen límites físicos para as fontes de materiais e enerxía que sosteñen á poboación humana e a súa economía, e tamén hai límites para os sumidoiros que absorben os refugallos desa actividade. En realidade, os límites físicos ó uso da enerxía estableceos a capacidade do ecosistema para absorber os desperdicios e a enerxía residual, xa que nas entradas aínda existe algunha marxe.

O mar e os ecosistemas costeiros do planeta, onde vive a maior parte da poboación humana e a máis espléndida biodiversidade, están a dicir que xa abunda. Pero como os accidentes no mar son inevitables, e máis nun sistema globalizado, que implica o transporte de enormes cantidades de mercancias desde as zonas produtoras ata os países consumidores, só un cambio de modelo, cara un desenvolvemento enerxético, económica e ecoloxicamente sostible, permitirá diminuír as catastróficas mareas negras.

Pero ese cambio require profundas transformacións estruturais, desde normas estrictas que regulen a eficacia enerxética dos procesos, aparatos e produtos, ata reformas nos sistemas de investigación para o fomento das enerxías alternativas. Non parece que a ese modelo vaia a chegarse de modo voluntario.

O escenario máis probable, suxire que, a medida que o petróleo se volva escaso e os prezos suban, as presións económicas trasladaranse, como xa o veñen facendo, ás etapas de refino (aproveitando máis produtos residuais e, por tanto, mobilizando máis produtos perigosos) e transporte (primando a rendabilidade a curto prazo sobre a seguridade), o que incrementará o número de desastres.

En tanto chega unha mellor fonte de enerxía, ou a cordura necesaria para deixar de ferir o planeta, as compañías petrolíferas, que extraen da Terra

o “sangre negro” que circula polas veas do “sistema”, deberían asumir tódalas responsabilidades ás que os seus produtos den lugar.

BIBLIOGRAFÍA.

- CAMPBELL, C. J. e LAHERRÈRE, J. H. “Fin de la era del petróleo barato”. *Investigación y Ciencia*. Maio, 1998. Páx. 66-71.
- ESTEBAN MARTÍNEZ, M. “Las bases lubricantes: tendencias del mercado”. *Química e Industria*. Outubro 2002. Páx. 17-24.
- GARCÍA, D. J. y AGÜERA, J. J. “Asfaltenos. Características y uso futuro”. *Investigación y Ciencia*. Maio, 1995. Páx. 82-3.
- SOTO, M. e DÍAZ, L. “Características químicas do vertido e riscos sanitarios”. *Cerna*. Nº 37. 2003. Páx. 28-30.
- VV. AA. “Ola negra”. La Voz de Galicia. A Coruña. Novembro, 2002.
- VV. AA. “Los héroes del 13-N”. La Voz de Galicia. A Coruña. Xaneiro. 2003.