

Relaciones entre la salud de los ecosistemas marinos y la seguridad alimentaria

Juan Freire
Universidade da Coruña



Seminario: "A seguridade alimentaria:
pesca, acuicultura e marisqueo"
Instituto de Estudos Políticos e Sociais
A Coruña, 24 y 25 Abril 2003

- a. **Relación entre el hombre y el ecosistema**
- b. **Modelos de producción de alimentos**
 - Sistemas de maximización de la producción
 - Salud del ecosistema y humana
- c. **El vertido del Prestige y su impacto ecológico y sobre la seguridad alimentaria**
 - Escala geográfica y hábitats afectados
 - Composición química, envejecimiento y toxicidad del fuel
- d. **Tipos de recursos vivos afectados**
- e. **Redes tróficas: transferencia, fraccionamiento y bioacumulación de contaminantes**
- f. **Redes de monitorización del estado de los recursos**
- g. **Gestión de la seguridad alimentaria**



Modelos de producción de alimentos

“Input-output”

(sociedades occidentales, tras 2ª Guerra Mundial)

- Agricultura, ganadería: sistemas de producción “controlados” (tecnología)

OBJETIVOS

- Productividad
- Producción total

ÉXITOS

- Incremento producción *per cápita*
- Altas eficiencias

COSTES (EXTERNALIDADES):

- Ambiente
- Salud
- Bienestar social



Tendencia mundial de incremento de enfermedades asociadas a alimentos

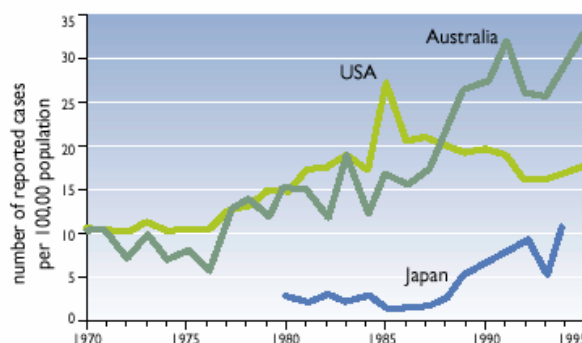
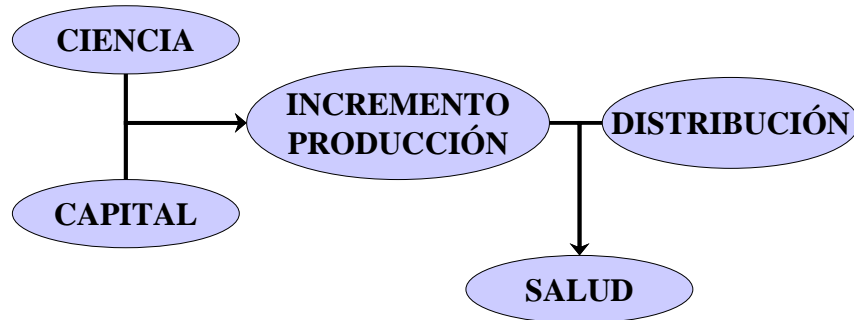


Figure 4 Increasing trends in reported food-borne salmonellosis in Japan, United States and Australia (from Käferstein et al, 1997).



Contribución de la alimentación a la salud según el modelo *input-output*

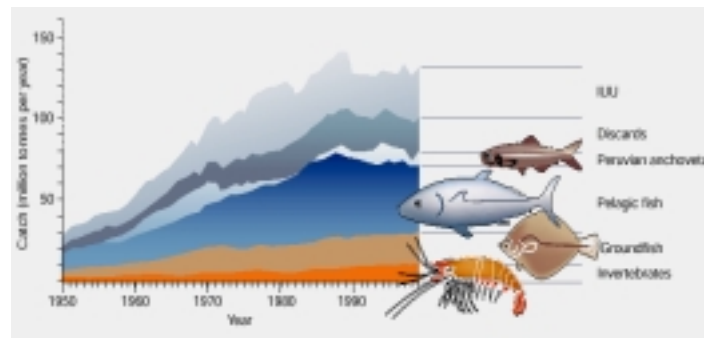


Visión tradicional de la seguridad alimentaria de los productos de la pesca

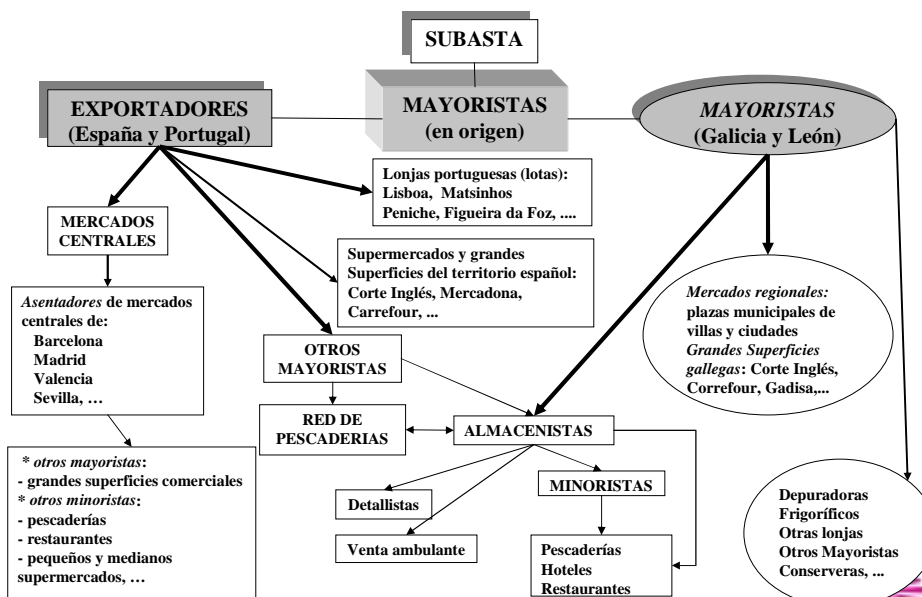


El problema de la trazabilidad

1) Pesca ilegal y no registrada ("IUU")



2) Redes complejas de distribución



Necesidad de nuevos modelos de producción de alimentos

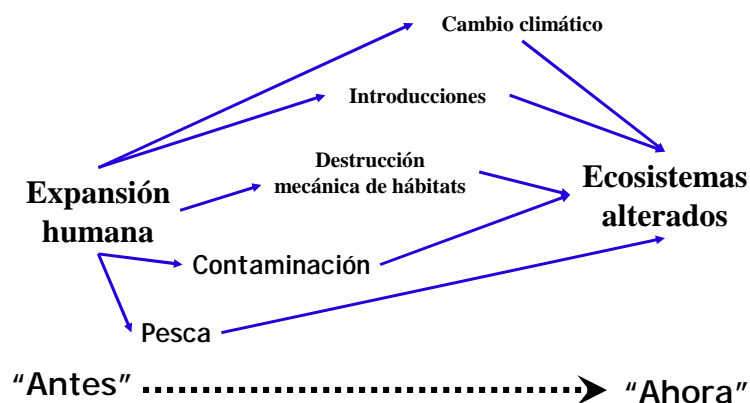
- Los ecosistemas como sistemas complejos
- El hombre como parte integrante del ecosistema
- Incertidumbre sobre el funcionamiento del sistema

Pesca, marisqueo, acuicultura extensiva

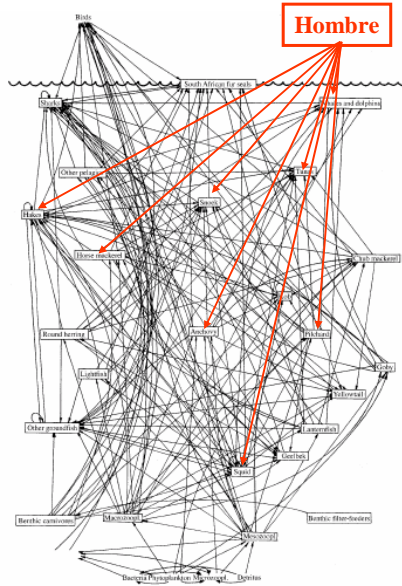
- Sistemas de producción “naturales”
(escaso o nulo control humano)



Actividades humanas que afectan a los ecosistemas marinos



Ecosistemas como redes complejas



Gestión de ecosistemas marinos

- Monitorización
- Participación local (productores, consumidores, otros usuarios):
 - Conocimiento local
 - Toma de decisiones



GESTIÓN ADAPTATIVA



La historia de las mareas negras

1989: Exxon Valdez. 37000 Tm crudo
 1992: Aegean Sea. 60000 Tm crudo
 1999: Erika. 20000 Tm. Fuel
 2002: Prestige. 50000 Tm???. Fuel

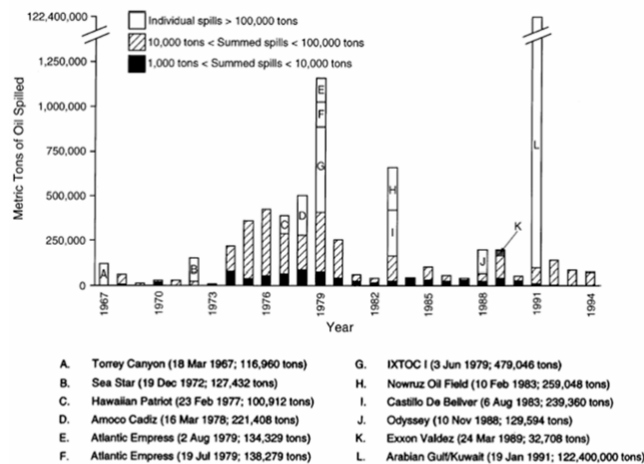


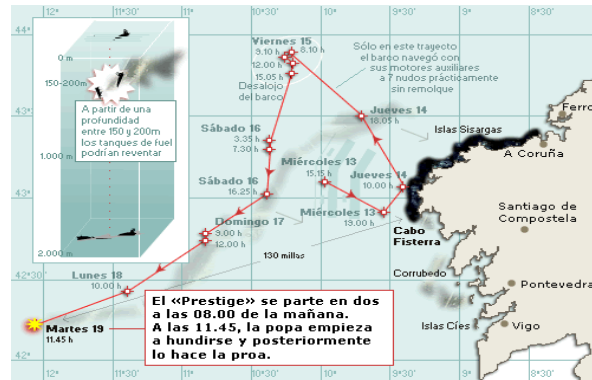
Figure 1 Magnitudes of oil spilled into the ocean since 1967. From (4, 116) and *Oil and Gas Journal*, Vol. 91-92 (1993-1994)

Paine et al.
 (1996). *Ann.*
Rev. Ecol. Syst.

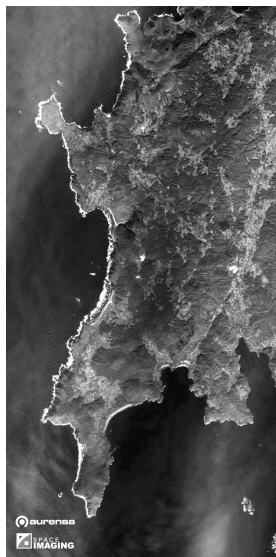


Escala geográfica

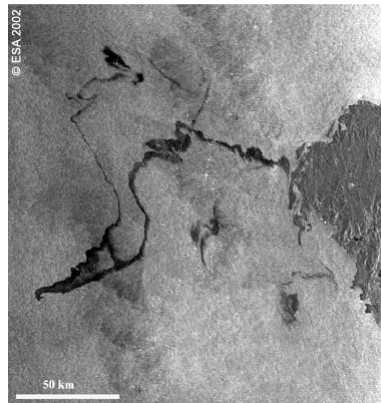
13 – 19 Noviembre



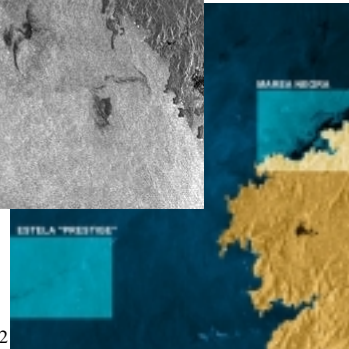
Areas afectadas: Costa atlántica gallega



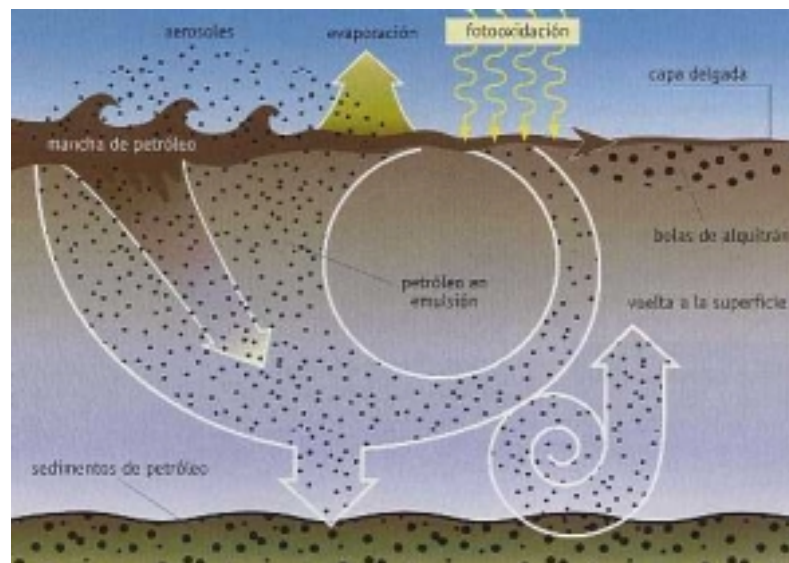
Cabo Fisterra - 24/11/2002 - Imagen Satélite IKONOS



Vertido contaminante en Costa da Morte, Galicia - 18/11/2002 - Imagen Satélite RADARSAT



Hábitats afectados



Hábitats afectados

Nivel de afectación potencial:

• • • ► Escaso / Nulo

■ ■ ■ ► Moderado

► Alto

• • • ► a. Ecosistema pelágico oceánico y costero

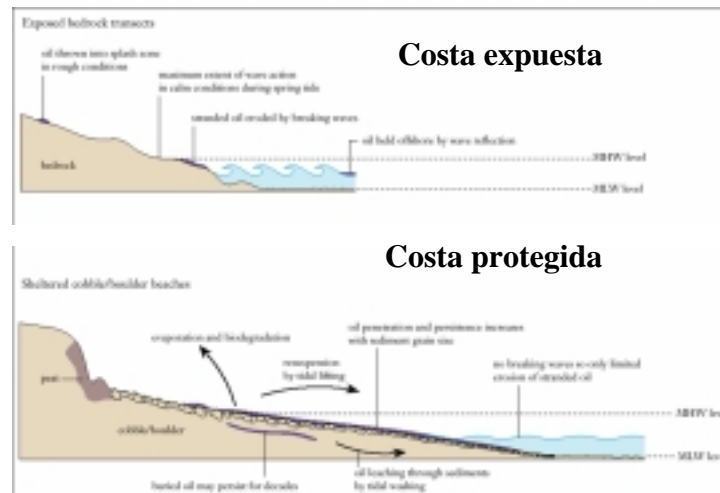
■ ■ ■ ► b. Ecosistema bentónico plataforma continental

► c. Ecosistema bentónico costero

- a. Zonas intermareales
- b. Zonas submareales
- c. Sustratos rocosos
- d. Sustratos sedimentarios



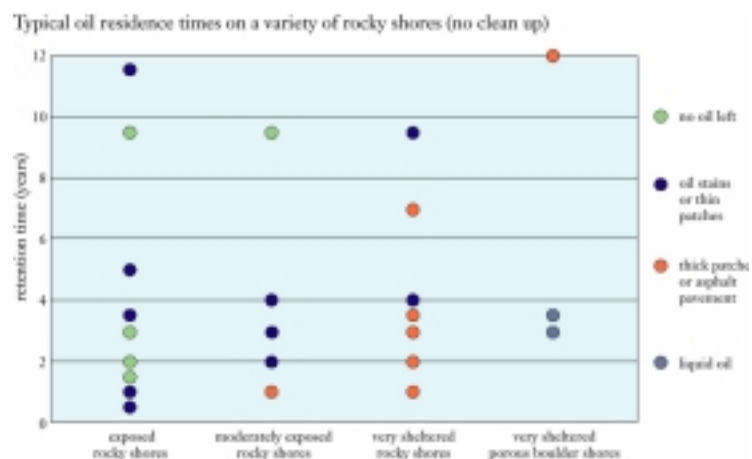
Procesos de envejecimiento y persistencia del petróleo depositado en costas rocosas



Informes del IPIECA, Vol. 7



Tiempos de residencia del petróleo en costas rocosas (sin limpieza)



Informes del IPIECA, Vol. 7



Procesos de envejecimiento y persistencia del petróleo depositado en costas sedimentarias

Arena gruesa (zona expuesta):

- Alta porosidad, acumulación en capas profundas
- Alta movilidad del petróleo: baja permanencia, elevada biodisponibilidad (fracción soluble)

Fangos (zonas protegidas):

- Escasa porosidad, penetración por estructuras biogénicas
- Escasa movilidad del petróleo: elevada permanencia, baja biodisponibilidad, ingestión directa por endofauna



Composición química del fuel: Hidrocarburos

	Hidrocarburos saturados (%)	Hidrocarburos aromáticos (%)	Resinas (%)	Asfaltenos (%)
Prestige Fuel inicial (1)	52.8	26.6	8.4	12.2
Prestige Emulsión (2)	50.3	24.6	9.9	14.2
Prestige Envejecido (3)	48.5 ± 1.0	37.6 ± 1.9	8.3 ± 0.8	5.6 ± 0.6
Prestige Envejecido (4)	22	50	28	
Erika	22.2	55.6	15.6	6.6
Baltic Carrier	40.9	37.9	11.5	9.7

(1) (2). Museum National d'Histoire National

(3) Recogido el 18/11/02 por el buque Ailette de una mancha en el mar (CEDRE).

(4) CSIC. Informe 01



Metales pesados

Fuel emulsionado (ug/g):

10^4	< Sodio
$>10^3$	< Aluminio, Calcio, Hierro, Potasio, Magnesio, Titanio
$>10^2$	< Bromo, Níquel, Vanadio
>10	< Boro, Bario, Manganeso, Molibdeno, Estroncio, Zinc
>1	< Arsénico, Cobalto, Cromo, Cobre, Litio, Selenio > 0.1

Informe Técnico CSIC "Prestige" 02

Concentration en métaux dans les fouds du Prestige
(échantillons cuve et Ailette) et de l'Erika

Composés	PRESTIGE		ERIKA	
	Cuve	Ailette	IFREMER	IFP
nickel (µg/g)	55 ± 1	28 ± 3	41 ± 1	39
vanadium (µg/g)	170 ± 5	77 ± 3	87 ± 3	89
cadmium (µg/g)	< 0.1	-	-	-
plomb (µg/g)	< 0.5	-	-	-
chrome (µg/g)	0,31	0,16	-	-
cobalt (µg/g)	< 0.1	-	-	-
V / Ni	2.9 - 3.2	2.4 - 3.2	2.0 - 2.3	2.3

IFREMER



Tableau 1. Concentrations des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les fouds du Prestige (échantillon Prestige-104) et de l'Erika (échantillon de référence - CEDRE - raffinerie de Dunkerque et le suivi du fuel déposé sur les rochers à Batz s/mer) déterminées par la CPG-SM en mode SIM, après le fractionnement par la chromatographie d'adsorption.

Composés	Abréviation	Prestige Ailette 18/11/02 PRE02-104	RSD N=3	Erika Plage 27/déc/99	Erika Réf. Dunkerque	RSD N=4
		mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%
Naphtalène	Naphtalène	190	2,6	99	597	2,0
C1-naphtalènes	C1-N	1184	1,9	636	2898	1,3
C2-naphtalènes	C2-N	2076	1,7	953	4283	2,4
C3-naphtalènes	C3-N	1646	1,6	702	3017	1,6
C4-naphtalènes	C4-N	820	1,4	369	1519	2,4
Acenaphthylène	Acenaphthylène	14	2,4	5	nd	nd
Acenaphthène	Acenaphthène	48	0,6	27	125	1,2
Fluorène	Fluorène	61	0,4	42	144	1,4
C1-fluorènes	C1-F	202	1,9	146	466	1,8
C2-fluorènes	C2-F	355	2,4	218	660	2,4
Phénanthrène	Phénanthrène	675	0,6	178	548	1,7
Anthracène	Anthracène	44	0,3	32	99	2,8
C1-phenanthrènes/anthracènes	C1-P	958	1	830	2172	2,5
C2-phenanthrènes/anthracènes	C2-P	1105	1,4	1248	3034	2,3
C3-phenanthrènes/anthracènes	C3-P	832	10,2	1191	2638	5,3
Fluoranthène	Fluoranthène	28	0,4	18	46	1,2
Pyène	Pyène	110	0,5	116	244	1,3
C1-pyrènes/fluoranthènes	C1-PY	453	3,1	406	1213	2,2
C2-pyrènes/fluoranthènes	C2-PY	551	2,9	628	1797	2,8
Benz[a]anthracène	B[a]Anthr	38	1,8	83	174	5,2
Chrysène	Chrysène/Triph	80	2,3	173	366	5,3
C1-chrysène	C1-CHR	497	3,3	537	1725	7,6
C2-chrysène	C2-CHR	340	6,7	571	1630	6
Benzofluoranthènes	BFLs	17	4,5	35	69	6,4
C1-benzofluoranthènes	C1-BFLs	108	8,6	282	349	7,1
Benz[a]pyrène	B[a]Pyrene	25	4,8	40	95	3,1
Benz[a]anthracène	B[a]Anthr	22	4	53	100	4
Phénylène	Phénylène	10	12,1	18	28	9
Indène 1,2,3-cispyrène	Indène-Pyrène	5	8,5	15	30	15,1
Silene[a]fluoranthène	S[a]Fluoranthène	4	8	18	3	16,8
Benz[a]fluoranthène	B[a]Fluoranthène	15	3,2	28	28	10
Benzofluoranthène	BFLs	82	1,7	88	181	1,2
C1-benzofluoranthènes	C1-BFLs	336	8,8	158	448	1
C2-benzofluoranthènes	C2-BFLs	848	4,8	260	1105	4
C3-benzofluoranthènes	C3-BFLs	342	8,7	238	838	4,4
Benzofluoranthènes	BFLs	75	4,2	128	300	6,4
C1-benzofluoranthènes	C1-BFLs	354	2,3	298	771	3,4

nd : non détecté, 1-4 pour moins de 4 ou 4 ou plus multiples
- : données non disponibles

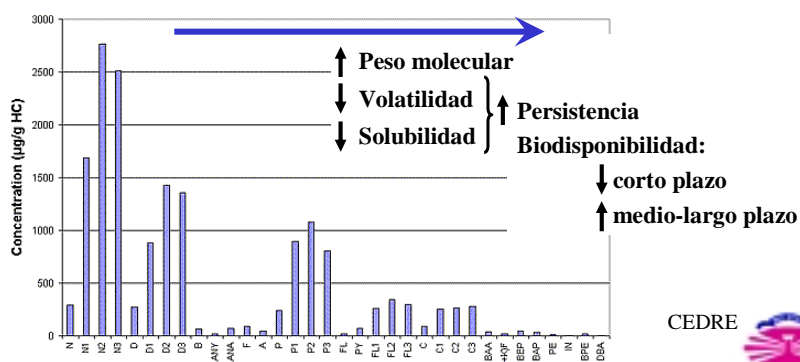
Hidrocarburos aromáticos policíclos (HAPs) del Prestige y del Erika

IFREMER



HAPs potencialmente tóxicos contenidos en el fuel del Prestige:

- 16 HAP de la lista de la US E.P.A. (Environmental Protection Agency)
- derivados alquilados
- Derivados sulfurados



Envejecimiento de los HAPs

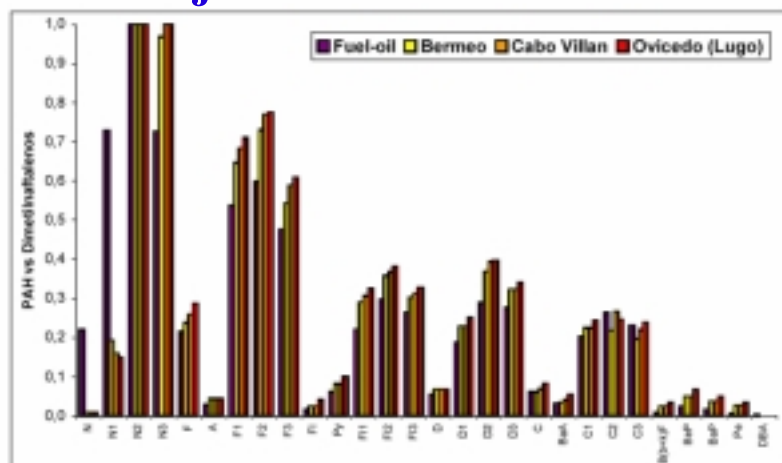


Figura 2b. Distribuciones relativas de hidrocarburos aromáticos policíclicos del fuel-oil del Prestige, y de muestras recogidas en la costa al cabo de un mes (Bermeo) y dos meses (Cabo Villan y Ovicedo) del vertido. N: naftaleno. F: fenantreno. D: dibenzotiofeno. C: criseno

Informe Técnico CSIC "Prestige" 14



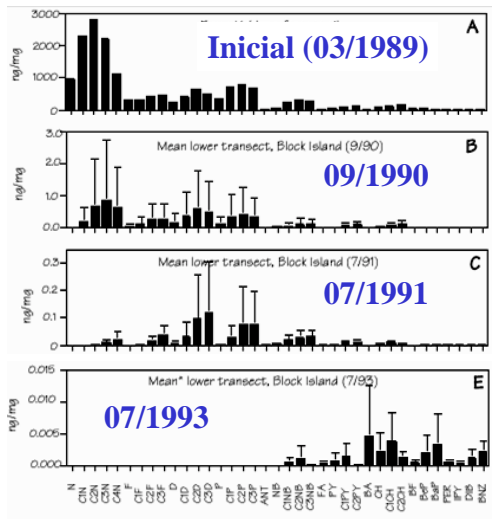


Figure 12. Histogram plot comparison of the PAH profile for the Exxon Valdez reference oil and the mean PAH concentration of sediment samples collected along the lower intertidal transect at Block Island. Each plotted value is the mean of five replicates except for plot E. *Plot E shows results for the same sample set as plot D, with an anomalous high concentration replicate excluded (see text).

NOAA Tech. Mem. NOS ORCA 114

Envejecimiento de HAPs en sedimentos en el caso del *Exxon Valdez*



Tipos de recursos vivos potencialmente afectados

- a. **Peces pelágicos:**
 - ➡ - sardina, caballa, jurel, ...
- b. **Peces e invertebrados bentónicos y demersales de la plataforma continental:**
 - ... ➡ - merluza, rape, gallos
 - ... ➡ - cigala, ...
- c. **Recursos pesqueros en zona costera:**
 - ➡➡ - pulpo, sepia
 - ➡➡ - centolla, nécora, camarón
 - ... ➡ - rodaballo, lubina, faneca, congrio, ...
- d. **Recursos marisqueros:**
 - ➡➡➡ - sustrato rocoso intermareal: percebe, semilla de mejillón
 - ➡➡➡ - Sustrato rocoso submareal: erizo, oreja de mar
 - ➡➡➡ - Sustrato sedimentario: bivalvos (almejas, navaja, longueirón, berberecho, ...)



Modos de afectación de los organismos

Efectos directos letales:

- Impregnación, Sofocación

Efectos directos subletales:

- Toxicidad de hidrocarburos

Efectos indirectos: Perturbaciones a los ecosistemas

- Hábitat, Predadores y/o presas, Competidores, Productividad
- *Redes tróficas*

Bioacumulación



Evidencias de efectos tóxicos de HAPs en humanos

Toxicidad aguda / corto plazo:

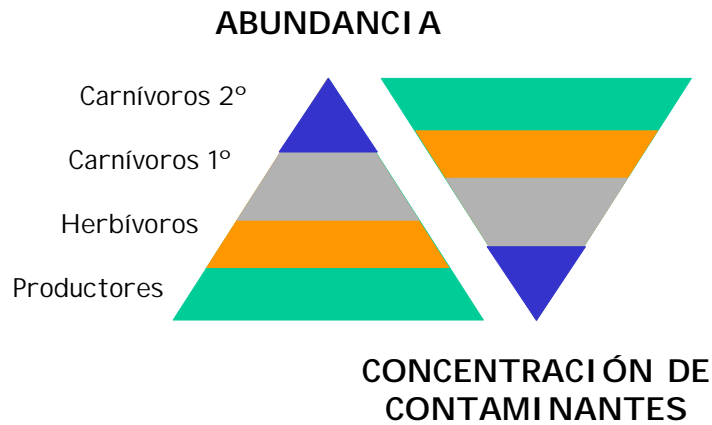
- Naftaleno??

Crónica / medio, largo plazo:

- Carcinogenicidad
- Genotoxicidad
- Desarrollo embrionario
- Inmunosupresión
- Efectos cardiovasculares?



¿Qué es la bioacumulación?



Bioacumulación. ¿Por qué?

1. HAPs hidrófobos: acumulación en tejidos grasos

2. Capacidad de detoxificación metabólica:

↓ Bivalvos **Bioacumulación rápida transitoria?**

↑ Peces **No acumulación**
Toxicidad en el proceso de degradación

3. Ciclo vital: mayor en animales de vida larga

4. Nivel trófico:

- **Bioacumulación a medio y largo plazo mayor en niveles tróficos superiores (predadores):**
 - **Ciclo vital largo**
 - **Presas con niveles tóxicos elevados**



Redes tróficas: Vías de entrada de contaminantes

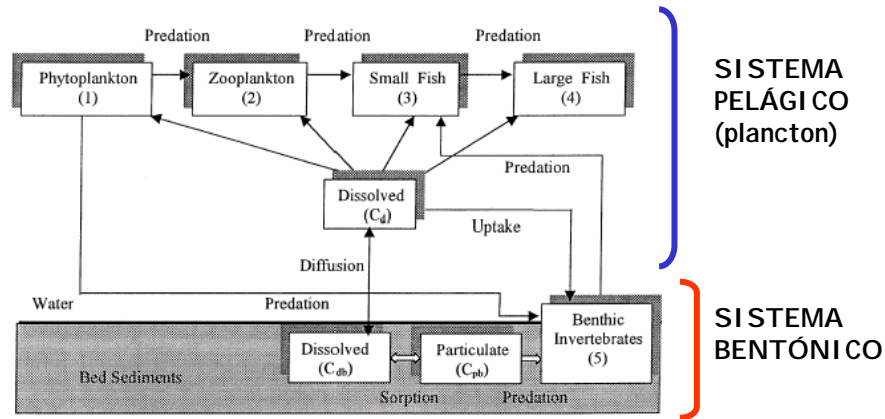
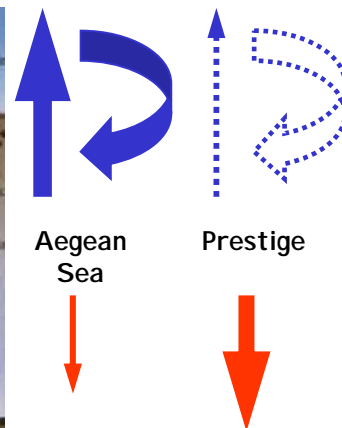
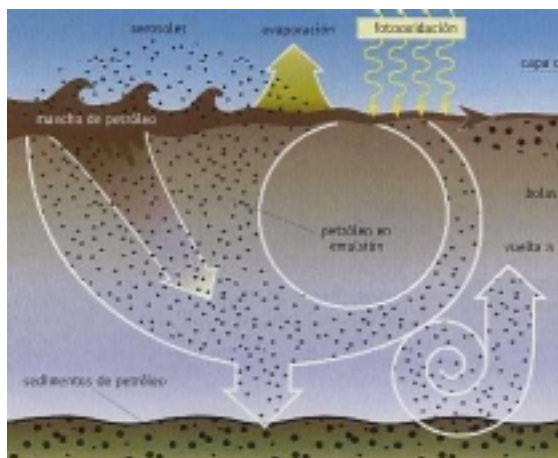


Fig. 2 Schematic of the oil spill-food chain interaction model.

Gin et al. Mar. Poll. Bull. 2001

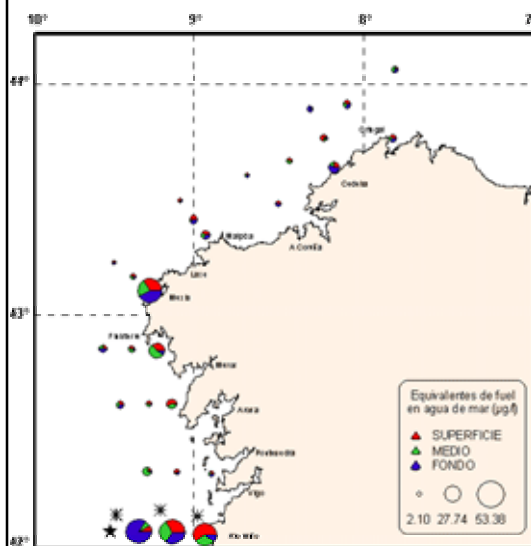


Hidrocarburos en columna de agua o sedimentos





Instituto Español de Oceanografía
 Campaña Prestige 1202
 Hidrocarburos aromáticos en agua



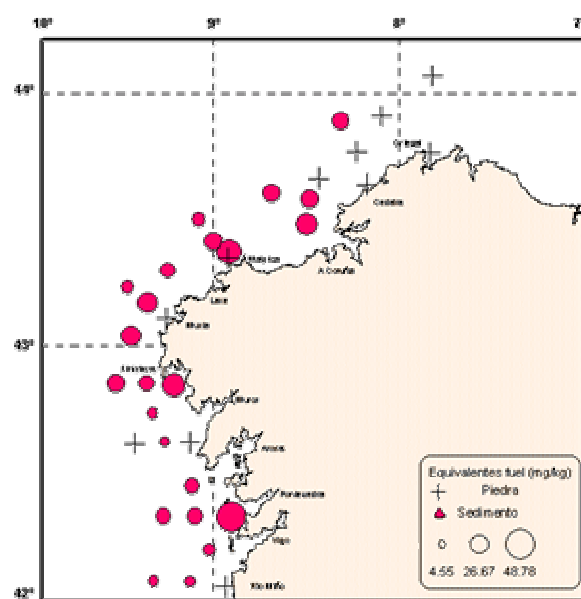
★ Parte muy importante de las concentraciones encontradas en esta zona son apenas al vertido del Prestige
 ★ Muestra de fondo visualmente atípica. Concentración dudosa.

Niveles de hidrocarburos relativamente bajos en agua (plataforma continental)

Criterio de Concentración máxima Aceptable (US EPA): 300 µg/L



Instituto Español de Oceanografía
 Campaña Prestige 1202
 Hidrocarburos aromáticos en sedimentos superficiales

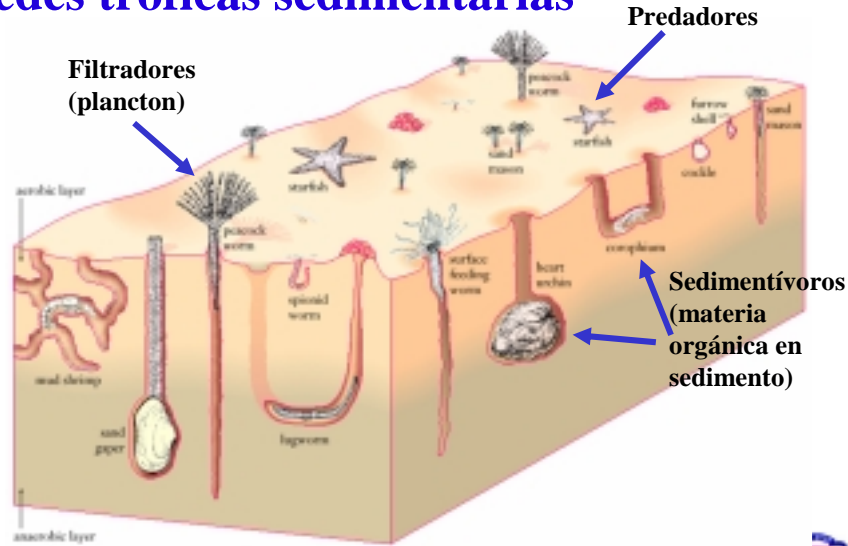


Niveles de hidrocarburos altos en sedimentos

Distribución espacial de la concentración de hidrocarburos poliaromáticos totales en sedimento en la plataforma de Galicia. Los símbolos + corresponden a estaciones en las que no se pudo recoger sedimento debido a la naturaleza del fondo (grava o piedras)



Los componentes vivos de las redes tróficas sedimentarias



Red trófica en la plataforma continental cantábrica

Sánchez & Olaso (en prensa).
Ecological Modelling

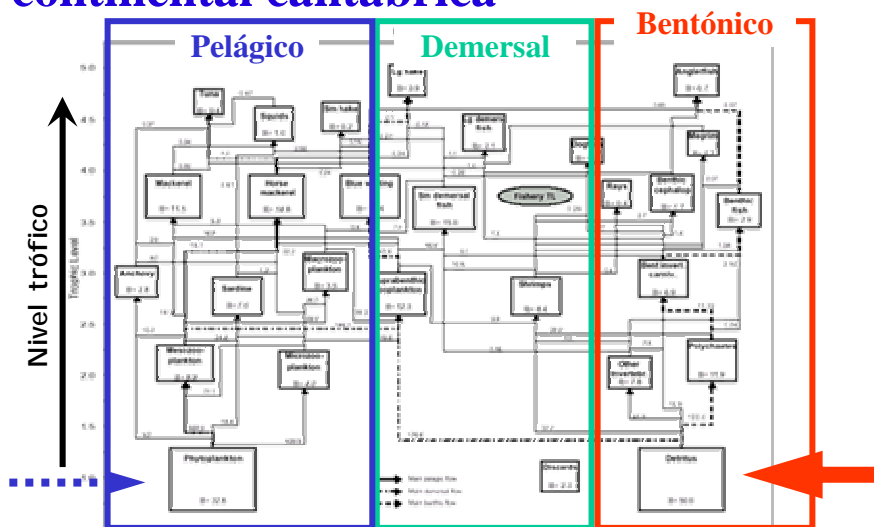
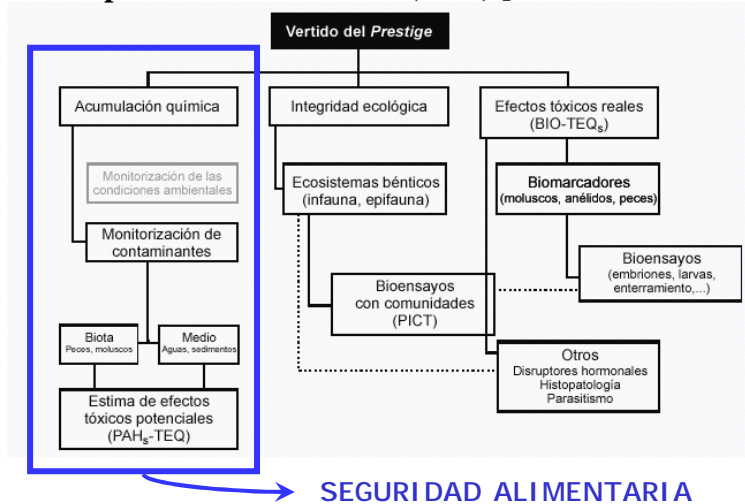


Figure 2. Main trophic interactions in the Cantabrian Sea, 1994. The boxes are arranged on the y-axis after trophic levels, and to some degree on a pelagic-benthic scale on the x-axis. Main flows are expressed in $t/km^2/year$ and the biomass of each trophic group (B) in t/km^2 . Minor flows, respiration, catch backflows to the detritus are omitted.

Redes de monitorización y gestión de recursos

Propuesta de Carballeira (2003) [Ciencias Marinas]



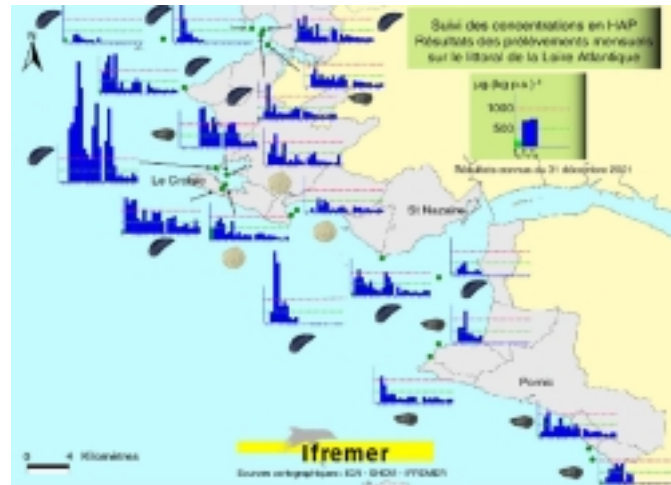
Red de monitorización del medio marino en Francia (1994-)



IFREMER,
Surveillance du
Milieu Marin



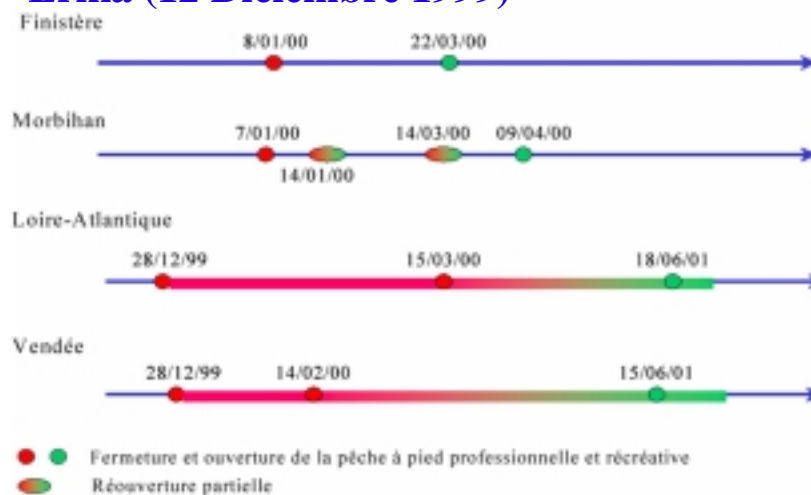
Seguimiento de contaminantes (HAPs) procedentes del Erika (mejillón y ostra)



IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



Apertura y cierre al marisqueo de zonas de producción de bivalvos tras el naufragio del Erika (12 Diciembre 1999)

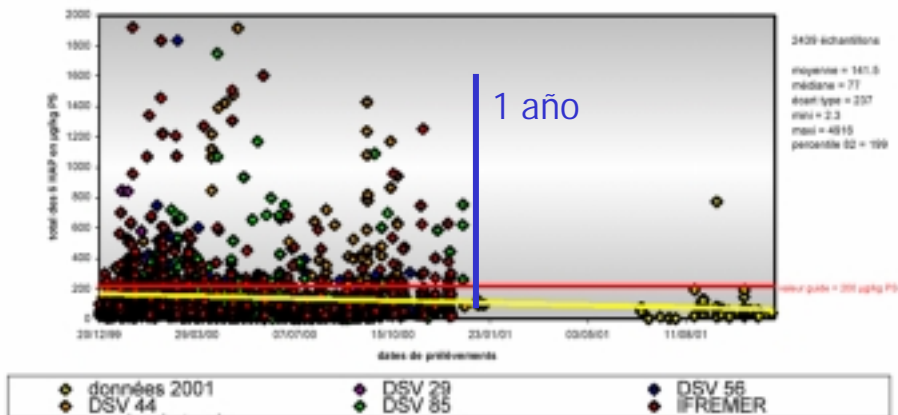


IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



Evolución temporal de HAPs en bivalvos (6 compuestos recomendados por la OMS)

Bivalves de la côte atlantique du 12/1999 au 11/2001

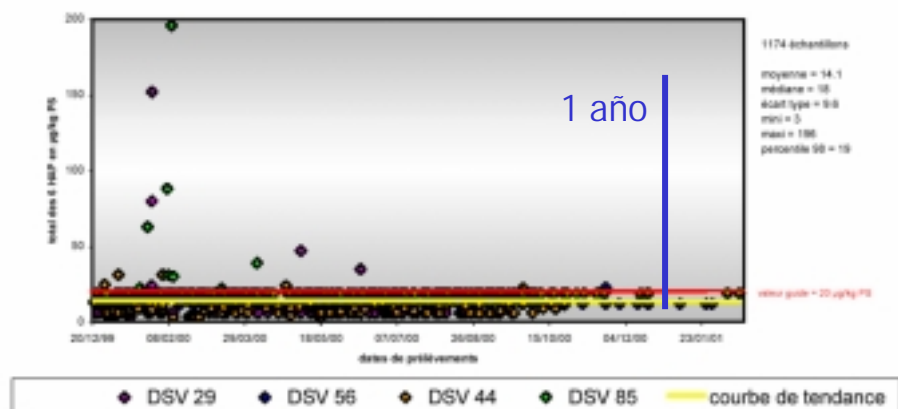


Agencia Francesa de Sanidad y Seguridad Alimentaria (AFSSA)



Evolución temporal de HAPs en peces (6 compuestos recomendados por la OMS)

Poissons de la côte atlantique du 12/1999 au 02/2001



Agencia Francesa de Sanidad y Seguridad Alimentaria (AFSSA)



Evolución temporal de HAPs con grupos alquil en organismos

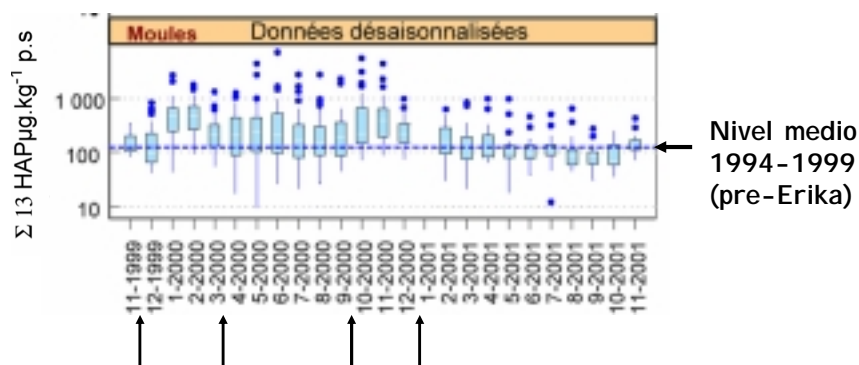


Graphique 5 : Variations temporelles des concentrations en dérivés alkylés des HAP (somme en µg/kg poids sec, dérivés alkylés des composés hétérocycliques soufres non inclus) en fonction du temps dans les échantillons. (Source : Itremer Projet MOL-ERIKA programme MEDD : Suivi des conséquences écologiques et écototoxicologiques dues au naufrage de l'Erika)

Agencia Francesa de Sanidad y Seguridad Alimentaria (AFSSA)



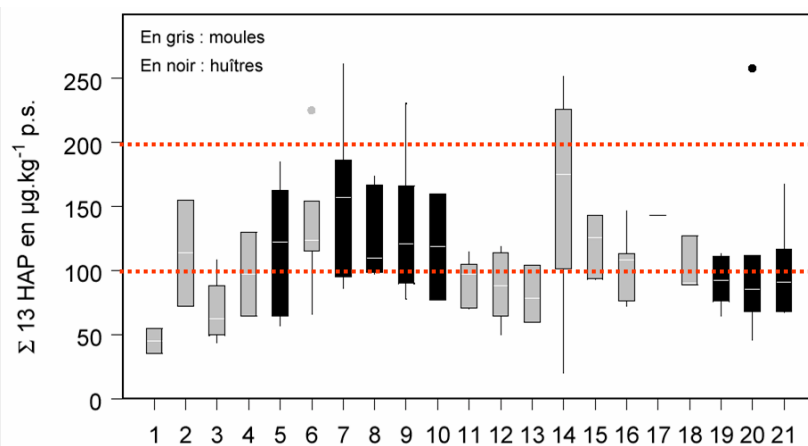
Biomonitorización con mejillón: El Erika provocó dos eventos de contaminación



Evolución temporal de la contaminación en mejillón por 13 HAP
IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



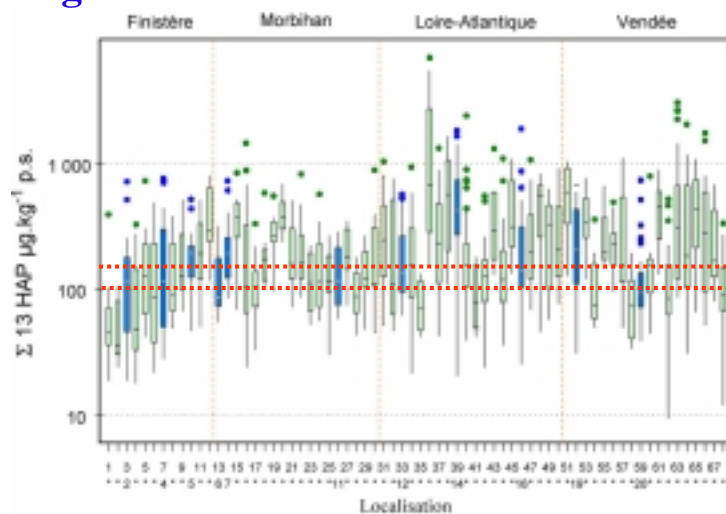
Variabilidad espacial en HAPs en organismos. Pre-Erika 1994-1999



Contaminación por 13 HAPs entre 1994 y 1999 (pre-Erika) en 21 estaciones de la costa francesa. IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



Variabilidad espacial en HAPs en organismos. Post-Erika Nov 1999-Dic 2001



Contaminación por 13 HAPs entre noviembre de 1999 y diciembre de 2001 (post-Erika) en diferentes estaciones de la costa francesa. IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



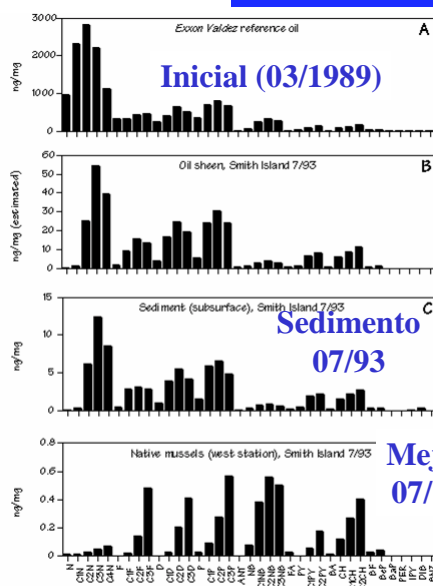


Figure 49. Comparison of PAH distributions for Exxon Valdez reference oil (A), surface oil sheen (B), subsurface sediment (C), and native mussels collected from the western side of the Smith Island study site (D) in 1993.

Exxon Valdez. Proceso de bioacumulación de compuestos individuales de HAPs

NOAA Tech. Mem. NOS ORCA 114

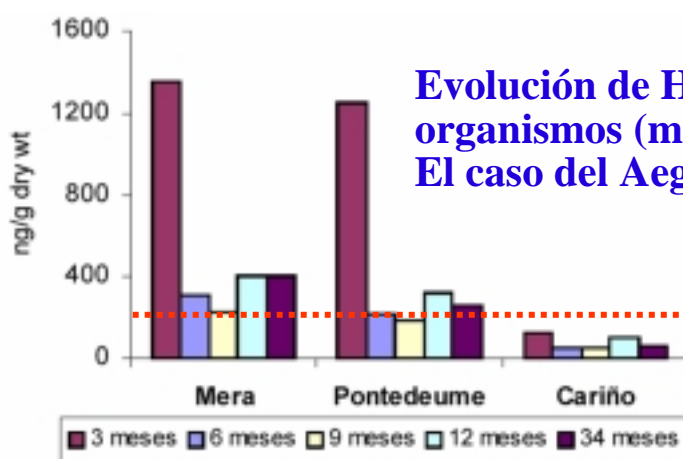


Figura 1.- Concentraciones de PAHs en mejillones recogidos en puntos de la costa gallega después del accidente del *Aegean Sea*.

Informe Técnico CSIC "Prestige" 15



El caso del Prestige: Redes de monitorización

Experiencia previa: Centro de Control da Calidade do Medio Mariño:

- Mareas rojas
- Zonas costeras (sistema pelágico)
- No HAPs u otros contaminantes

Marea negra del Prestige

<http://www.cmm-prestige.cesga.es/>

- No existen criterios explícitos de selección de especies o número de muestras
- Esfuerzo intensivo de muestreo sólo inmediatamente antes de la apertura de la pesca o marisqueo
- Se proporcionan muy pocos datos de zonas afectadas y cerradas a la pesca (no existen??)



Implicaciones de una marea negra en la seguridad alimentaria

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs). CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TOXICIDAD Y LEGISLACIÓN

•**EPA:** 16 compuestos catalogados como potencialmente tóxicos (muchos carcinogénicos) por la Environmental Protection Agency (EEUU)

•**AESA / AFSSA / XUGA:** 6 compuestos propuestos por la OMS y catalogados por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESa), por la Agencia Francesa de Seguridad Alimentaria (AFSSA) y por la Xunta de Galicia para determinar la aptitud para el consumo de productos pesqueros y marisqueros.

•**BOE aceite:** compuestos catalogados por el Ministerio de Sanidad y Consumo (BOE 26 Julio 2001) para determinar la aptitud para el consumo de aceite de orujo de oliva.

•**HAPs alquilados:** compuestos que incluyen grupos alquil, y que pueden en ocasiones ser tan o más tóxicos que los incluidos en los listados de la EPA o la OMS.

•**HAPs sulfurados:** compuestos que incluyen azufre en su molécula, y que pueden en ocasiones ser tan o más tóxicos que los incluidos en los listados de la EPA o la OMS.



Límites de seguridad

-6 compuestos catalogados por la OMS, AESA, AFSSA y XUGA:

- **moluscos**: límite máximo del total de estos compuestos de 200ug/kg de peso seco
- **peces**: 20 ug/kg de peso seco
- **crustáceos y cefalópodos**: 40 ug/kg (AFSSA Erika), 200 ug/kg (XUGA y AFSSA Prestige)

-16 compuestos catalogados por la EPA (recomendación AFSSA):

- **moluscos** (incluyendo cefalópodos) y crustáceos: límite total de 500 ug/kg
- **peces**: 50 ug/kg



Ambigüedades de las recomendaciones de la Xunta de Galicia, AESA y AFSSA para el establecimiento de valores guía o límites de seguridad alimentaria en niveles de HAPs:

- **valores guía vs. límites de seguridad** (obligado cumplimiento)
- No describen la **metodología analítica a emplear**.
- Los límites se refieren a la **parte comestible** pero no explicitan cuales son los **tejidos a analizar** y si los valores límite se refieren a tejidos concretos o al animal completo
- No justifican **por que los límites máximos difieren en peces, moluscos y crustáceos**, cuando los efectos para la salud humana deberían ser equivalentes.
- **No explican las bases de la estimación del límite**, excepto en el caso de la AFSSA, que debe estar basado en estimaciones de la frecuencia de consumo por la población de esos productos y el peso corporal medio.



Cómo se deberían establecer los límites de seguridad

EUROPA: Consumo medio de benzo(a)pireno

6 ng / kg peso · día

70 kg peso: 420 ng / día = 0.42 ug / día

EFECTOS CARCINOGENICOS

(consumo crónico en animales experimentales)

aprox. 35 ng/kg peso · día

70 kg peso: 2450 ng / día = 2.45 ug / día

TOXICIDAD AGUDA

aprox. 3 mg/kg peso · día

70 kg peso: 210 mg / día = 210000 ug / día

LÍMITE DE SEGURIDAD

Peces 20 ug / kg peso seco = 5 ug / kg peso fresco

Moluscos 200 ug / kg peso seco = 40 ug / kg peso fresco



Niveles de HAPs en recursos de Galicia: Datos del IEO (Dic y Ene)

Especie (zona)	Suma de 6 HAPs (ug/kg peso seco)
Percebe (Costa da Vela)	135
Navaja	132
Erizo	201-246
Peces (plataforma) (músculo)	aprox. 0

Informe no. 5 IEO

Invertebrados: Enero 2003

Peces: Diciembre 2002 y Enero 2003



Niveles de HAPs en recursos de Galicia: Datos Xunta de Galicia

Especie (zona)	Suma de 6 HAPs (ug/kg peso seco)
Mejillón (zonas no afectadas)	<100
Mejillón (Corme)	1754
Moluscos (zonas no afectadas)	<200
Berberecho (Cíes, Corcubión)	>200
Navaja (Cíes)	>200
Percebe	<200 N=12 >200 N=5
Cefalópodos, Crustáceos y Peces	aprox. 0



Una reflexión final ...

Table 1 Money spent by Exxon Corporation subsequent to EVOS (in millions of dollars) (11, 155)

Immediate Costs (1989, 1990)	
Cleanup	\$2,000
Fishermen	300
Out-of-Court Settlement (1991–2001)	
Damage assessment	214
Habitat protection	375
Administrative costs	35
Research, monitoring and general restoration	180
Restoration reserve	108
Accumulated interest less Court fees	12
TOTAL	\$3,224
Civil Trial (1995)	
Compensation to fishermen	\$287
Punitive compensation (under appeal)	5000

Paine et al. (1996). Ann. Rev. Ecol. Syst.



Efectos comerciales

- **Nicho de mercado del producto gallego:**
 - Alta calidad
 - Alto precio



- **Desconfianza del consumidor**
- **Entrada de productos sustitutivos en el mercado:**
 - Origen geográfico
 - Especies nuevas
 - Acuicultura

