

# 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 Estudios 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 2<sup>a</sup> 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

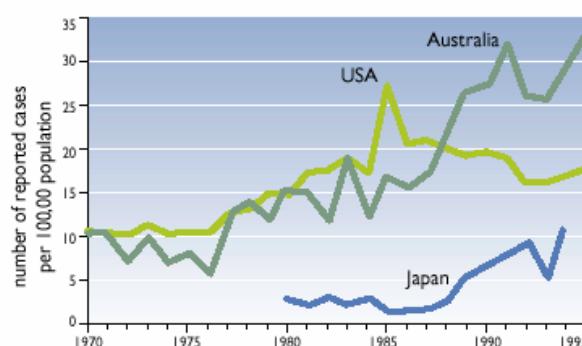
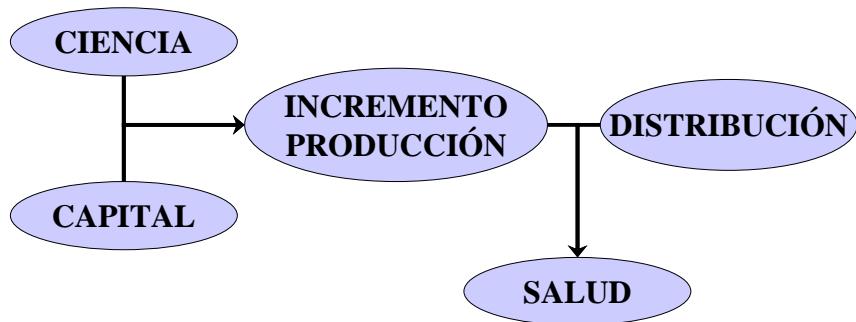


Figure 4 Increasing trends in reported food-borne salmonellosis in Japan, United States and Australia (from Käferstein et al, 1997).



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

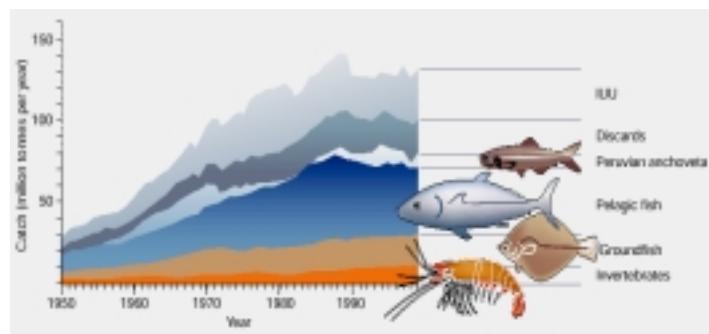


## Visión tradicional de la seguridad alimentaria de los productos de la pesca

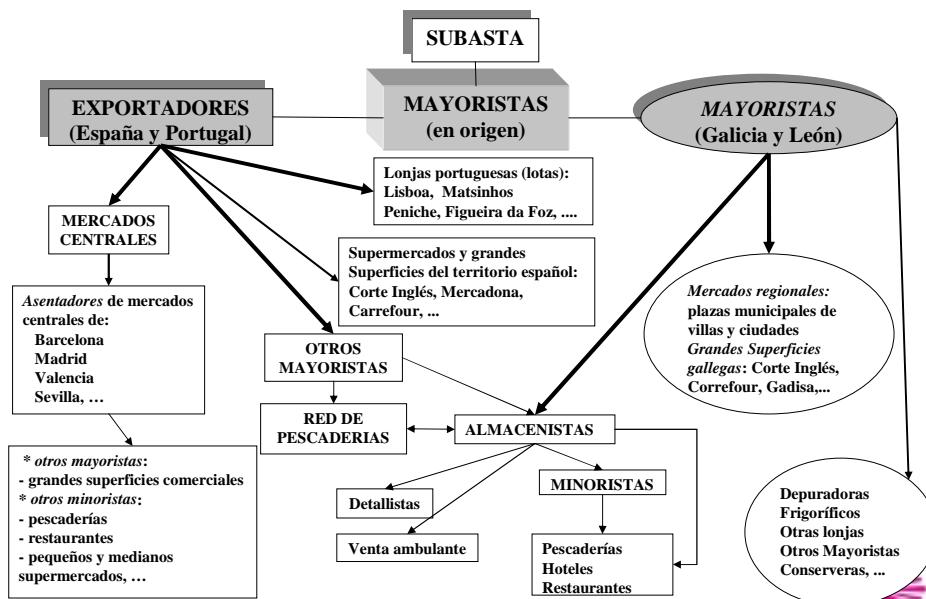


## El problema de la trazabilidad

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



### 2) Redes complejas de distribución



## Necesidad de nuevos modelos de producción de alimentos

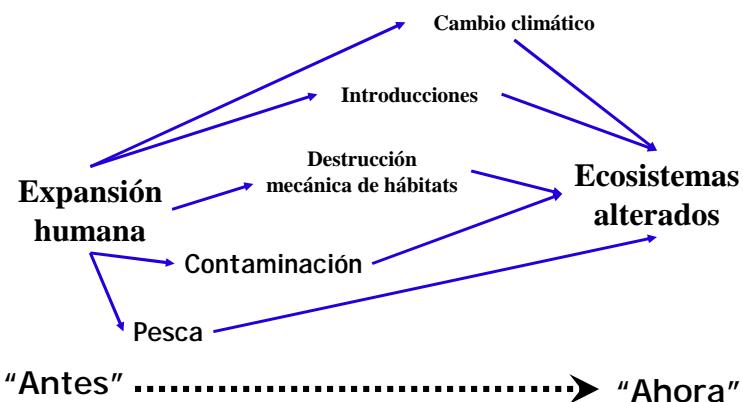
- Los ecosistemas como sistemas complejos
- El hombre como parte integrante del ecosistema
- Incertidumbre sobre el funcionamiento del sistema

### Pesca, marisqueo, acuicultura extensiva

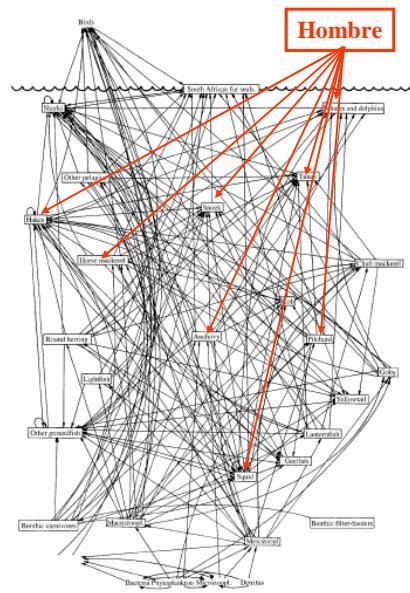
- Sistemas de producción “naturales” (escaso o nulo control humano)



## Actividades humanas que afectan a los ecosistemas marinos



## Ecosistemas como redes complejas



## Gestión de ecosistemas marinos

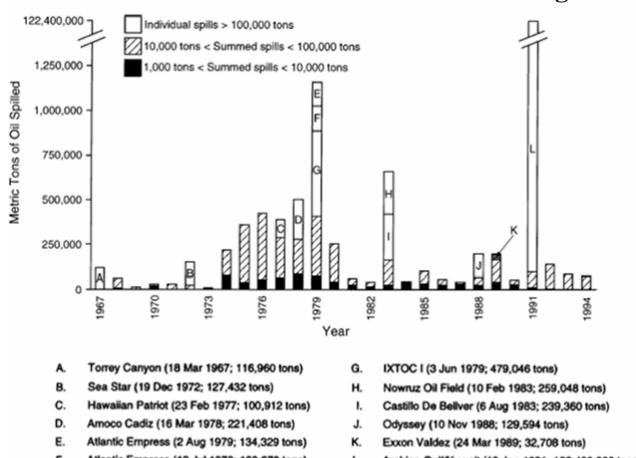
- **Monitorización**
  - **Participación local (productores, consumidores, otros usuarios):**
    - **Conocimiento local**
    - **Toma de decisiones**

## 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



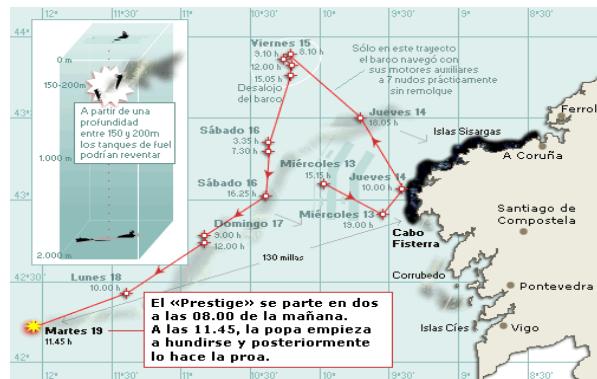
Paine et al. (1996). *Ann. Rev. Ecol. Syst.*

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

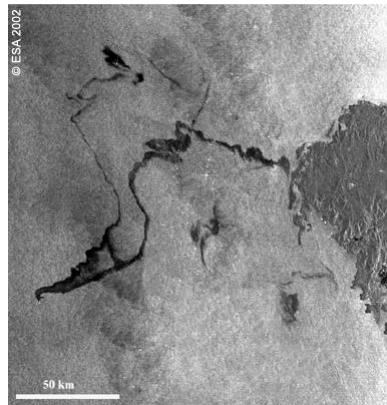
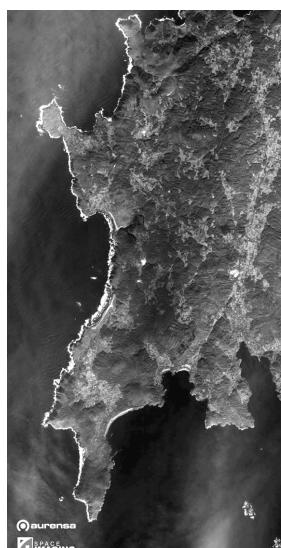


## Escala geográfica

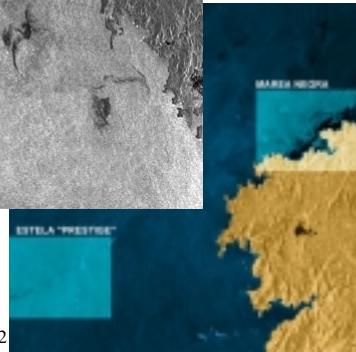
13 – 19 Noviembre



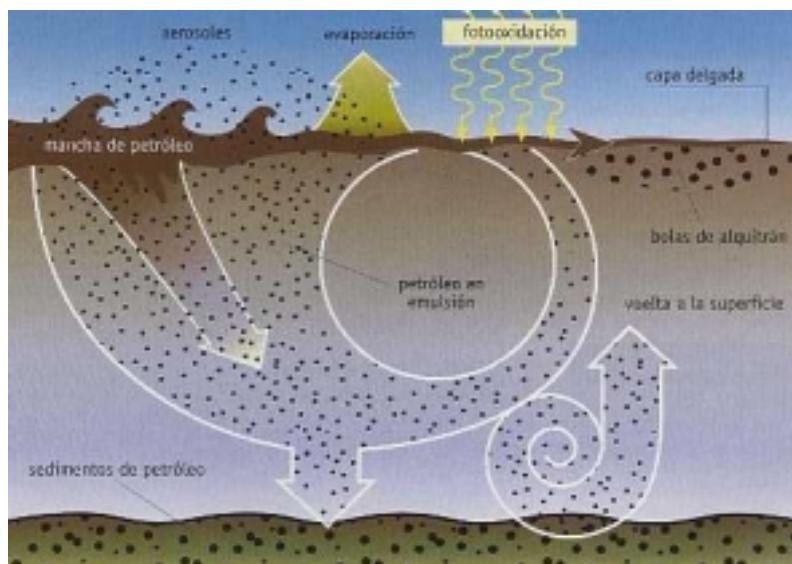
## Áreas afectadas: Costa atlántica gallega



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



## Hábitats afectados



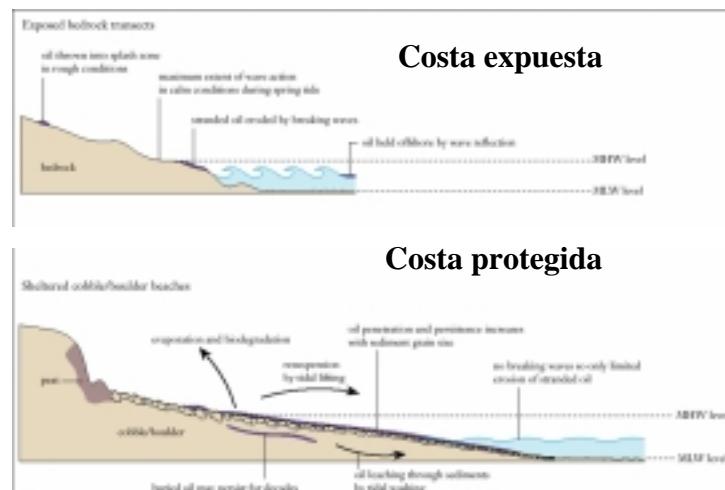
## Hábitats afectados

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

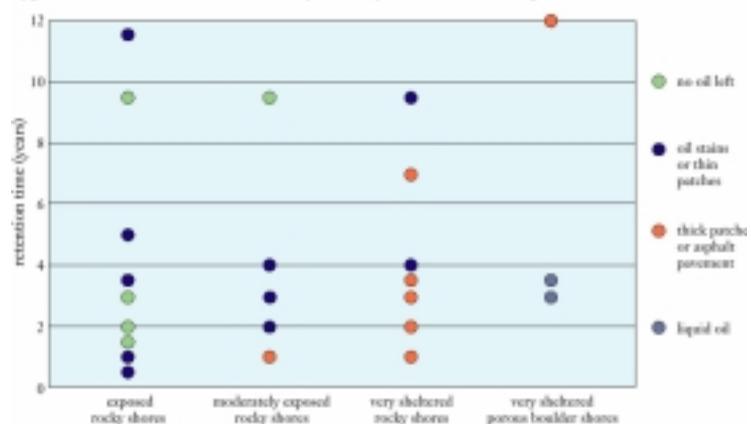


Informes del IPIECA, Vol. 7



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

Typical oil residence times on a variety of rocky shores (no clean up)



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 (%)
<i>Prestige</i> Fuel inicial (1)	52.8	26.6	8.4	12.2
<i>Prestige</i> Emulsión (2)	50.3	24.6	9.9	14.2
<i>Prestige</i> Envejecido (3)	48.5 ± 1.0	37.6 ± 1.9	8.3 ± 0.8	5.6 ± 0.6
<i>Prestige</i> Envejecido (4)	22	50	28	
<i>Erika</i>	22.2	55.6	15.6	6.6
<i>Baltic Carrier</i>	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, Titano
$>10^2$	< 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 fûts du Prestige  
(échantillons Cove et Allette) et de l'Erika

Composé	PRESTIGE		ERIKA	
	Cove	Allette	IFREMER	IFP
nickel (ug/g)	55 ± 1	28 ± 3	41 ± 1	39
vanadium (ug/g)	170 ± 5	77 ± 3	87 ± 3	89
cadmium (ug/g)	< 0.1	-	-	-
plomb (ug/g)	< 0.5	-	-	-
chromé (ug/g)	0.31	0.96	-	-
cobalt (ug/g)	< 0.1	-	-	-
V/TM	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 fûts du Prestige (échantillon Allette PRE02-104) 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.

Composé	Abréviation	Prestige Allette 18/11/02 PRE02-104	RSD	Erika Plage 27/déc/99	Erika Réf. Dunkerque	RSD
			N°3			%
		mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%
Naphthalène	Naphthalène	190	2,6	99	597	2,0
C1-naphthalènes	C1-N	1184	1,9	636	2868	1,3
C2-naphthalènes	C2-N	2076	1,7	963	4263	2,4
C3-naphthalènes	C3-N	1646	1,6	702	3017	0,6
C4-naphthalènes	C4-N	820	1,4	369	1519	2,4
Acenaphthylène	Acenaphthylène	14	2,4	5	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
Fluoranthène	Fluoranthène	675	0,6	176	548	1,7
Anthracène	Anthracène	44	0,3	32	99	2,0
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
Pyrène	Pyrène	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	620	1797	2,8
Benzanthracène	Benz-Anthr	38	1,6	83	1174	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	106	5,6	282	380	3,1
Benzofluorène	Benzofl-Pyrène	35	4,8	45	95	3,7
Benzofluorène	Benzofl-Pyrène	22	4	10	100	6
Pyrène	Pyrène	10	12,1	18	28	9
Inden 1,2,3-cd-pyrène	Indeno-Pyrène	6	9,5	15	92	10,1
Inden 1,2,3-phenanthrènes	DBA	4	8	10	3	9,8
Inden 1,2,3-phenanthrènes	Biphenyl-Pyrène	19	3,2	20	39	10
	DBT	82	1,7	55	101	1,2
C1-dibenzothiophènes	C1-DBT	236	9,8	449	1	
C2-dibenzothiophènes	C2-DBT	656	4,6	266	1055	4
C3-dibenzothiophènes	C3-DBT	342	8,7	238	938	4,4
Dibenzothiophènes	DBT	75	4,2	128	309	6,4
C1-dibenzothiophènes	C1-BNTs	261	2,2	288	771	3,4

... 1-1, C-2, C-3, C-4 pour moins de 10 en cette catégorie

... On n'a pas réussi à enlever des composés

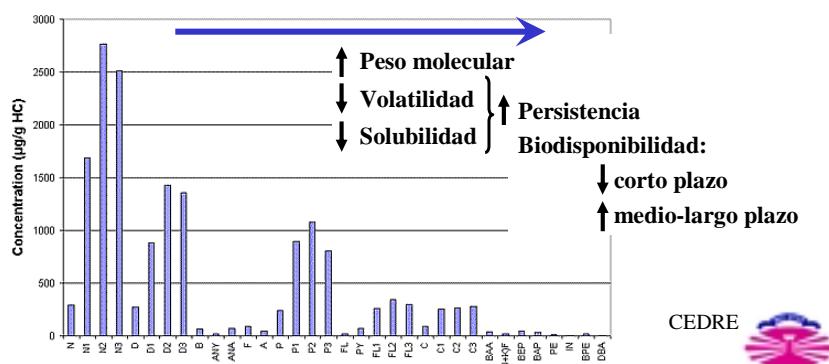
## Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) del Prestige y del Erika

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

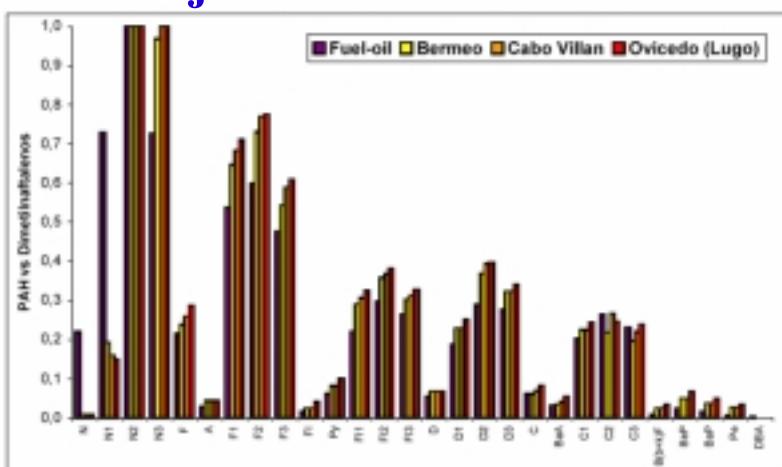


Figura 2b. Distribuciones relativas de hidrocarburos aromáticos policíclicos del fuel-oil del Prestige, y de muestras recogidas en la costa al cabo de un mes (Bermeo) y dos meses (Cabo Villan y Oviedo) del vertido. N: naftaleno. F: fenantreno. D: dibenzofluorofeno. C: criseno



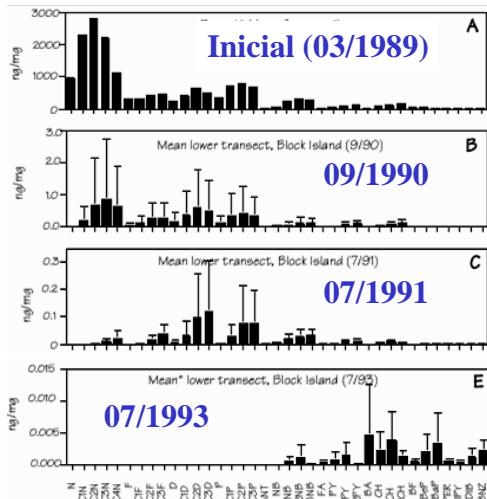


Figure 12. Histogram plot comparison of the PAH profile for the Exxon Valdez reference oil and the mean PAH concentration of sediment samples collected along the lower intertidal transect at Block Island. Each plotted value is the mean of five replicates except for plot E. Plot E shows results for the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

NOAA Tech. Mem. NOS ORCA 114



## 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:

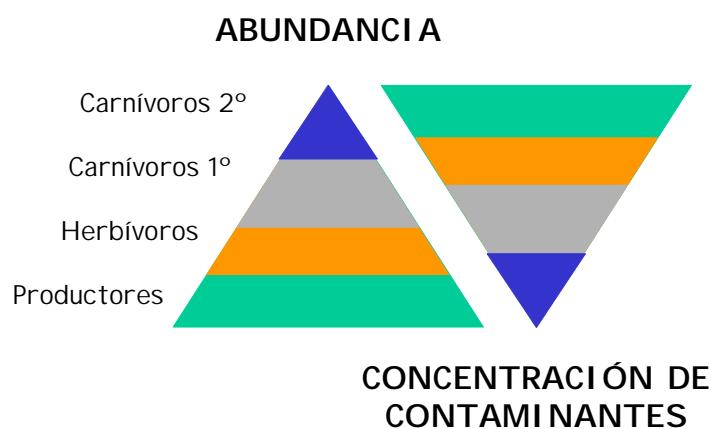
- Naftaleno??

### Crónica / medio, largo plazo:

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



## ¿Qué es la bioacumulación?



## Bioacumulación. ¿Por qué?

1. HAPs hidrófobos: acumulación en tejidos grados
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):
    - o Ciclo vital largo
    - o Presas con niveles tóxicos elevados



## Redes tróficas: Vías de entrada de contaminantes

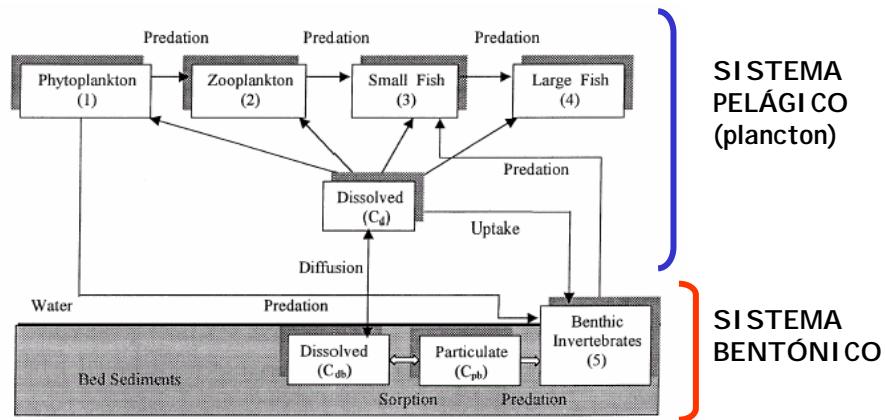
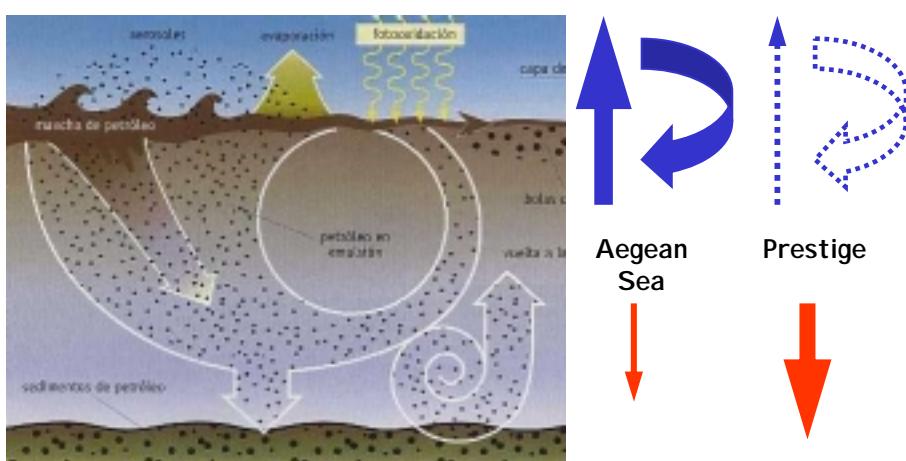


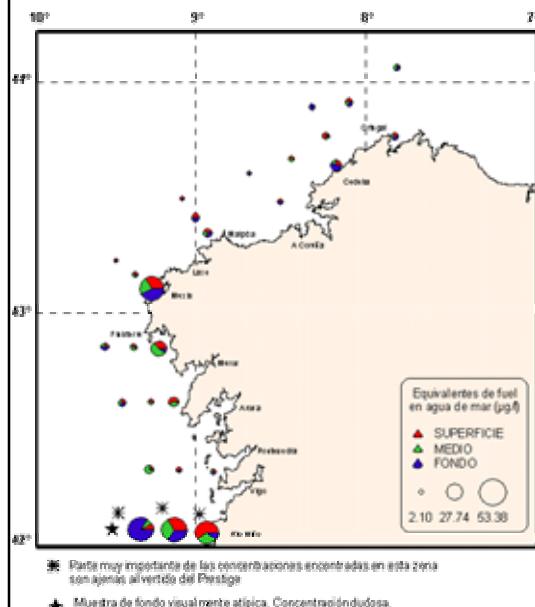
Fig. 2 Schematic of the oil spill-food chain interaction model.

Gin et al. Mar. Poll. Bull. 2001



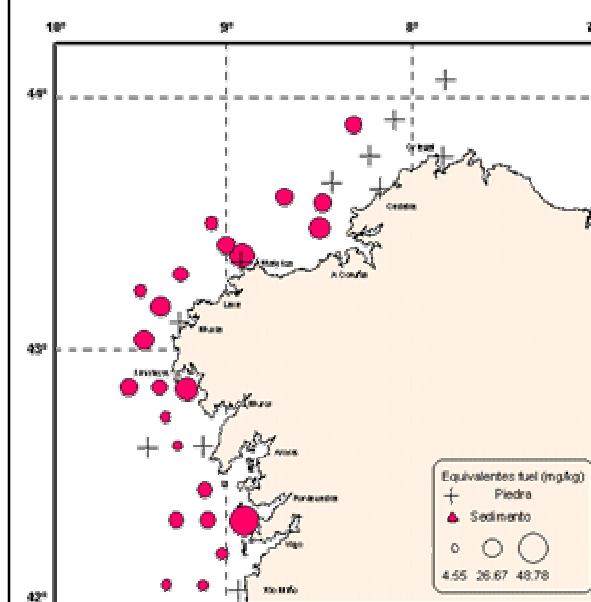
## Hidrocarburos en columna de agua o sedimentos





## Niveles de hidrocarburos relativamente bajos en agua (plataforma continental)

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

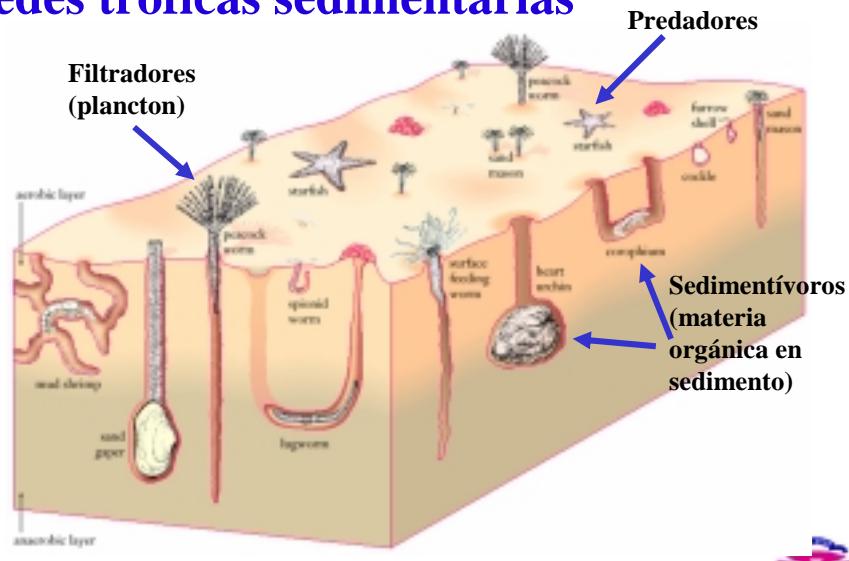


## Niveles de hidrocarburos altos en sedimentos

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

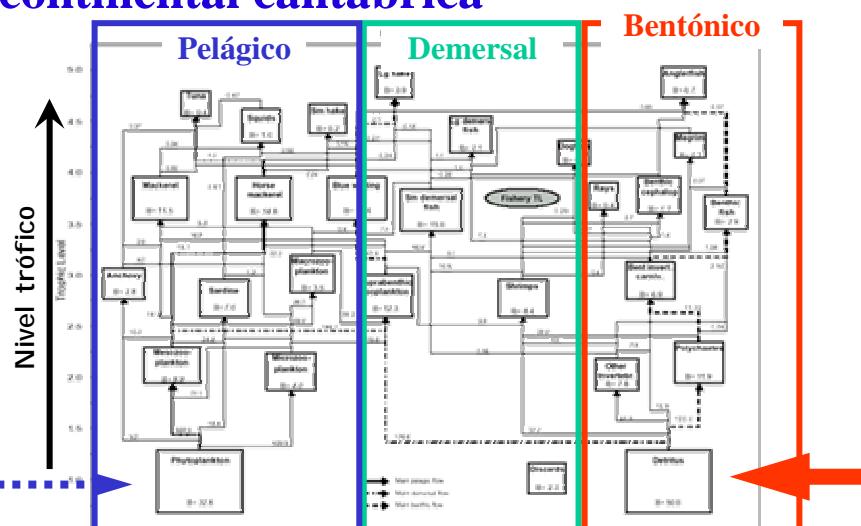
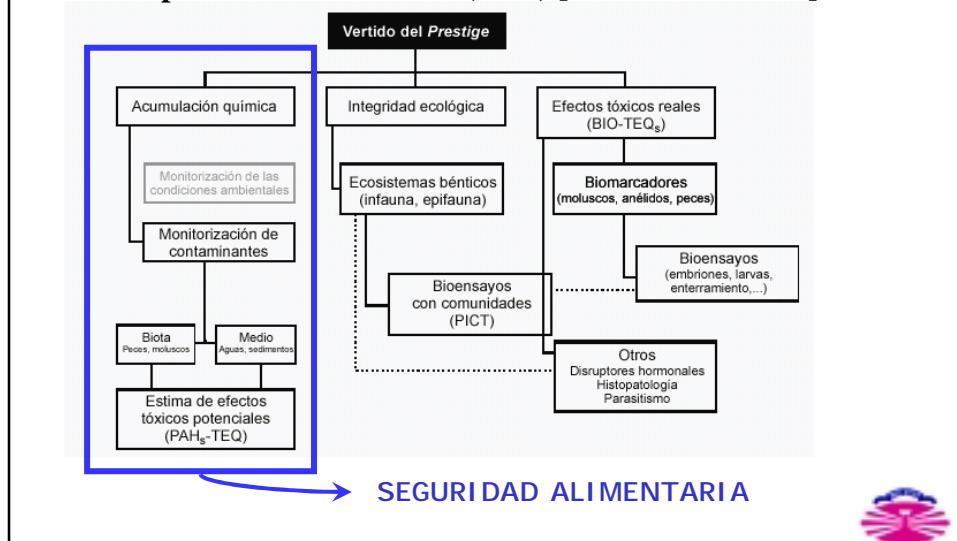


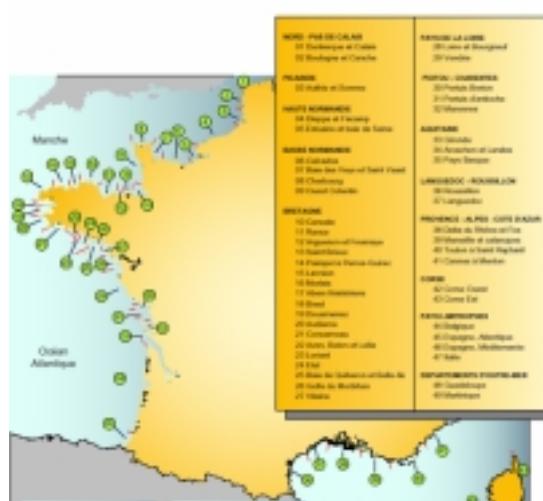
Figure 2. Main trophic interactions in the Cantabrian Sea, 1984. The boxes are arranged on the y-axis after trophic levels, and to some degree on a pelagic scale on the x-axis. Main flows are expressed in  $\text{t km}^{-2} \text{ year}^{-1}$  and the biomass of each trophic group (B) in  $\text{t km}^{-2}$ . Minor flows, respiration, catch backflows in this direction are omitted.

## Redes de monitorización y gestión de recursos

## Propuesta de Carballeira (2003) [Ciencias Marinas]

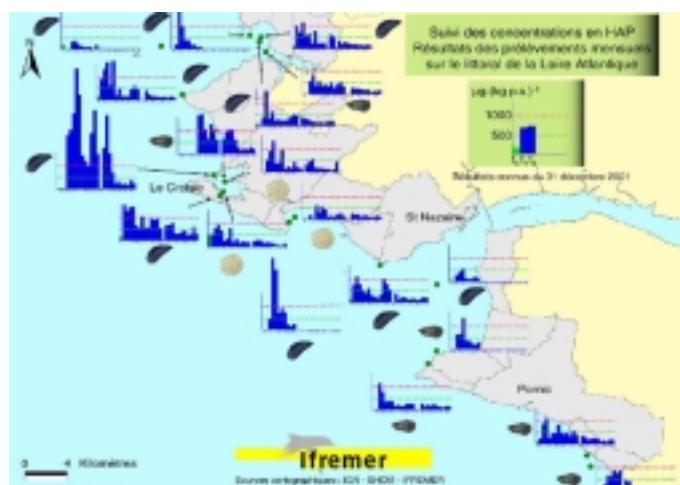


## Red de monitorización del medio marino en Francia (1994-)



IFREMER,  
Surveillance du  
Milieu Marin

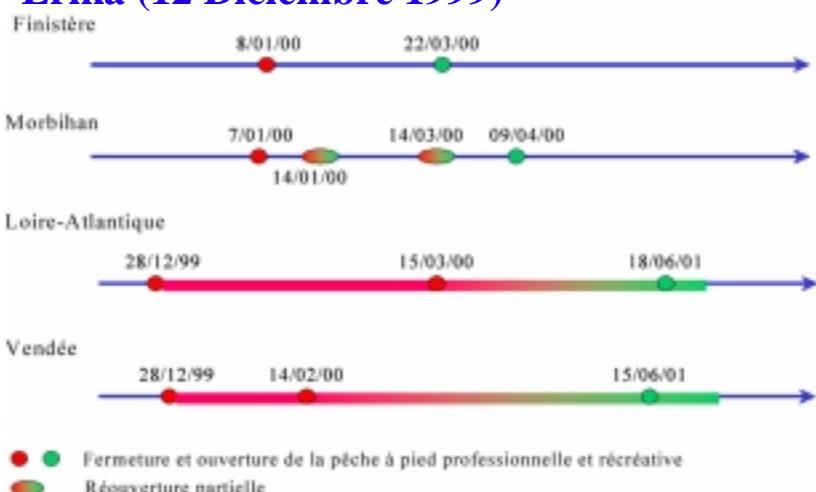
## Seguimiento de contaminantes (HAPs) procedentes del Erika (mejillón y ostra)



IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



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

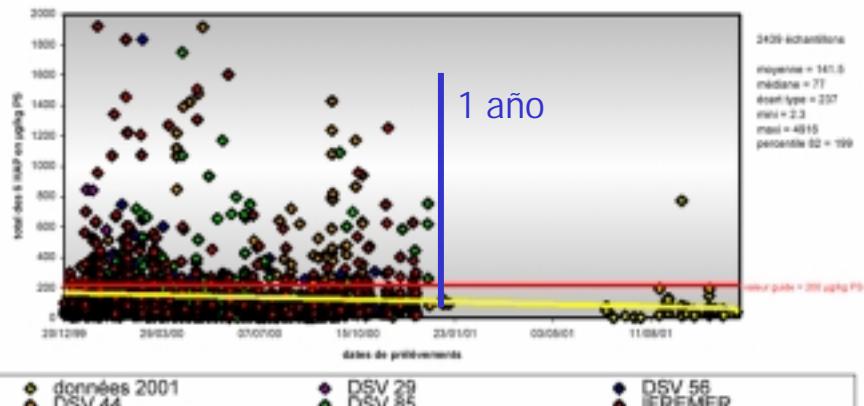


IFREMER, Surveillance du Milieu Marin



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

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

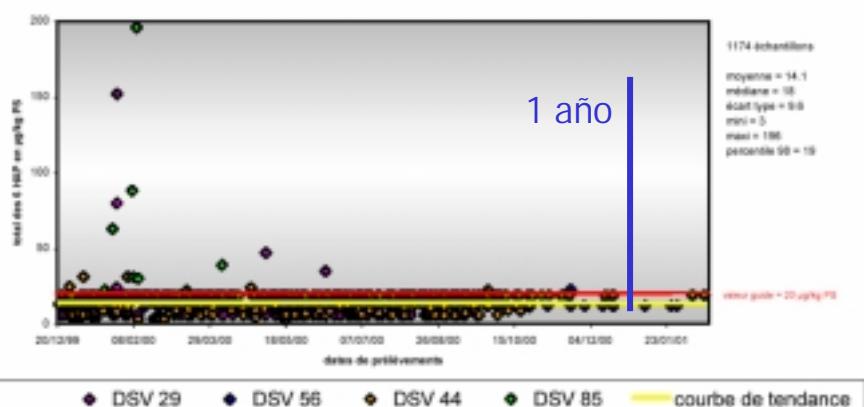


Agencia Francesa de Sanidad y Seguridad Alimentaria (AFSSA)



## 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

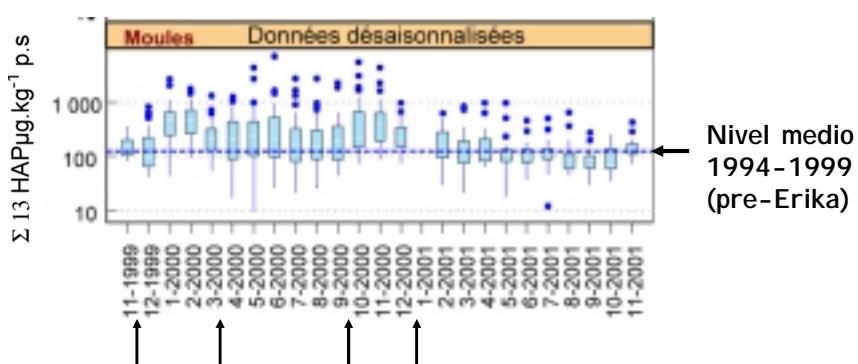


Graphique 5 : Variations temporelles des concentrations en dérivés alkylés des HAP (somme en  $\mu\text{g/kg}$  poids sec, dérivés alkylés des composés hétérocycliques soufrés non inclus) en fonction du temps dans les échantillons. (Source : Ifremer Projet MOL-ERIKA programme MEDD : Suivi des conséquences écologiques et écotoxicoologiques dues au naufrage de l'Erika)

Agencia Francesa de Sanidad y Seguridad Alimentaria (AFSSA)



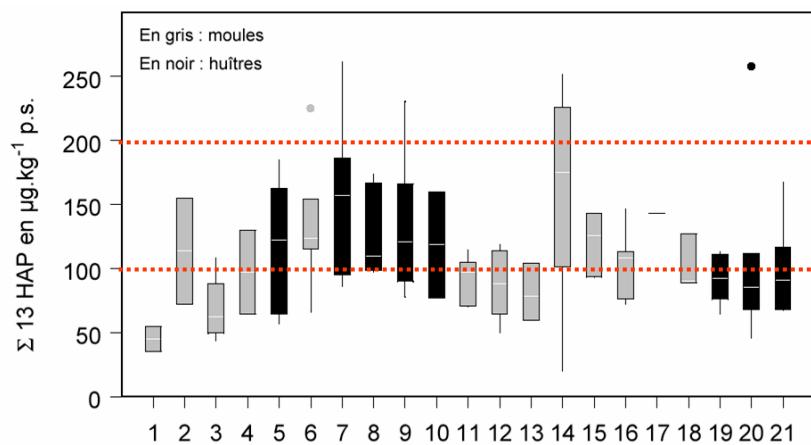
## Biomonitorización con mejillón: El Erika provocó dos eventos de contaminación



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



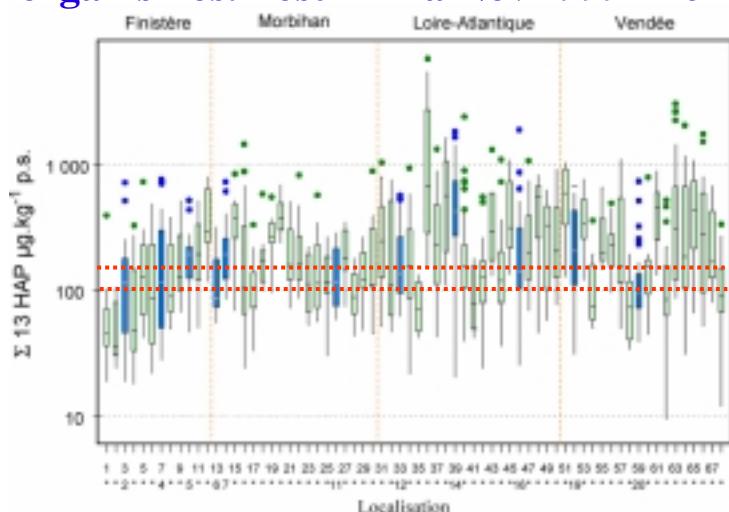
## Variabilidad espacial en HAPs en organismos. Pre-Erika 1994-1999



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

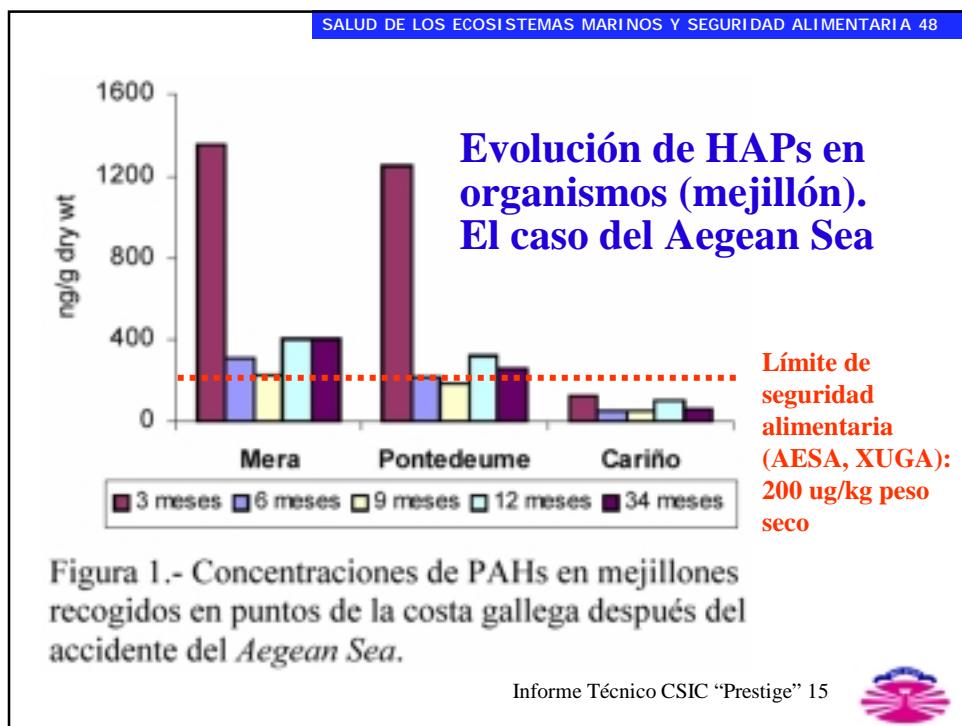
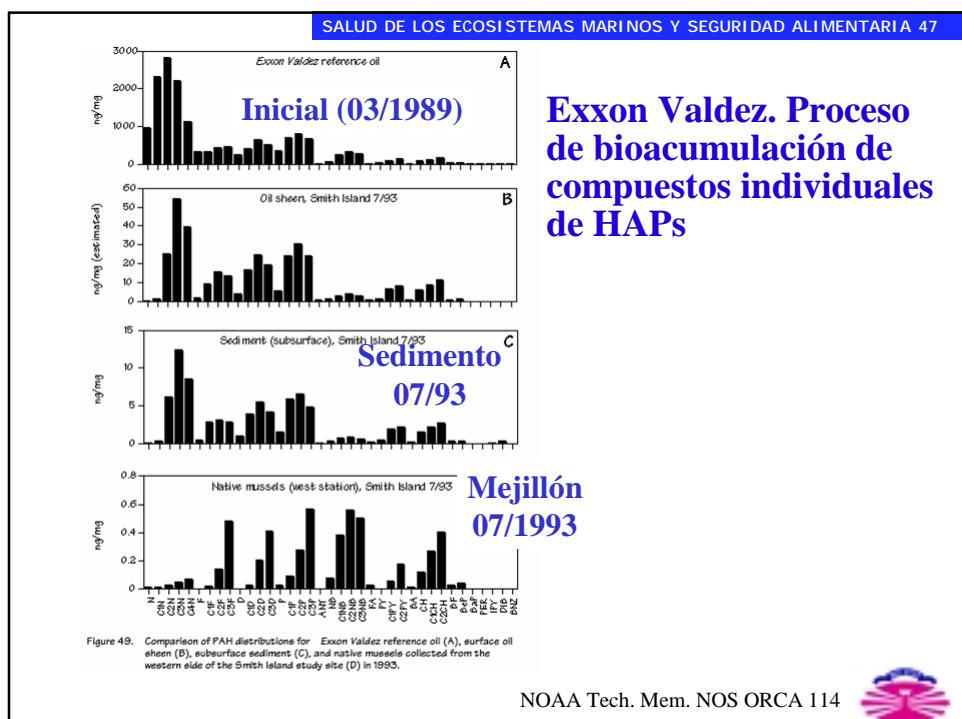


## Variabilidad espacial en HAPs en organismos. Post-Erika Nov 1999-Dic 2001



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





## 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.ccmm-prestige.cesga.es/>

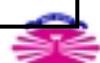
- No existen criterios explícitos de selección de especies o número de muestras
- Esfuerzo intensivo de muestreo sólo inmediatamente antes de la apertura de la pesca o marisqueo
- Se proporcionan muy pocos datos de zonas afectadas y cerradas a la pesca (no existen??)



## 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 (mucho 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
<b>TOTAL</b>	<b>\$3,224</b>
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

