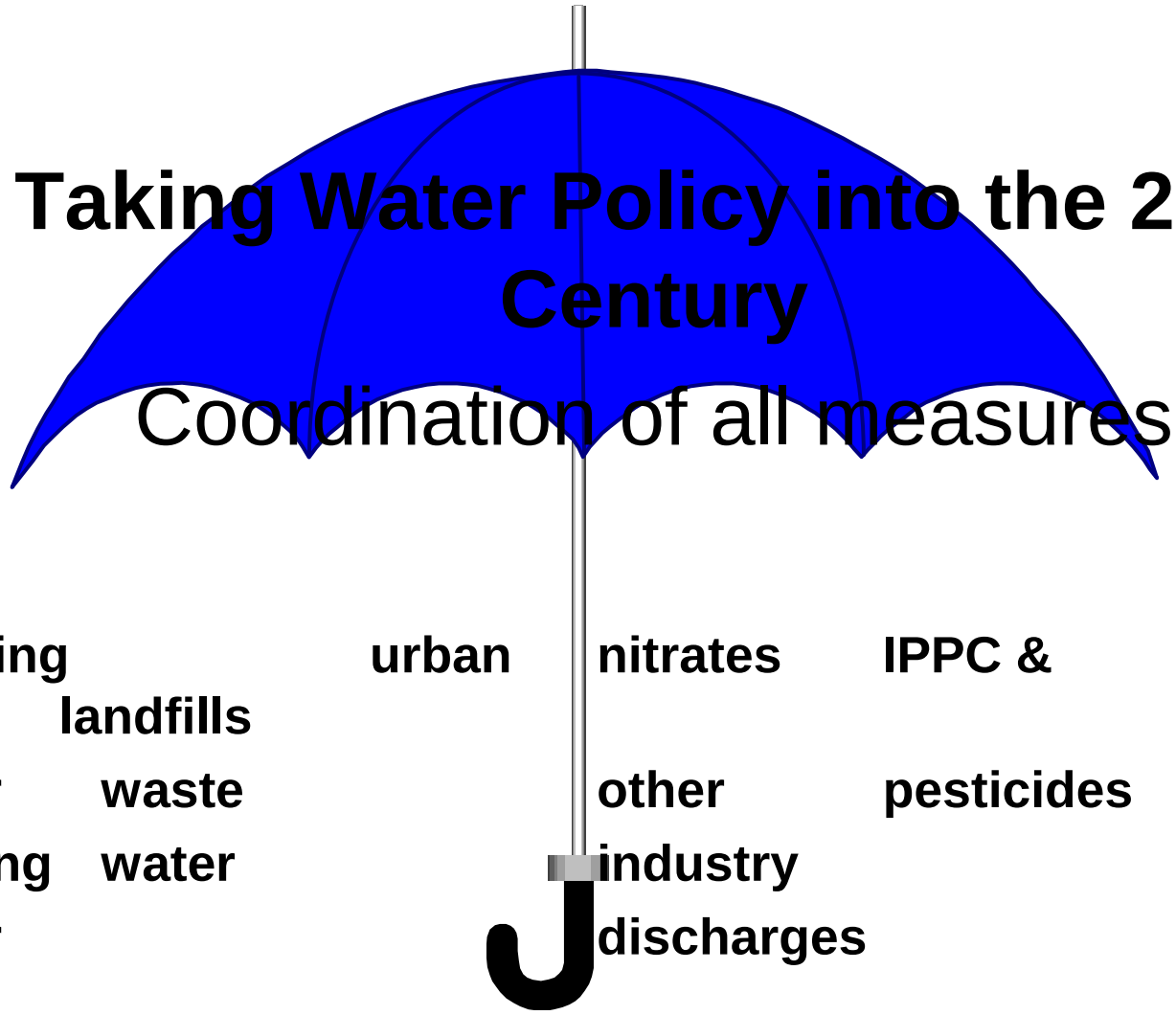
Legal issues pertaining waste water treatment and reuse

- EU perspective on priority and emerging substances

Damià Barceló

IIQAB-CSIC, Department of Environmental Chemistry, Barcelona, Spain

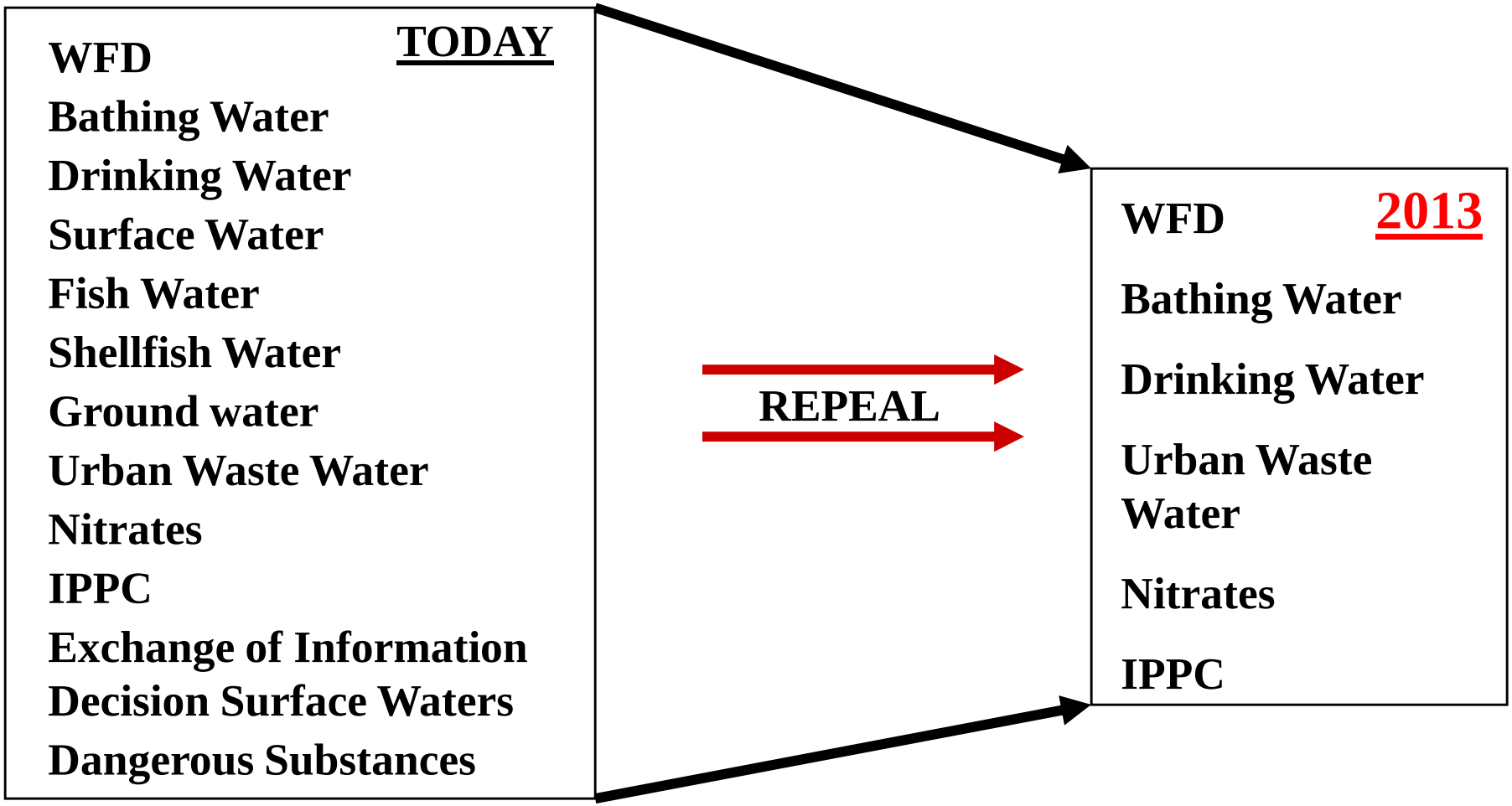
Water Framework Directive



Water Framework Directive

- Sustainable water use into the 21st century
- Implement the polluter pays principle
- A coherent structure for water policy

Evolvement of Water Legislation



Research and Water

EU Water Framework Directive

GLOBAL VISIONS, LOCAL ACTIONS

- **Expands the scope of Water Protection to all waters, surface waters and groundwater - INTEGRATED APPROACHES**
- **Achieving good status for all waters by a set deadline**
- **Water management based on River basin**
- **“Combined approach of Emission limit” values and Quality standards, including common ecological objectives**
- **Monitoring and data collection**

Common ecological objectives

Good status of all waters within 15 years

Surface water

- Chemical
- Ecological
- Phase out hazardous substances

Groundwater

- Chemical
- Quantitative
- Trend reversal

What is Good Status?

Surface water bodies

- Defined by poorer of chemical and ecological status.
- Ecological Status includes the elements of:
  - *morphology,*
  - *water quality,*
  - *biology,*
  - *hydrology.*
- Status is measured relative to undisturbed reference conditions.
  - *Defined by monitoring of pristine sites, modelling or expert judgement*

Groundwater

- Objectives apply to “Groundwater Bodies” not groundwater per-se.
- Define by poorer of chemical & quantitative status but in essence:
  - *Abstraction must not exceed long term recharge.*
  - *No significant damage to terrestrial ecosystems (wetlands) from abstraction or pollution.*
  - *Associated surface waters do not deteriorate and achieve good status.*
  - *No saline intrusion*

Delivering "Good Status"
The Programme of Measures

- Split into compulsory *"Basic Measures"* and additional *"Further Measures"*.
- Basic Measures include:
  - **Implementation of existing European legislation.**
  - **Protection and improvement of water bodies used for drinking water.**
  - **Controls on abstraction & impoundment of surface and groundwaters.**
  - **Controls on point sources of pollution including prior authorisation.**
  - **Measures to prevent or control diffuse pollution.**
  - **Controls on aquifer recharge for geothermal, engineering or water resource purposes.**
  - **Measures to eliminate discharges of priority substances and progressively reduce other pollutants.**
  - **Measures to reduce accidental pollution.**

Staged implementation schedule

Obligations for Member States

Transposition into national legislation	**Dec 2003**
Analysis of impacts and pressures	**Dec 2004**
Economic analysis of water use	**Dec 2004**
Monitoring programmes operational	**Dec 2006**
Latest date for starting public participation	**Dec 2006**
River basin management plans	**Dec 2009**

Obligations for the Commission

Daughter Directive Groundwater (Proposal)	**Dec 2002**
List of Priority Substances	**✓ adopted**
Daughter Directive emission controls - Proposal	**Dec 2003**
Daughter Directive quality standards - Proposal	**Dec 2003**
Inter-calibration of quality classification	**Dec 2004**

Recent legislation (after WFD)

Directive 2455/2001/EC
List of priority substances in the field of water policy
(dynamic list of 33 substances, revision every 4 years)

Directive 2006/118/CE, prevention and control of groundwater

Proposal of **Directive (COM(2006) 397 final)** → *maximum admissible concentration and average annual concentration* for priority substances

Water Framework Directive

List of priority substances in the field of water policy

Priority hazardous substances	Priority hazardous substances under review	Priority substances not proposed as priority hazardous substances
Brominated diphenyl ethers (penta) **Cadmium** **Mercury** **C_{10}-C_{13} Chloroalkanes** **Hexachlorobenzene** **Hexachlorocyclohexane** **Tributhyltin** **Hexachlorobutadiene** **Nonylphenols** **PAH** **Pentachlorobenzene**	**Anthracene** **Atrazine** **Chlorpyrifos** **Di(2-ethtlhexyl)phthalate (DEHP)** **Endosulfan** **Lead** **Naphthalene** **Octylphenols** **Pentachlorophenol** **Trichlorobenzenes** **Trifuralin**	**Alachlor** **Benzene** **Chlorfenvinphos** **Dichloromethane** **1,2-Dichloroethane** **Diuron** **Isoproturon** **Nickel** **Simazine** **Trichloromethane**
Subject to phase-our or under consideration for phase-out (or severe restriction) on the international level	Shows properties similar to those identifed as “Priority Hazardous” (group 1) Subject to a review for identification as possible priority hazardous substances by 31 December 2003.	Do not fulfil the criteria for being “toxic, persistent and liable to bio accumulate” Classified as dangerous Subject to emission controls and quality standards

COM(2006) 397 final

Normas de calidad ambiental (NCA) para las sustancias prioritarias

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N°	**Nombre de la sustancia**	**N° CAS**	**NCA-MA[21]** **Aguas superficiales continentales**	**NCA-MA[21]** **Otras aguas superficiales**	**NCA-CMA[22]** **Aguas superficiales continentales**	**NCA-CMA[22]** **Otras aguas superficiales**
(1)	Alacloro	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7
(2)	Antraceno	120-12-7	0,1	0,1	0,4	0,4
(3)	Atrazina	1912-24-9	0,6	0,6	2,0	2,0
(4)	Benceno	71-43-2	10	8	50	50
(5)	Pentabromodifeniléter[23]	32534-81-9	0,0005	0,0002	*no aplicable*	*no aplicable*
(6)	Cadmio y sus compuestos *(en función de las clases de dureza del agua[24])*	7440-43-9	≤ 0,08 (Clase 1) 0,08 (Clase 2) 0,09 (Clase 3) 0,15 (Clase 4) 0,25 (Clase 5)	0,2	≤ 0,45 (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5)	
(7)	Cloroalcanos C10-13	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4

MA: media anual; CMA: concentración máxima admisible, unidades: [µg/l] ([µg/kg] para columna 8).

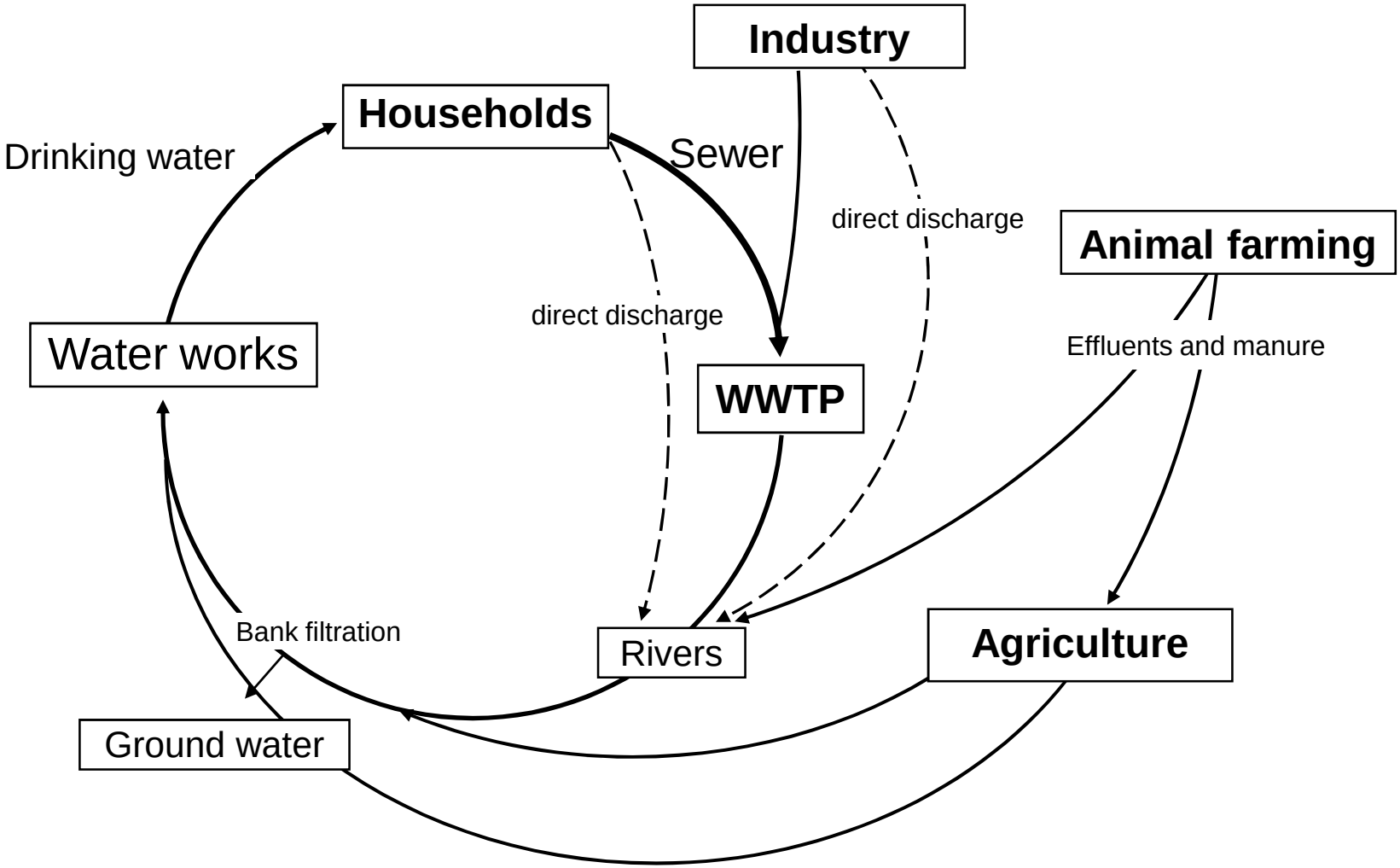
COM(2006) 397 final

Normas de calidad ambiental (NCA) para las sustancias prioritarias

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Nº	**Nombre de la sustancia**	**Nº CAS**	**NCA-MA[21]** **Aguas superficiales continentales**	**NCA-MA[21]** **Otras aguas superficiales**	**NCA-CMA[22]** **Aguas superficiales continentales**	**NCA-CMA[22]** **Otras aguas superficiales**
(9)	Clorpirifós	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1
(10)	1,2-dicloroetano	107-06-2	10	10	*no aplicable*	*no aplicable*
(11)	Diclorometano	75-09-2	20	20	*no aplicable*	*no aplicable*
(12)	Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	*no aplicable*	*no aplicable*
(13)	Diurón	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8
(14)	Endosulfán	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004
(15)	Fluoranteno	206-44-0	0,1	0,1	1	1
(16)	Hexaclorobenceno	118-74-1	0,01	0,01	0,05	0,05
(17)	Hexaclorobutadieno	87-68-3	0,1	0,1	0,6	0,6
(18)	Hexaclorociclohexano	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02
(19)	Isoproturón	34123-59-6	0,3	0,3	1,0	1,0
(20)	Plomo y sus compuestos	7439-92-1	7,2	7,2	*no aplicable*	*no aplicable*
(21)	Mercurio y sus compuestos	7439-97-6	0,05	0,05	0,07	0,07
(22)	Naftaleno	91-20-3	2,4	1,2	*no aplicable*	*no aplicable*
(23)	Níquel y sus compuestos	7440-02-0	20	20	*no aplicable*	*no aplicable*
(24)	Nonilfenol	25154-52-3	0,3	0,3	2,0	2,0
(25)	Octilfenol	1806-26-4	0,1	0,01	*no aplicable*	*no aplicable*

MA: media anual; CMA: concentración máxima admisible, unidades: [µg/l] ([µg/kg] para columna 8).

Important issue: Wastewater treatment and reuse



EU Directives relevant to Waste Water

- **Directive on pollution caused by Dangerous Substances discharged into the aquatic environment (2006/11/CE)**
- **Directives daughters: 86/280/EEC, 88/347/EEC and 90/415/EEC**
  - **Quality objectives are fixed, sampling points, frequency**
  - **Emission limits and Quality Objectives for certain substances like HCB, Chloroform, carbon tetrachloride, dichloroethane, trichloroethylenes,**
  - **Emission at 1-2 ppm, chloroform and Quality objectives at 10 ppb**
  - **Spain, RD 995/2000 fixed 1 ppb for atrazine, metolachlor, simazine and terbuthylazine and 20-30 ppb for chlorobenzene, dichlorobenzene**
- **Directive on Urban Waste Water Treatment (91/271/EEC) to reduce pollution by municipal waste (relevant to endocrines)**

Directive 91/271/EEC (98/15/EEC)
Urban Waste Water Treatment

- **Till year 2000, urban centres >15.000 inhabitants and till year 2005 urban centres >2000 inhabitants should have treatment of wastewaters**
- **Construction of 40.000 treatment plants in EU (till year 2005)**
- **N & West Europe, 80-90 % of wastewater treated, S & East Europe, only 40-50 %**
- **More treatment plants $\Rightarrow$ higher production of sludge (increase from 5.5 to 8.3 millions tons from1992 to 2005)**
- **It is necessary to increase the capacity of collection systems and treatment 22% and 69%, respectively (from 1992 to 2005)**
- **37 cities of more than 150.000 inhabitants do not have treatment of wastewaters (Brighton, Portsmouth, Brussels, Milan, Taranto, Coruña, Cadiz, Oporto, Costa Estoril)**

Wate Water Treatment at the EU year 2000

Zonas urbanas que vierten aguas residuales sin depurar

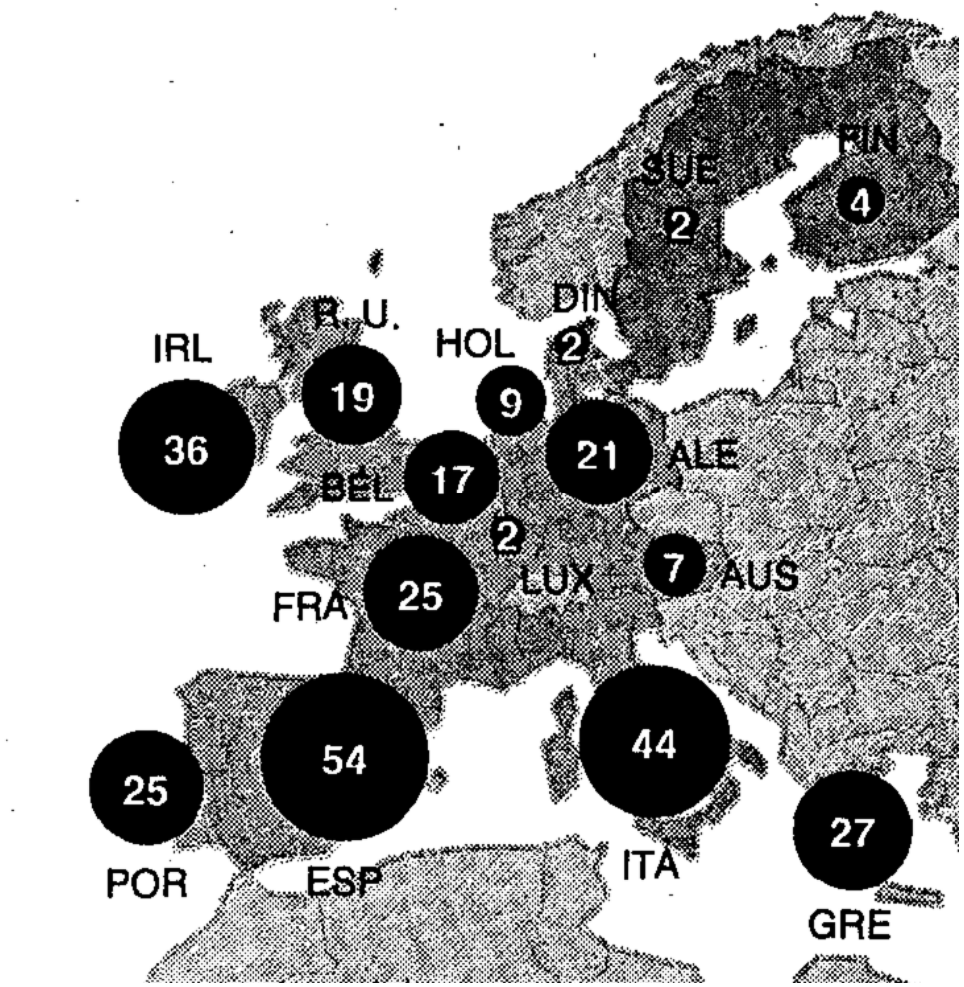
Zonas españolas con tratamiento insuficiente de aguas residuales

Santander
Vigo
Palencia
Pineda de Mar
Barcelona
Salamanca
Castellón
Benidorm
Gandia
Molina de Segura
Mar Menor Sur
Murcia
Benalmádena
Fuengirola
Algeciras
San Fernando de Henares
Palma de Mallorca
Alcalá de Henares

Fuente: Comisión Europea

* Franca y Alemania no han facilitado datos

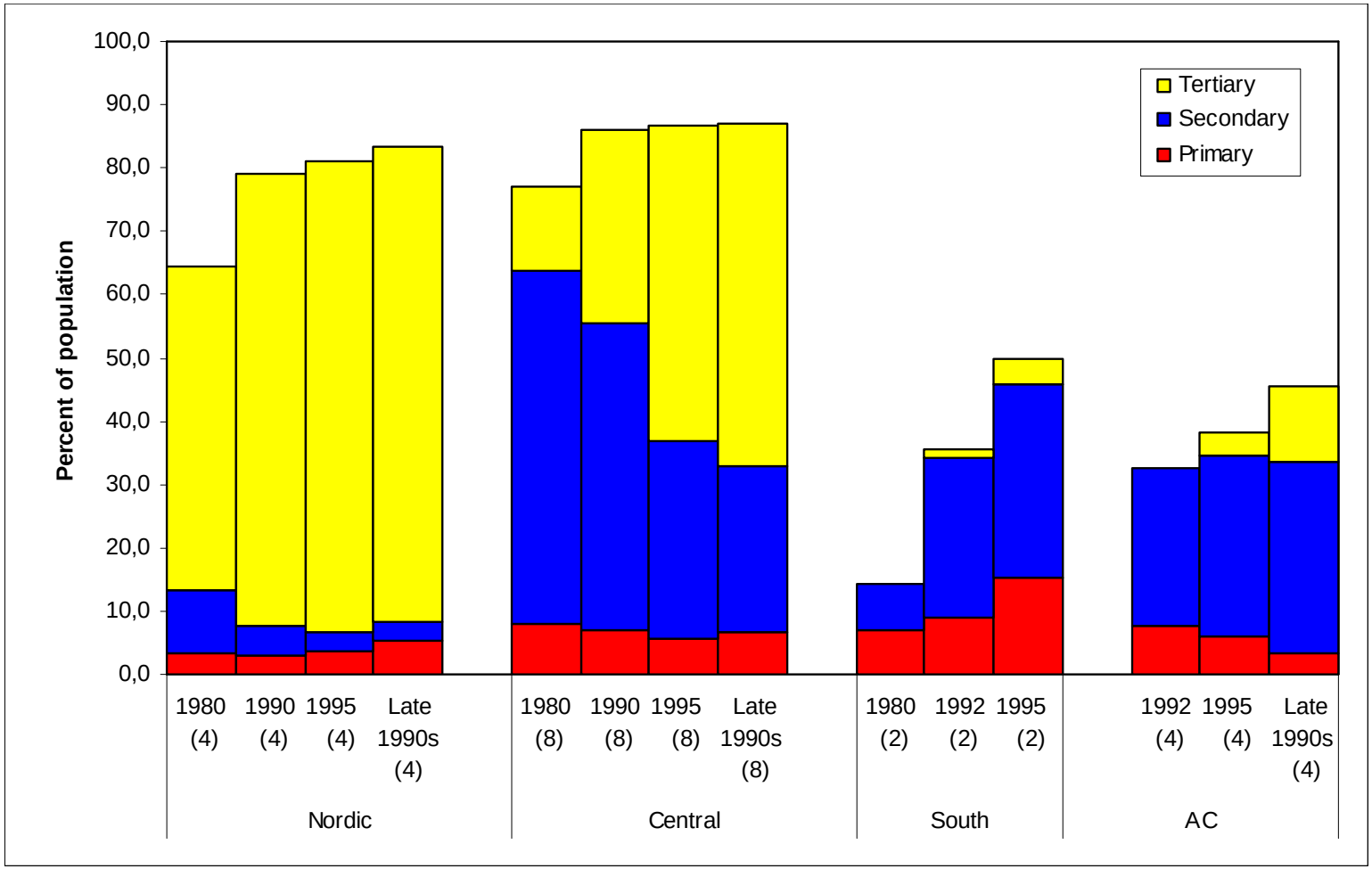
Infraccions a Directives de la UE



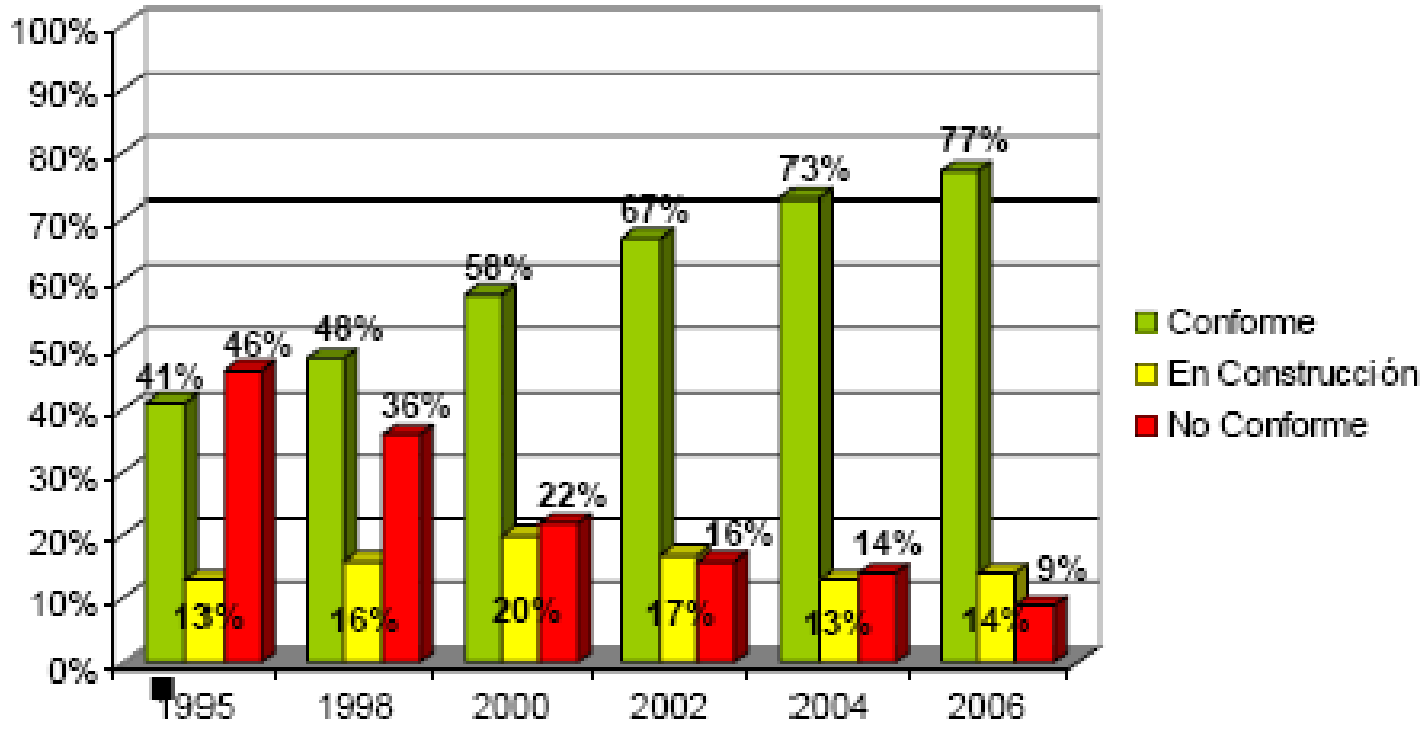
Total EU 15 – 294 nonfulfillments
Year 2005

Pais	Aigua
Spain	9
Italy	4
Irland	8
Greece	8
France	7
Portugal	6
Germany	0
UK	7
Belgium	2
The Netherlands	3
Austria	0
Finland	1
Denmark	0
Luxembourg	1
Sweden	1
Total EU - 15	57

Treatment of wastewaters in Europe



Plan Nacional de Saneamiento y Depuracion (1995 – 2005)



Grau de conformitat amb la Directiva 91/271/CEE

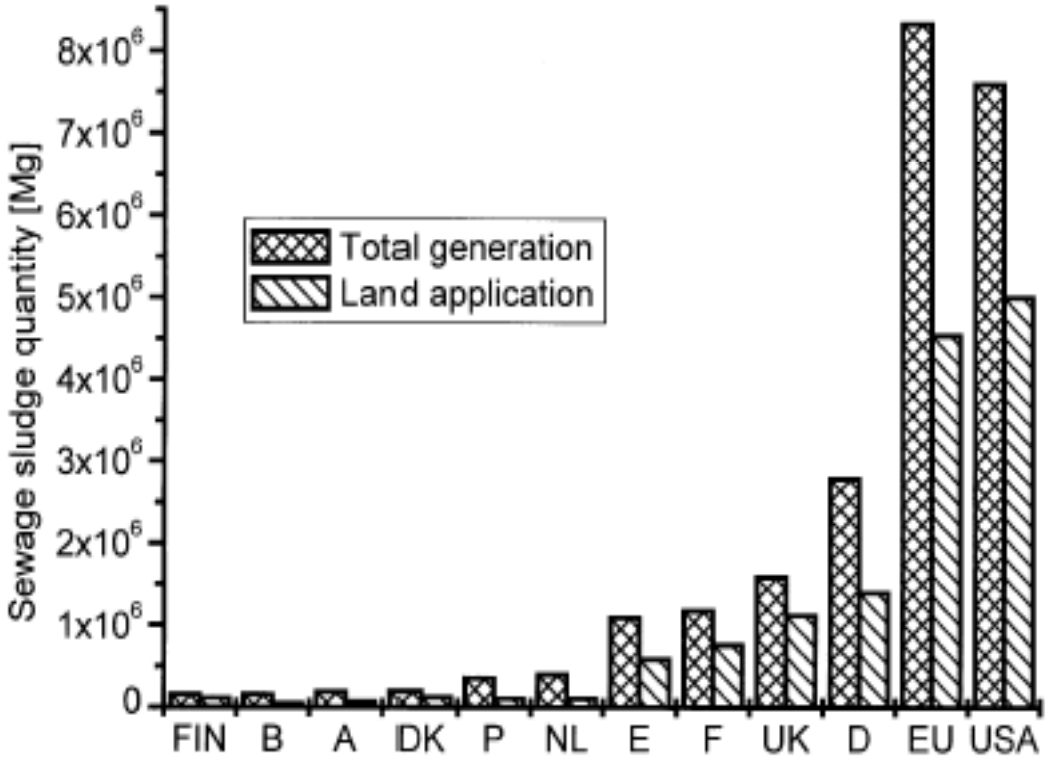
The sludge problem
Policy in the European Union: Fact and Figures

- Production of sewage sludge in European Union: 8 million tons/year
- **Increasing amounts** of sludge due to obligation to subject sewage to biological treatment prior to discharge (Directive 91/271/EEC)
- Aim to **enhance agricultural use** of sewage sludge (favorable properties as soil conditioner and fertilizer)

- **Agricultural application** regulated in terms of sludge quality, loading rate and crop type (Directive 86/278/EEC)
- Draft Directive (2000) setting **cut-off limits** for sludge contaminants: NP/NPEO, phthalates, PAH, PCB and PCDD/F

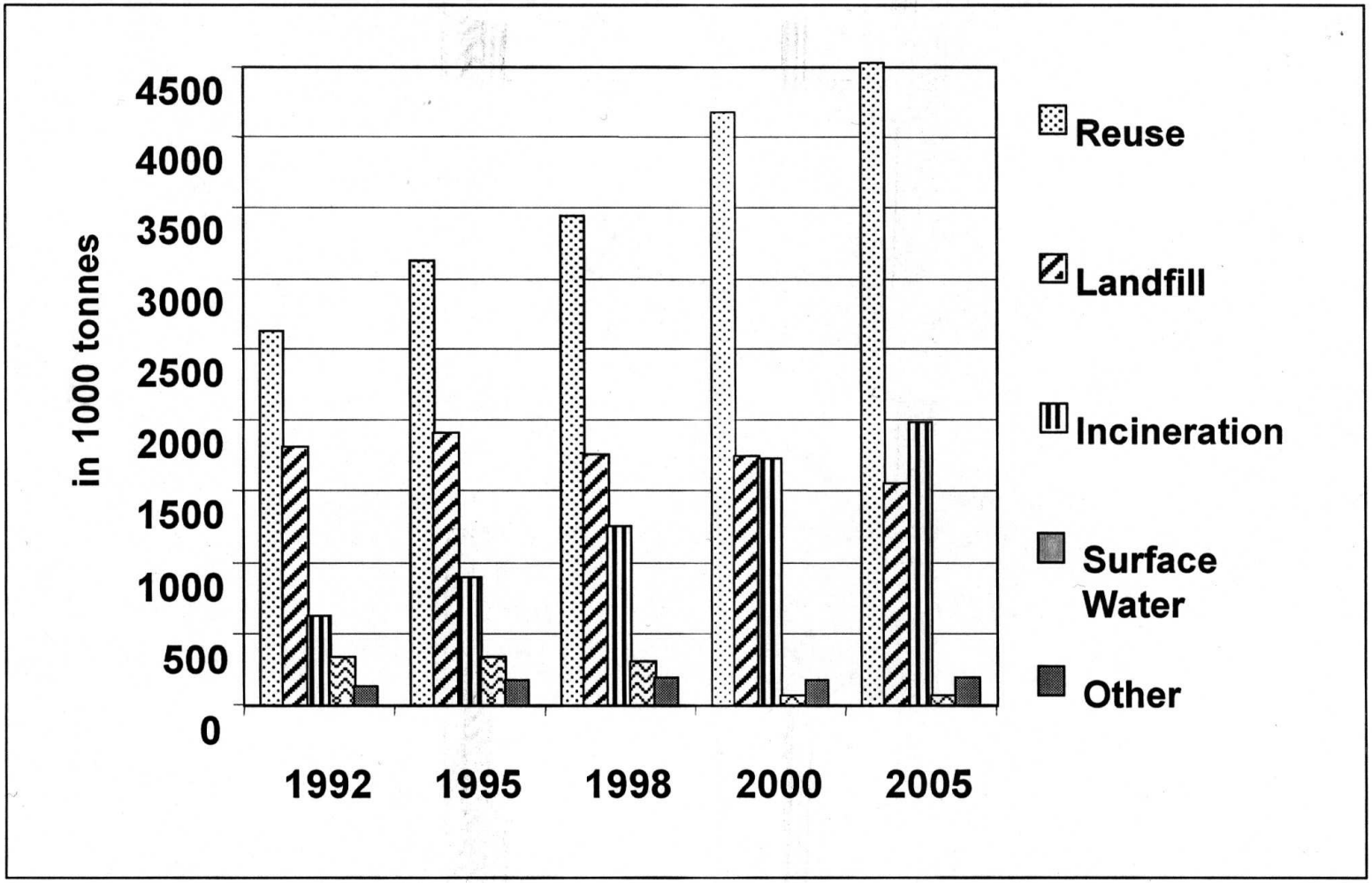
Sludge production and utilization

Expected sewage sludge production and utilization rates of EU member states compared to respective data of the USA in the year 2005

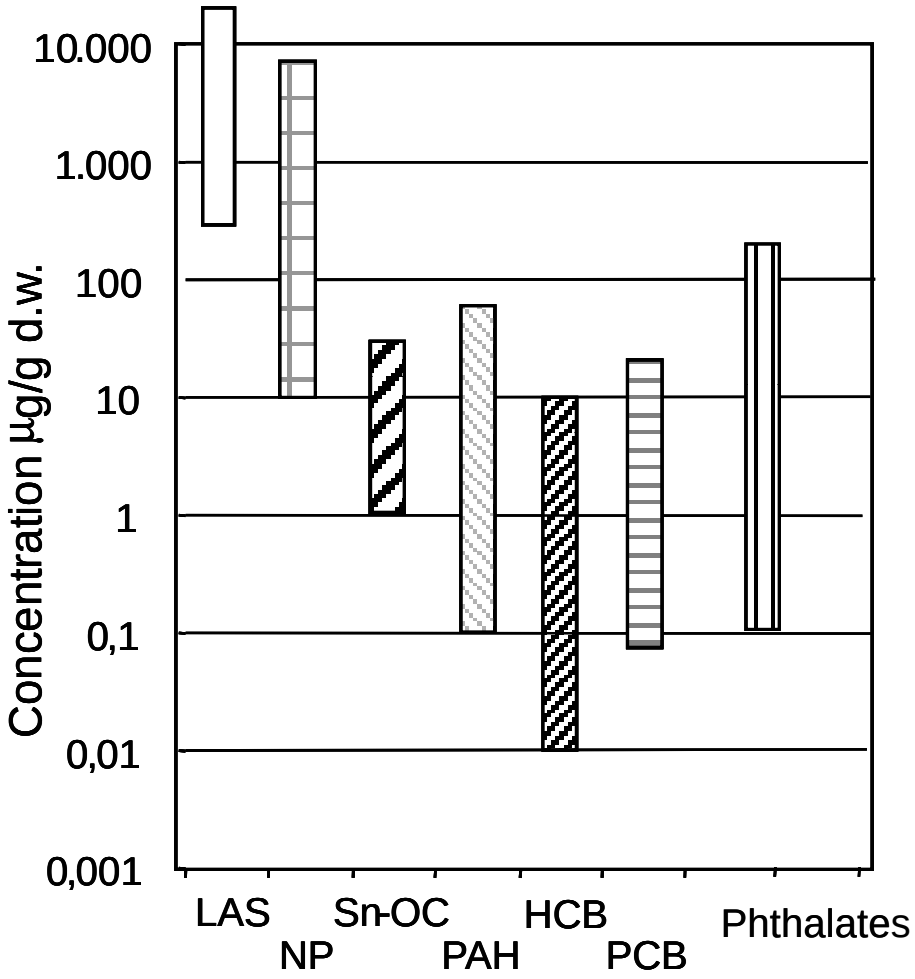


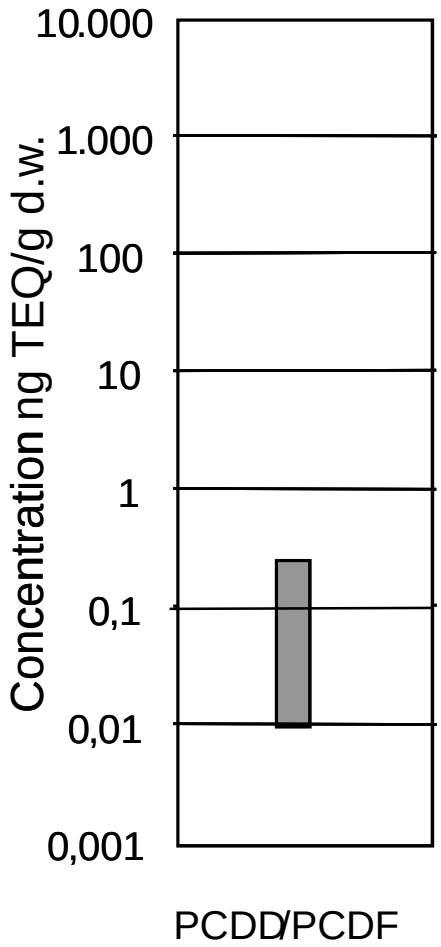
Source: Düring and Gäth, J. Plant Nutr. Soil. Sci (2002) 165, 544

Sludge destination
(sea disposal prohibited in 1998)

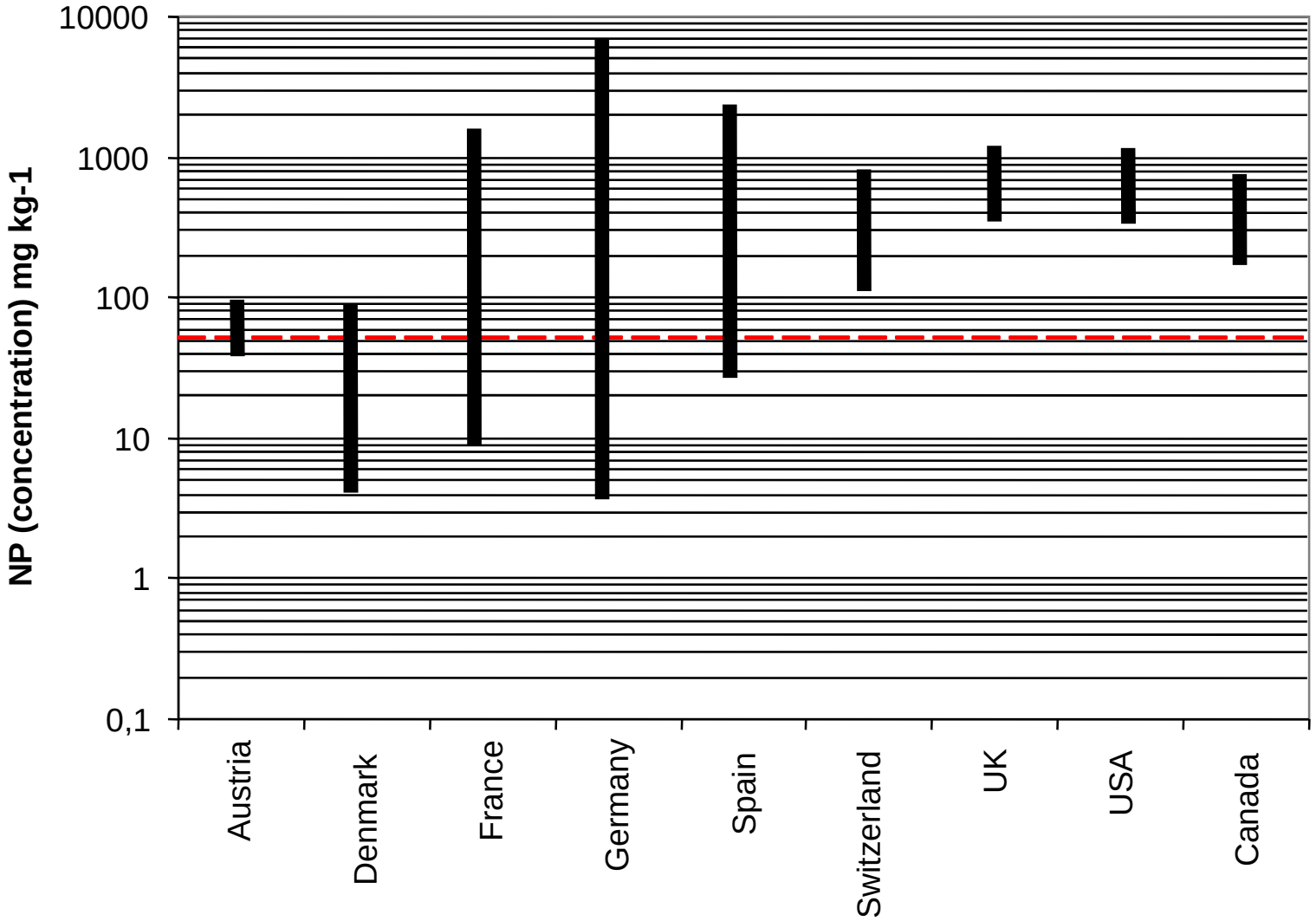


Levels of organic contaminants in sludge





Concentrations of NP in sewage sludge



* **Anex IV of the Working Document on Sludge, 3rd Draft, ENV E3/LM, 27 April 2000**

Water Framework Directive

Precautionary Principle

Dynamic list – update every 4 years (2004)

Upcoming Priorities – Emerging Contaminants
(Future Candidates for Monitoring)

'Substances that are not part of routine monitoring programmes but have been shown to occur in the environment and may be candidate for **future regulations**, depending on research on their (eco)toxicity, potential health effects, public perception and on monitoring data regarding their occurrence in the various environmental compartments'

Emerging contaminats: Facts

- The issue of emerging contaminants is closely tied to **analytical capabilities**.
- Increased sensitivity in mass spectrometry (more efficient ionisation techniques and better detectors) has allowed detection of virtually any new and potentially harmful contaminant at a very low level.
- Consequently, a number of **new or previously ignored and/or unrecognized** contaminants have bean brought under scrutiny.

- Widely expanded use of industrial chemicals in domestic and commercial applications – **multiple pathways to sanitary sewer**

- Potential impacts to organisms at low concentrations – **lack of data**
  - Endocrine disruption
  - Persistence in the environment
  - Bioaccumulation
  - Synergistic effects
  - Possible toxicity
  - Potential generational effects

- STPs seen as a point source although sources are actually diffuse

Case studies of Emerging Contaminants

Estrogens, Pharmaceuticals and Illicit drugs in wastewaters (Spain)

Pharmaceutical and Illicit drugs pollution

B. Halford at C & EN, February 25, 2008

- People and animals excrete pharmaceuticals and their metabolites , which then find their way into the environment through a variety of sources.

- " If you´re a fish , is really bad",
- Fish population (fathead minnow) exposed to a estrogen concentration of 5 ppt · freshwater equivalent of a canary in a coal mine"

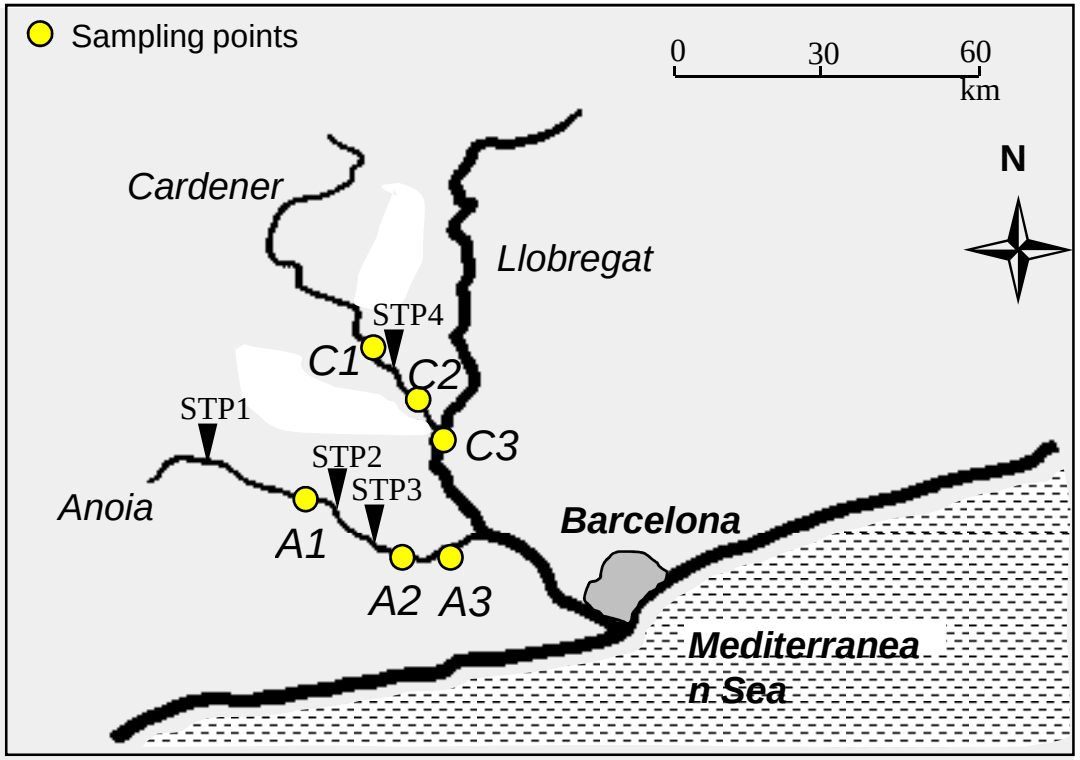
  Only in US, flushing of medications of deceased people adds 19.7 tons active ingredient per year

Endocrine disrupting compounds

Monitoring campaigns:

-1999: monthly (April-June)
Solé y col. (2000) *EST* 34, 5076.

-2000: bi-monthly (Jan.-July)
Petrovic y col. (2002) *ETC* 21, 2146.



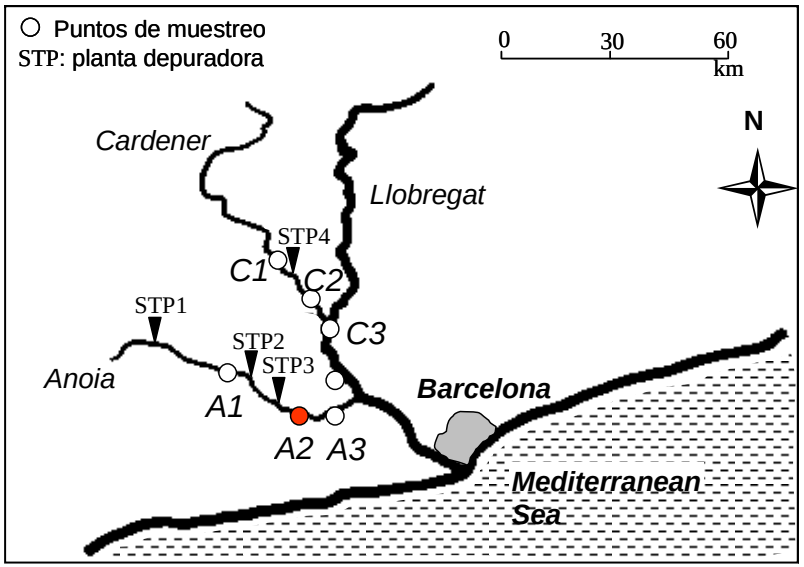
Samples:

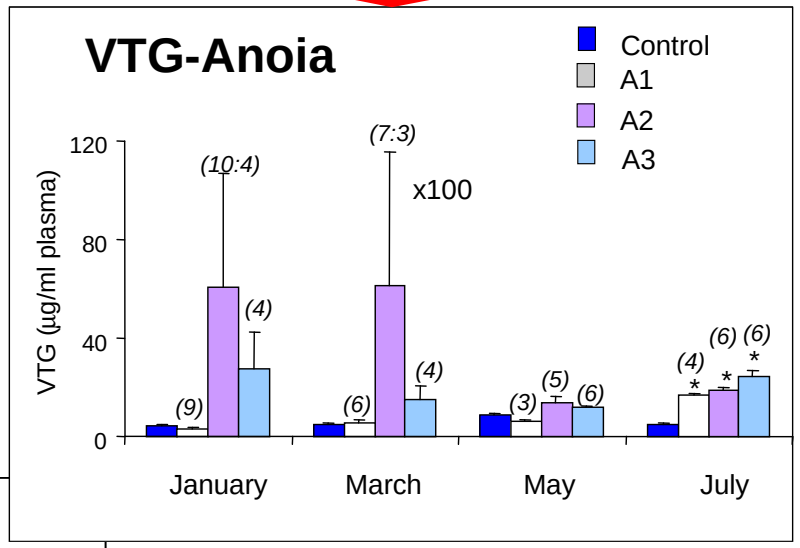
- Wastewater
- River water
- Sediment
- Sludge
- Fish (carp)
  (130 males, 116 females)

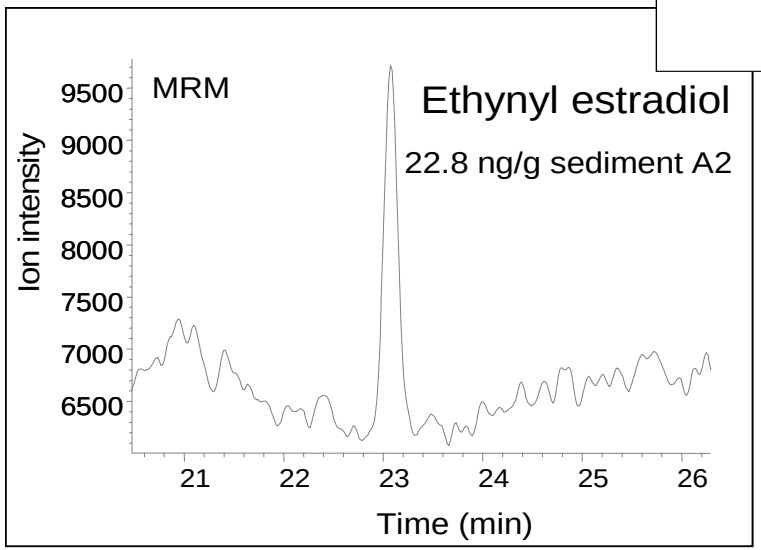
→ **Chemical analysis**
- APEOs, APs y APECs
- **Estrogens**
- Progestogens

→ **Biological anal.**
- VTG

Correlation between EDC levels and plasma VTG







↑↑ **intersex (3 of 7 fish)**
↑↑ **VTG (61.09 µg/mL)**
⇕
↑↑ **EE 22.8 ng/g**

Endocrine disruptors at Llobregat

Dimecres 25
Octubre del 2005
Número 8064. Any XXVII
Telèfon 93 227 66 00
Fax 93 227 66 00
barcelona@elpunt.com
www.elpunt.com

EL PUNT
DIARI INDEPENDENT, CATALÀ, COMARCAL I DEMOCRÀTIC

EDICIÓ BARCELONA
Número 891. Any III
1 euro amb IVA

El tripartit obliga Maragall a tancar la crisi sense canviar cap conseller

- Els departaments es coordinaran en quatre comissions de govern: social, econòmica, territorial i política
- El PSC, ERC i ICV es mostren satisfets i donen per culminada la remodelació de l'executiu
- CiU considera que el President ha quedat «inhabilitat» per les formacions que li donen suport

Confirmats de manera indefinida. Els consellers que en els últims onze dies s'han vist fora del govern van veure com el president de la Generalitat els ratificava per sorpresa en el càrrec. En la fotografia apareixen alguns dels fins ahir candidats a ser destituïts, com Salvador Milà (Medi Ambient i Habitatge), Joan Carretero (Governació i Administracions Públiques), Marta Cid (Educació) i Anna Simó (Benestar i Família). / ANDREU PUIG

El PP insta el Constitucional a aturar el debat de l'Estatut

- Rodríguez Zapatero es reunirà amb Artur Mas per preparar el debat d'admissió del projecte al Congrés dels Diputats
- ERC elabora un contrainforme al dictamen dels juristes del PSOE qüestionant punts essencials de la reforma estatutària

El PP va reaccionar ahir a la decisió de la junta de portaveus del Congrés de convocar per al 2 de novembre vinent la presa en consideració de l'Estatut amb l'anunci que presentarà un recurs d'empara al Tribunal Constitucional per evitar que es faci el debat. Per contra, Rodríguez Zapatero va continuar els contactes preparatius de la sessió a la cambra baixa amb una reunió amb el líder de CiU, Artur Mas.

POLÍTICA 10 a 20

EL 9

Cent partits del brasiler Ronaldinho amb el Barça

Jugarà el partit 100 com a blaugrana avui al Camp Nou contra el Màlaga (2/4 de 9)

Treuen la targeta vermella a Beckham per haver protestat i mantenen l'escandalosa groga a Messi

Els científics troben al riu Llobregat nivells molt alts d'un contaminant que «feminitza» els peixos

Un investigador del CSIC afirma que és greu utilitzar aquesta aigua per regar, però la Generalitat defensa que no representa cap perill

Un estudi del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) ha detectat nivells molt elevats de contaminants estrogènics al riu Llobregat, unes partícules que provoquen la «feminització» de peixos i alteracions en el seu sistema reproductor. Damià Barceló, investigador del CSIC que ha participat en el treball, troba «molt greu» que s'utilitzi aquesta aigua per regar. Medi Ambient, en canvi, afirma que no representa cap problema.

PAÏSOS CATALANS 6

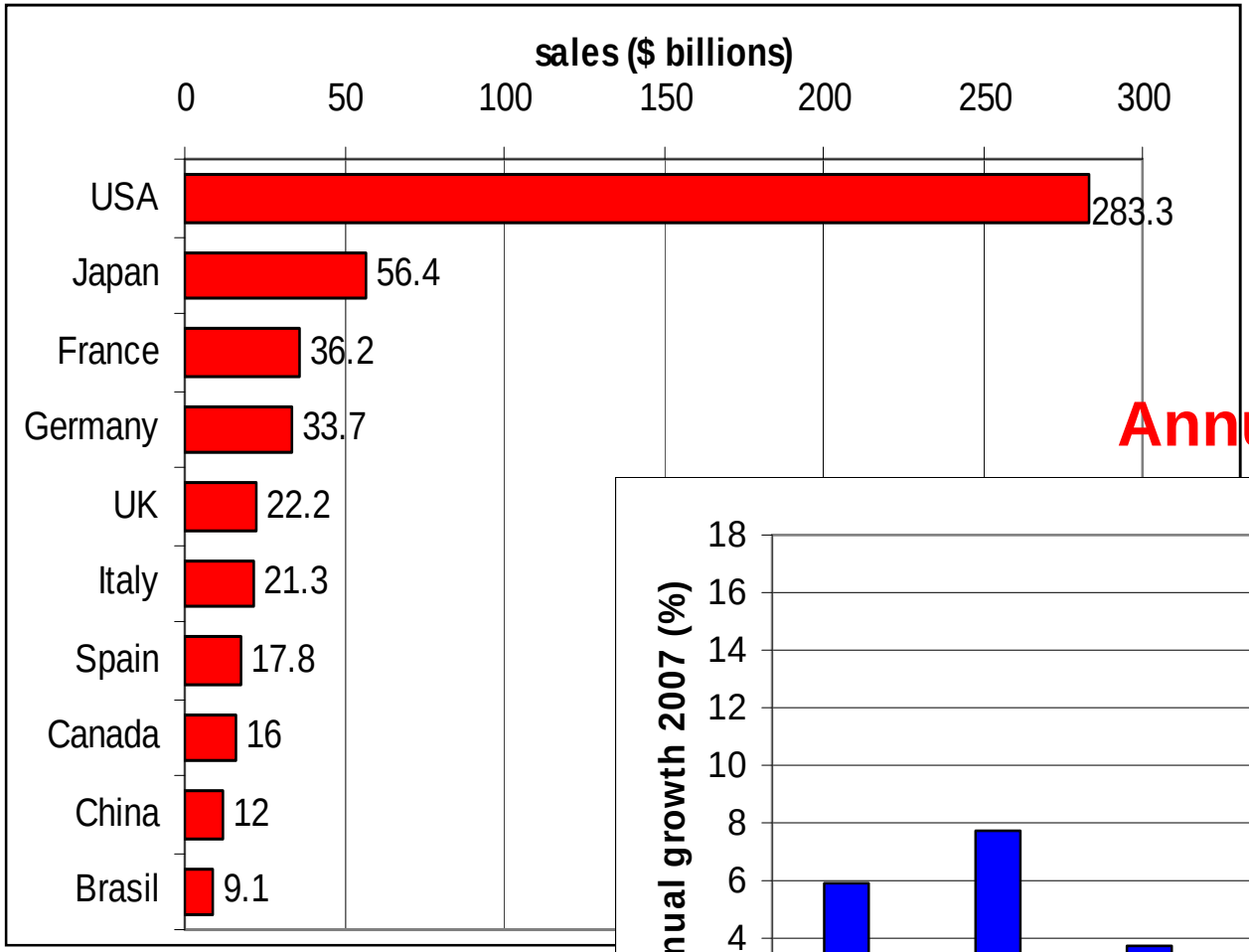
Cent mil objectes desborden els dipòsits de proves judicials

Als dipòsits judicials de Barcelona s'hi acumulen peces des del 1984, unes 100.000, i la jutgessa degana, Maria Sanahuja, ha fet una crida als jutges perquè facin neteja.

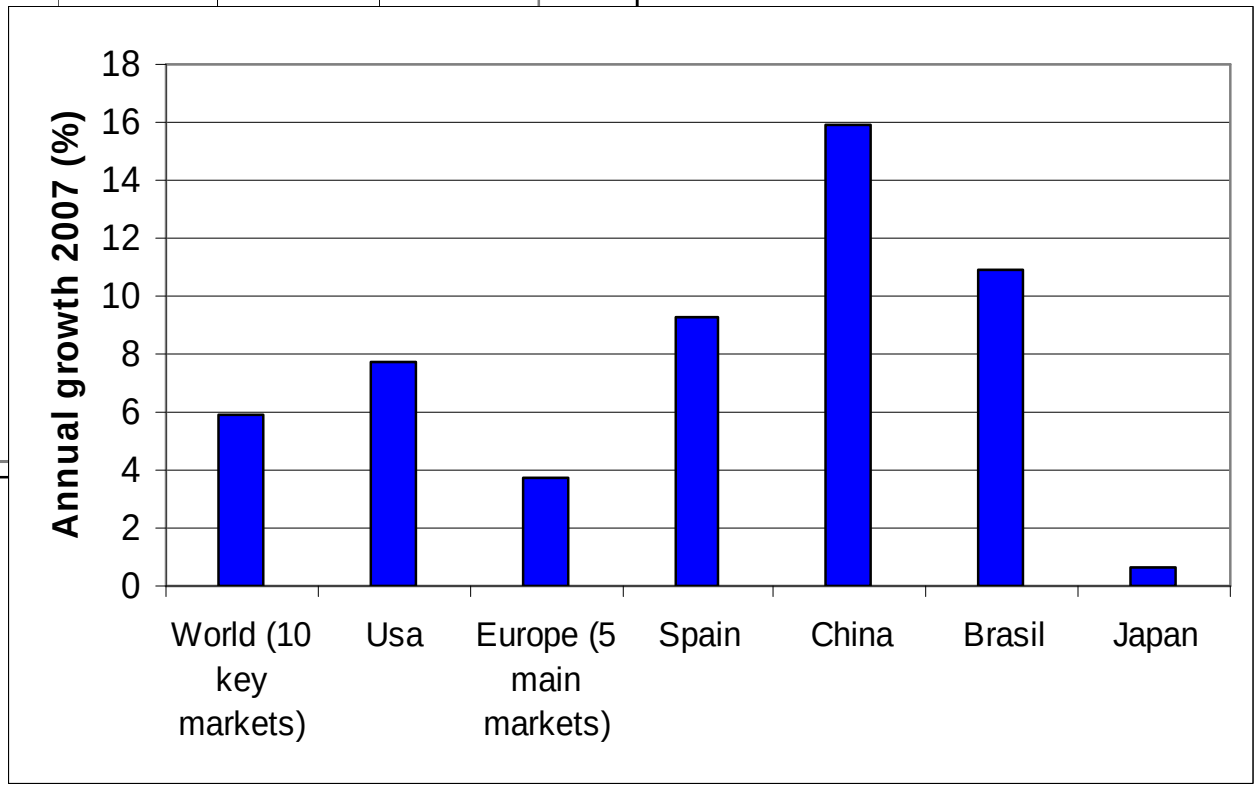
PUNT DIVERS 28

El periódico, 26-10-2005

Top ten markets (2007)



Annual growth (2007)



Source: IMS Health

Characteristics of Pharmaceuticals

- Pharmaceuticals are often large, complex, ionic and hydrophilic compounds; these properties influence their environmental fate.
- These characteristics are not typical of most non-pharmaceutical chemicals evaluated for environmental fate and effects.
- Most pharmaceuticals enter the environment daily through patient use.
- Sources are geographically diffuse and may be influenced by regional use patterns.
- Pharmaceuticals in the environment may be parent, metabolites or conjugates.
- Pharmaceuticals vary in their potency; in general, highly potent compounds will be used at lower volumes resulting in lower environmental concentrations.
- Some more potent compounds may be of environmental concern at lower concentrations.
- Designed to be biologically active

Urinary excretion rates of unchanged active ingredient for selected pharmaceuticals.

Drug	Therapeutic class	Parent compound excreted (%)
Ibuprofen	Painkiller	10
Paracetamol	Painkiller	4
Amoxycillin	Antibacterial	60
Erythromycin	Antibacterial	25
Sulfamethoxazole	Antibacterial	15
Atenolol	β -Blocker	90
Metoprolol	β -Blocker	10
Carbamazepine	Antiepileptic	3
Felbamate	Antiepileptic	40–50
Cetirizine	Antihistamine	50
Bezafibrate	Lipid regulator	50

- **Portions of most ingested drugs are excreted in varying unmetabolized amounts (and undissolved states, primarily because of protection by excipients) primarily via the urine and feces.**
- **Other portions sometimes yield metabolites that are still bioactive. Still other portions are excreted as conjugates.**

Jonathan P. Bound and Nikolaos Voulvoulis , Environ Health Perspect. 2005 December; 113(12): 1705–1711

Removal in Sewage Treatment Plants (STP)

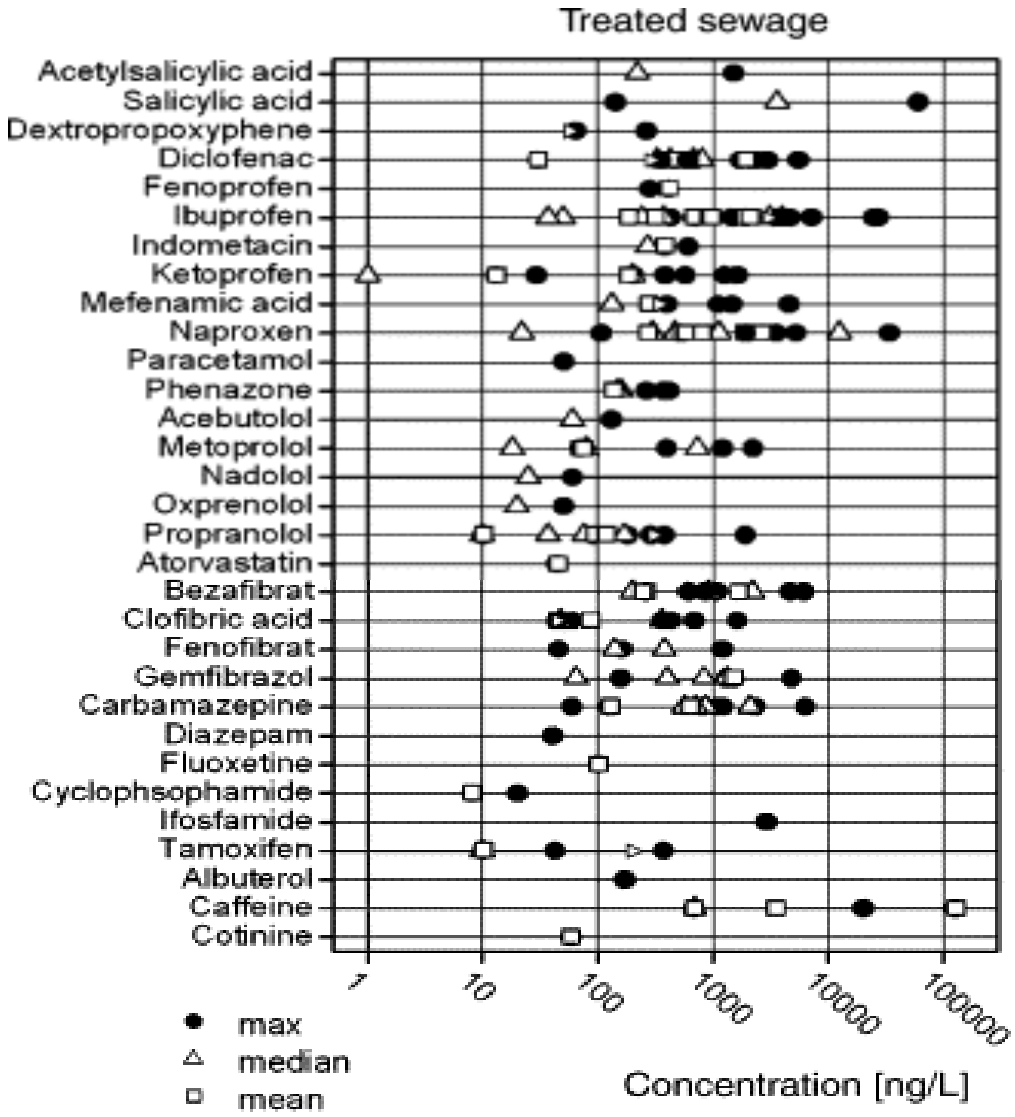
Compound	Removal
Carbamezapine (anti-epileptic drug) Atenolol, Metoprolol (β-blockers) Trimethoprim (antibiotic)	< 10 % (no removal)
Diclofenac (anti-inflammatory)	10-39%
Methoxazole	50%
Gemfibrozil (lipid regulator)	43-71%
Naproxen (anti-inflammatory)	42-92%
Fluoroquinolones (antibiotics)	60%
Ibuprofen (anti-inflammatory)	> 90% Note: hydroxy and carboxy metabolites found in effluents)

- In order to understand the process taking place in the WWTP and to increase the knowledge on biodegradation of contaminants in WWTP, **biodegradation studies of pharmaceuticals under laboratory controlled conditions** simulating WWTPs should be conducted.

- Free excreted drugs and derivatives can escape degradation in municipal sewage treatment facilities (removal efficiency is a function of the drug's structure and treatment technology employed); **the conjugates can be hydrolyzed back to the free parent drug.**

- Implementation of an **improved technology** – MBR, AOP

Concentrations of pharmaceutical residues in treated wastewater (secondary effluents)

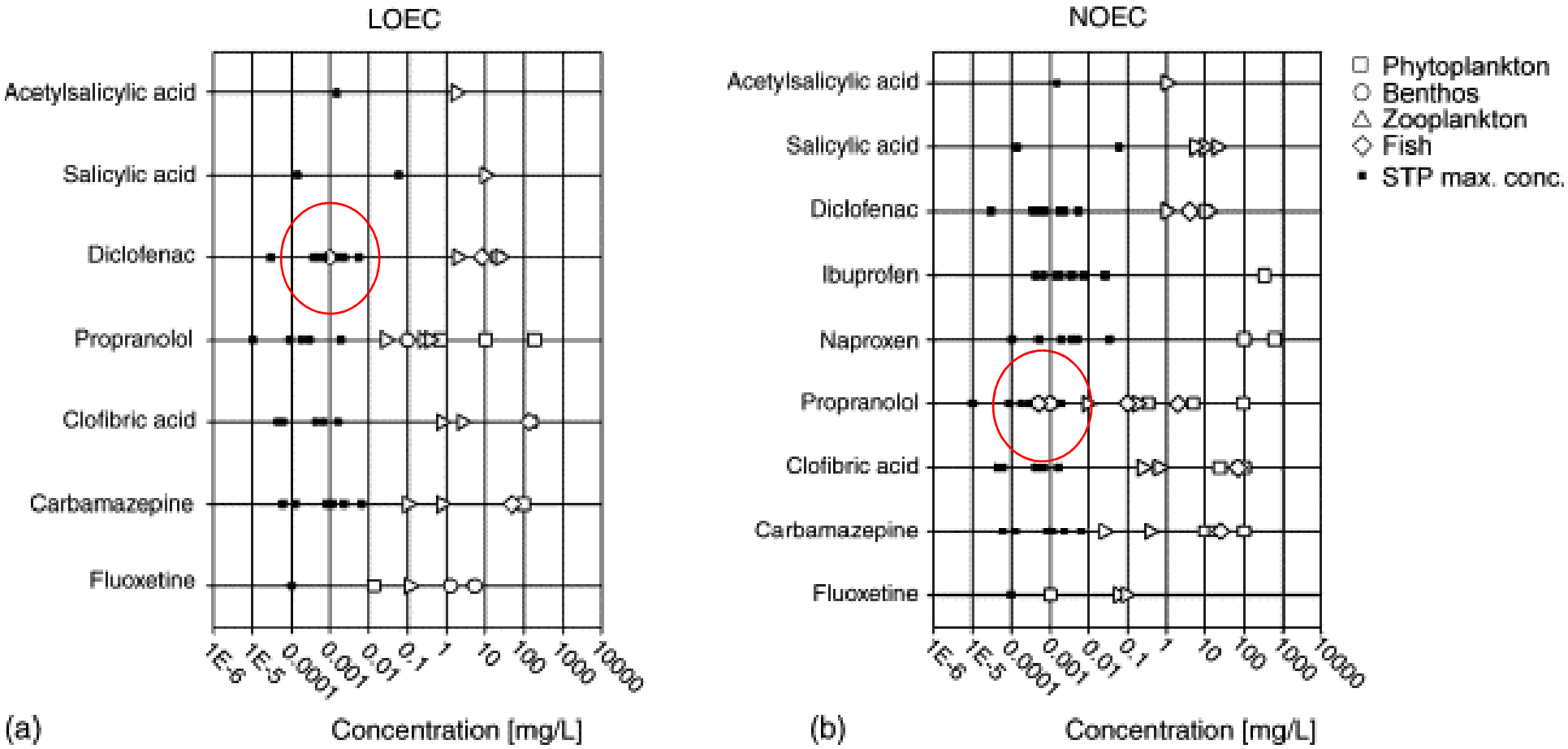


Fent et al. Aquatic Toxicology 76 (2006) 122.

Selected pharmaceutical groups and their **environmental risk indicators**.

Drug	Examples	Risk indicator
Painkillers	NSAIDS (e.g., ibuprofen), other analgesics (e.g., acetaminophen)	Very high prescription and OTC volumes; detected in the environment
Antibiotics	Penicillins, sulfamethoxazole	High volumes; detected in the environment; concerns over toxicity and antibacterial resistance
β -Blockers	Propranolol, metoprolol	High volumes; detected in the environment
Antiepileptics	Carbamazepine, phenobarbital	High volumes; long-term prescriptions; persistent
Lipid regulators	Statins (e.g., atorvastatin), clofibrate	Long-term prescriptions; commonly detected
Antidepressants	Fluoxetins, risperidone	Subject of toxicity testing
Hormone treatments	Contraceptive pills, 17α - ethinyl estradiol, hormone replacement	Most extensively studied toxicologic properties; widely detected
Antihistamines	Loratadine, cetirizine	Commonly held nonprescription medicine

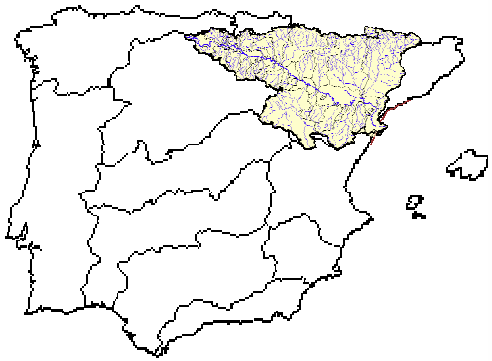
Jonathan P. Bound and Nikolaos Voulvoulis , Environ Health Perspect. 2005 December; 113(12): 1705–1711



Comparison between maximal concentrations of pharmaceuticals in treated wastewater and their chronic toxicity in aquatic organisms. (a) Lowest observed effect concentrations (LOEC); (b) no observed effect concentrations (NOEC) for different aquatic organism, different endpoints and exposure times.

Example: pharmaceuticals in the Ebro river basin

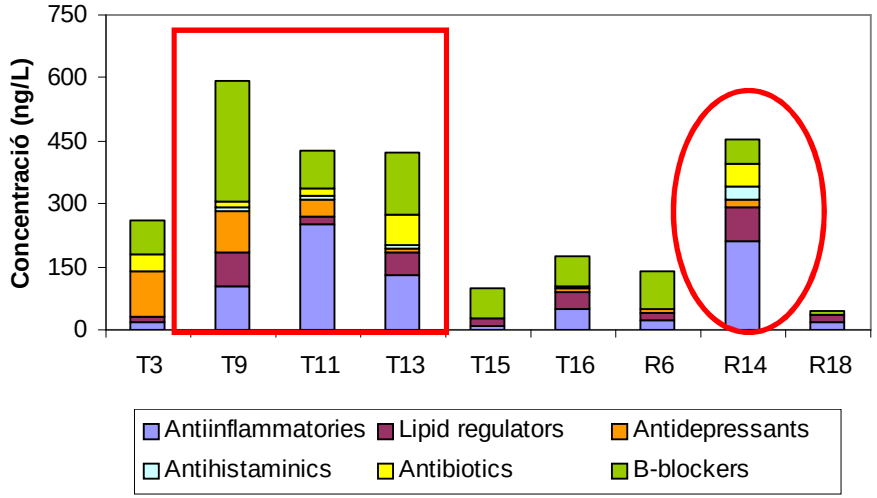
Contribution of WWTP to the presence of pharmaceuticals in receiving river waters

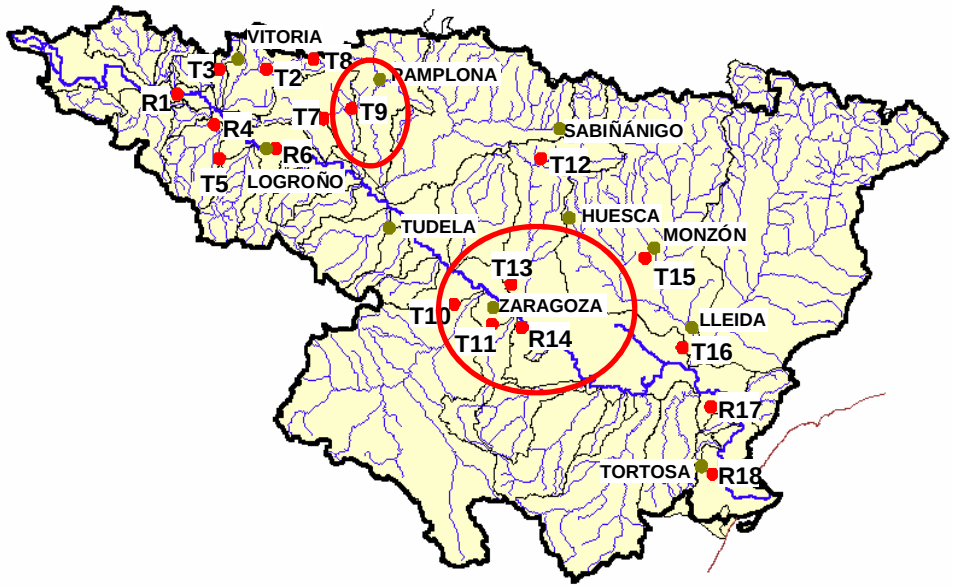


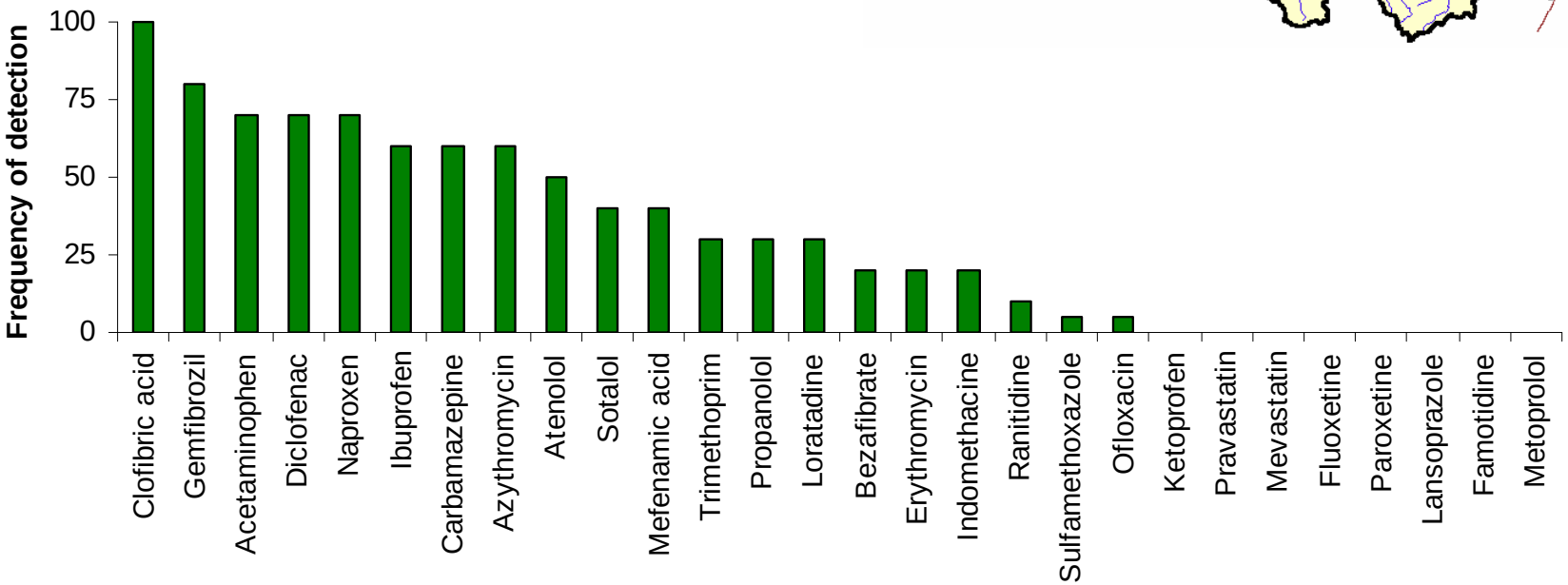
WWTP monitored: influent and effluent wastewaters

River water downstream the WWTP

River Ebro and its tributaries

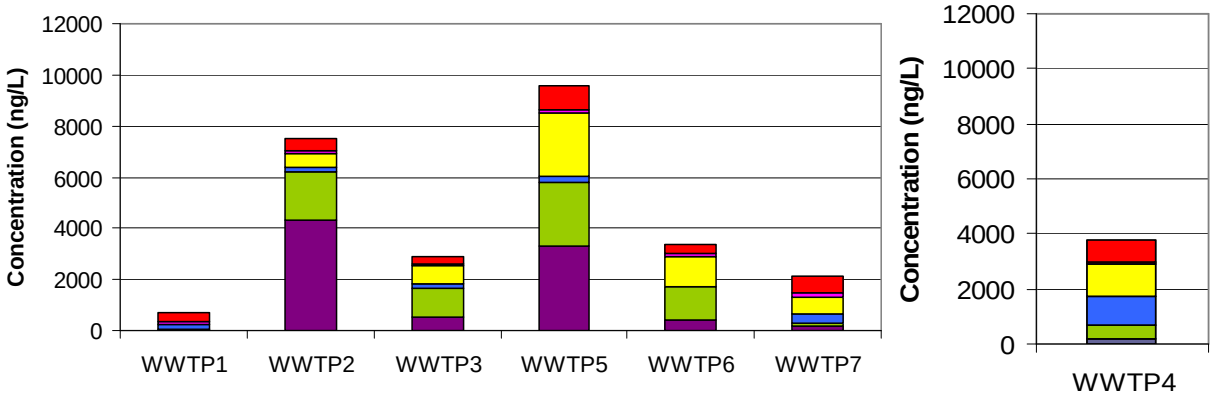




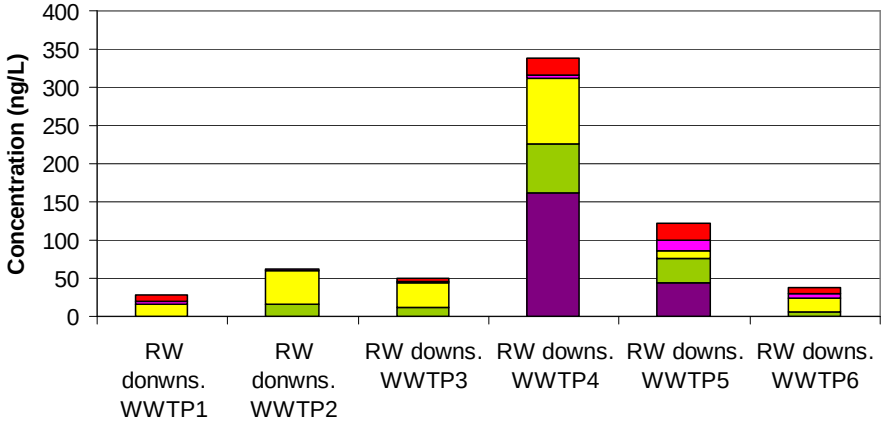


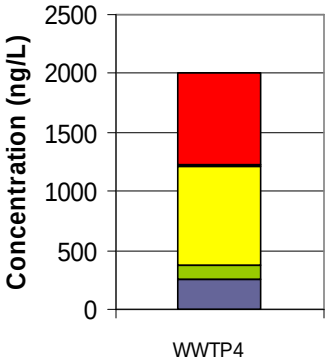
Contribution of WWTP effluents

WWTP effluent



River water downstream WWTP





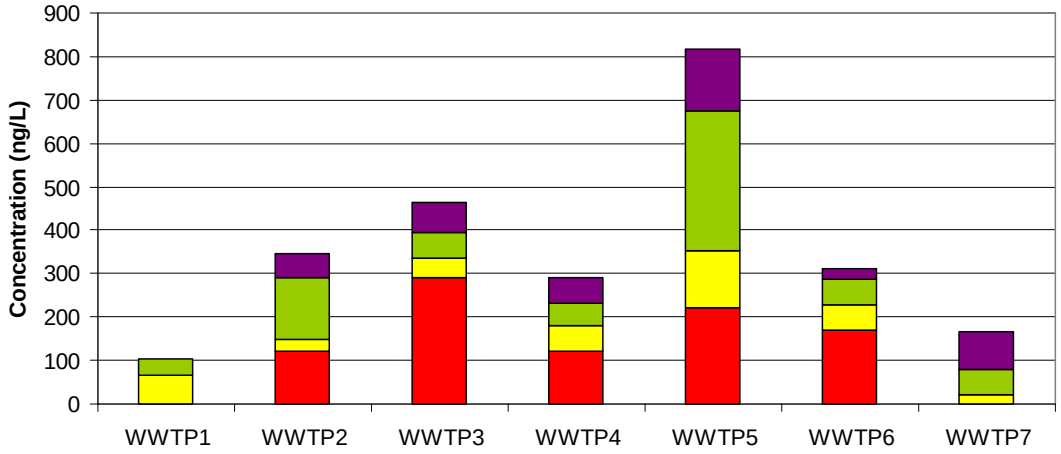
- There is an important **dilution factor**: Levels found in surface waters downstream WWTP are in the low ng/range, whereas in WWTP effluent concentrations of target compounds are between low µg/L-high ng/L range.

Environmental risks are reduced in river water due to the important dilution

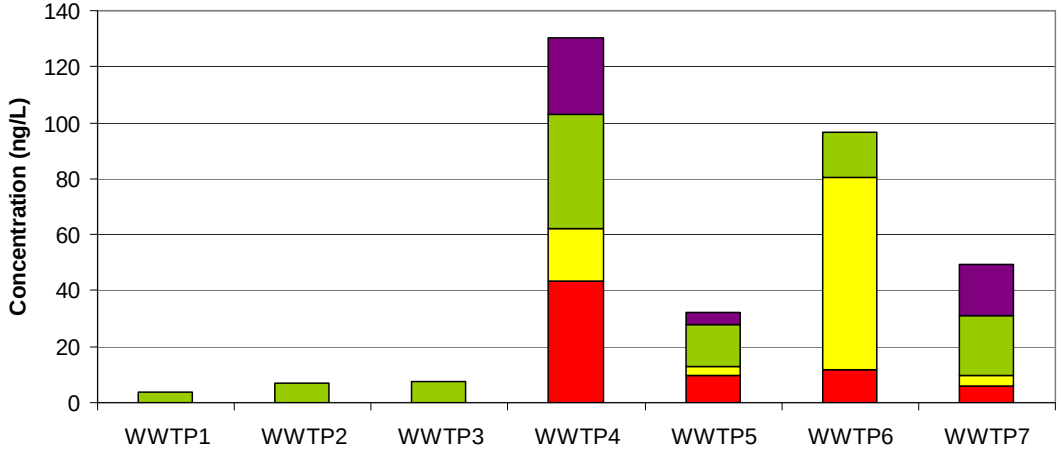
Atenolol **Gemfibrozil** **Diclofenac** **Naproxen** **Ibuprofen** **Carbamazepine**

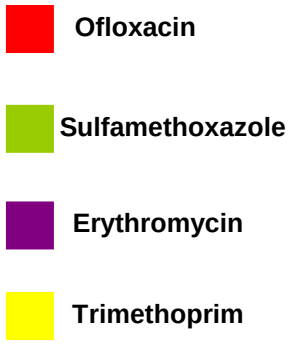
Contribution of WWTP effluents

WWTP effluent

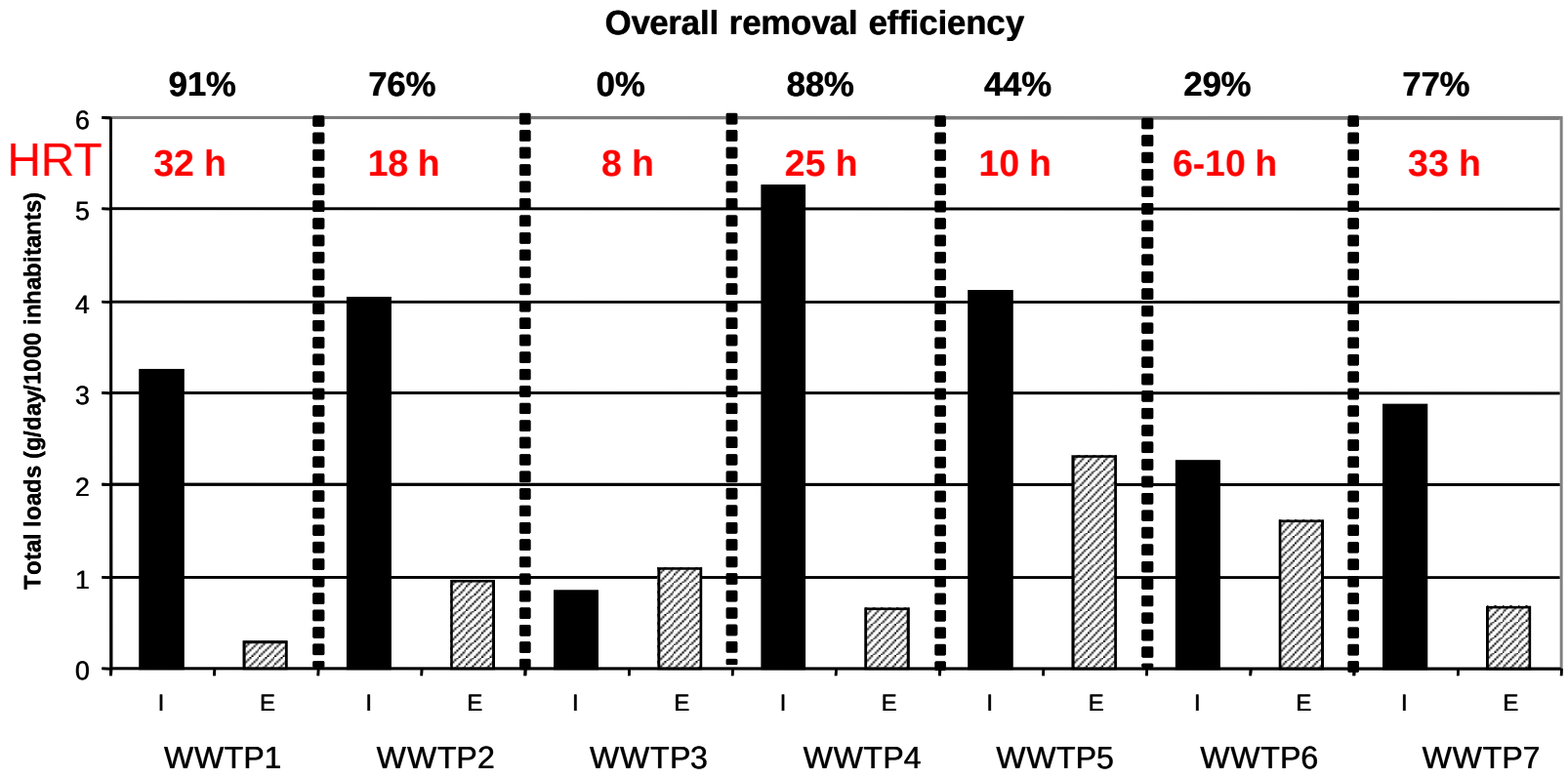


River water downstream WWTP





Total load and removal efficiency



Loads expressed as g/day/1000 inhabitants

Pharmaceuticals at Ebro river

El Global, 30/01-06/02 2006

MEDIO AMBIENTE Uno de cada cuatro europeos tira los fármacos por el lavabo en lugar de reciclarlos

Un estudio del CSIC halla vertidos domésticos de medicamentos en el Ebro

CARLOS B. RODRÍGUEZ
MADRID. EL GLOBAL

Cuidar de la naturaleza para cuidar la salud es el principio por el que nació Sigre, la iniciativa medioambiental del sector farmacéutico. Esta causa se ha visto reforzado con los resultados de un estudio del CSIC que ha detectado restos de fármacos en el Ebro. Muchos vertidos se producen vía aguas residuales, pero otra parte se debe a una falta de educación sanitaria: un 25 por ciento de los europeos dice tirarlos por el lavabo.

En el río Ebro hay toda una farmacia vertida por los lavabos de viviendas particulares. Por sus aguas corren compuestos farmacéuticos de antiinflamatorios y analgésicos (ibuprofeno, ketoprofeno, naproxeno, indometacina, diclofenaco y ácido mefenámico); de reguladores lipídicos (ácido clofíbrico, gemfibrozil y bezafibrate); antibióticos (azitromicina, eritromicina, sulfametoxazol, trimetoprim, ofloxacino); reguladores del colesterol (mevastatina, pravastatina); beta-bloqueantes (atenolol, sotalol, metoprolol, propranolol); fármacos de uso psiquiátrico (carbamazepina, fluoxetina, paroxetina); antihistamínicos (famotidina, ranitidina, loratadina) o agentes para tratar úlceras (lansoprazol). Muchos de los vertidos se producen vía aguas residuales, pero otra parte muy importante se debe a una grave carencia de educación sanitaria. Se calcula que un 25 por ciento de la población europea tira los medicamentos por el lavabo.

Así lo asegura a este periódico Damià Barceló, profesor de Investigación del CSIC del Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales, y coordinador en España de Aquaterra, un proyecto que nació a finales de 2004 con el objetivo de evaluar la calidad de las aguas del Ebro y otros cuatro ríos europeos: el Brevilles, el Meuse, el Elba y el Danubio. Acaba de hacer públicos sus primeros resultados, que demuestran que los vertidos de medicamentos son en la actualidad, no sólo un gran problema medioambiental, sino un auténtico quebradero de cabeza para los científicos.

La razón es sencilla. Durante las últimas tres décadas, el impacto de la contaminación se ha centrado casi exclusivamente en los contaminantes 'prioritarios' convencionales y la normativa que ha obligado a las industrias a controlar sus vertidos y tratarlos previamente ha avanzado mucho. Ahora, las fuentes de contaminación que más preocupan son las agrícolas y las urbanas, entre ellas el creciente uso a nivel mundial de los medicamentos, clasificados como los principales emergentes contaminantes. España es el séptimo país del mundo en cuanto a consumo de fármacos y el progresivo envejecimiento de la población no ayudará a reducir los residuos. Y la salud humana está antes que el medio ambiente. El cuerpo elimina las sustancias a través de la orina y llegan a las aguas residuales. Ahí reside uno de los problemas. Las depuradoras, dice Barceló, no están preparadas para eliminar estos productos, con lo que llegan a los ríos y afectan al ecosistema.

Los medicamentos y el medioambiente

Presencia de compuestos farmacéuticos en varias EDAR españolas

Antiinflamatorios y reguladores lipídicos en las aguas de entrada (Concentracion en ng/L)

Compuestos	EDAR Lleida	EDAR Zaragoza	EDAR Tudela	EDAR Logroño	EDAR Miranda de Ebro	EDAR Tortosa	EDAR Pamplona
Ketoprofeno	525	653	1865	459	482	nd	809
Naproxeno	1177	3330	2197	1138	2749	1749	14905
Indomethacina	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Diclofenac	291	369	864	535	286	1109	6469
Ibuprofeno	1409	12546	10399	4312	6474	6061	11204
Ácido mefenámico	nd	18	666	16	nd	nd	12
Ácido clofibrico	nd	nd	nd	nd	nd	78	nd
Gemfibrozil	1021	1766	nd	1233	740	1438	1940
Bezafibrate	291	288	353	166	109	261	341

Antiinflamatorios y reguladores lipídicos en las aguas de salida (Concentracion en ng/L)

Ketoprofeno	214	798	328	307	nd	552	424
Naproxeno	663	2479	1157	1890	67	107	527
Indomethacin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Diclofenac	nd	238	162	196	140	471	1935
Ibuprofeno	396	3324	515	319	0	168	173
Ácido mefenámico	nd	14	5	6	5	nd	8
Ácido clofibrico	nd	nd	nd	nd	nd	11	nd
Gemfibrozil	1195	2489	718	530	nd	680	1176
Bezafibrate	192	203	249	97	nd	6	97

Fuente: CSIC EL GLOBAL

Para estudiar la presencia y distribución de los compuestos farmacéuticos en el Ebro, el equipo de Barceló analizó las aguas de entrada y salida de las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) de las ciudades más próximas al río. En todas ellas aparecieron restos de los antiinflamatorios naproxeno e ibuprofeno. Otros principios activos, como el ketoprofeno, el diclofenaco, el gemfibrozil y el bezafibrate fueron detectados en el 86 por ciento de las muestras; seguidos del ácido mefenámico (71 por ciento). El ácido clofíbrico sólo se encontró en una muestra.

Inocuos para el hombre... no para el ecosistema

En 1996, la UE promulgó una Directiva para la prevención y el control integrado de la contaminación, que amplíaba el número de los que deberían ser controlados en los efluyentes industriales. Esta 'lista negra' será más amplia dentro de unos años, pero de momento no incluye los contaminantes emergentes. Cuando esto ocurra, el Ministerio de Medio Ambiente estará obligado a hacer algo. Ahora no lo está, "lo cual no quiere decir —añade Damià Barceló— que moralmente no lo esté".

Los medicamentos están considerados entre los contaminantes emergentes más peligrosos, a pesar de que todavía no se conocen los efectos que un cóctel como el hallado en el Ebro pueden tener para organismos no diana así como para la salud humana a largo plazo. Ésta parece asegurada, pero no se puede decir lo mismo de los seres acuáticos que están expuestos de forma perenne a los compuestos. Hay tóxicos, como el DDT, que persisten largo tiempo en el ambiente. Los fármacos no. Ellos se degradan, pero en cambio se vierten de una forma continuada al medio, con lo que no necesitan ser persistentes en el tiempo para causar efectos perniciosos sobre el ecosistema. Según Barceló, aunque la concentración de medicamentos es inocua para las personas, es susceptible de provocar en los peces, sobre todo en los jóvenes, daños renales y hepáticos. Es el caso del diclofenaco. Pero de todos los fármacos hallados, los antibióticos y los estrógenos son los que más preocupan. Los primeros (aunque a niveles muy bajos, está incluso en el agua potable de casa), porque pueden generar resistencias a microorganismos bacterianos. Los segundos, porque ya se han mostrado responsables de que algunos peces macho muestren los dos órganos, lo que puede impedir su reproducción. Hay más ejemplos. Según otros estudios, la carbamazepina, un antiepiléptico, supone un riesgo para los crustáceos, y el betabloqueante propanolol produce efectos negativos en el crecimiento del pez Medaka.

Ibuprofeno y naproxeno tienen, también, las concentraciones más elevadas, junto al regulador lipídico gemfibrozil. El resto de los compuestos se encuentra en niveles que oscilan entre los 200 y los 600 nanogramos (milmillonésima de gramo). En este apartado, España no está peor que ningún otro país del proyecto. Los niveles encontrados y el porcentaje de eliminación de dichos compuestos coinciden con los detectados en varias EDAR europeas.

Tirar 'versus' reciclar

Muchos de los vertidos se producen vía aguas residuales, y son difíciles de depurar. Regular esto es muy difícil. "Habría que recetar productos —dice Barceló— que fuesen más degradables al medio ambiente". Parece complicado, pero, según este experto, esto se ha empezado a hacer en colaboración con los médicos en algún que otro país y sería parte de la 'educación ambiental' que ayudaría a solucionar el problema... parte, porque otra parcela muy importante de los vertidos se debe a una grave carencia de educación sanitaria que supera las barreras nacionales: ese europeo de cada cuatro que arroja los fármacos al lavabo tiene la culpa.

Cuidar de la naturaleza para cuidar también de la propia salud y la de las futuras generaciones es el principio que inspiró el nacimiento de Sigre, la iniciativa medioambiental auspiciada por la industria y el sector farmacéutico. Según su director general, Juan Carlos Mampaso, este principio se ha visto reforzado con los resultados del estudio del CSIC.

"Un gesto tan simple como arrojar los medicamentos por el lavabo, o tirarlos a la basura, puede tener como consecuencia directa la contaminación de nuestros ríos y acuíferos", dice Mampaso. Si bien no todos los residuos suponen un riesgo para el medioambiente, continúa, "basta con que algunos de ellos puedan tener efectos adversos sobre nuestra salud y sobre las especies acuáticas para que sea necesario evitar esta eliminación incontrolada".

El objetivo de las campañas informativas que la industria farmacéutica pone en marcha a través de Sigre es precisamente concienciar a los ciudadanos de la importancia de deshacerse de una forma correcta de los medicamentos que ya no se utilizan, depositándolos en el contenedor blanco del Punto Sigre y propiciando, con ello, que reciban el adecuado tratamiento medioambiental. Si bien estas campañas de sensibilización social han ido incrementando el grado de concienciación ciudadana, todavía hay que seguir trabajando. El estudio del CSIC es una buena muestra.

El País, 17 Enero 2006

Salud Uno de cada cuatro europeos reconoce que arroja medicamentos por el lavabo. Pero no son sustancias que se degraden fácilmente y las plantas depuradoras no están preparadas para hacerlo. El resultado es que los ríos europeos contienen cada vez mayor cantidad de fármacos. En las aguas del río Ebro se han detectado 20 distintos.

Medicamentos en el río

El agua del Ebro contiene restos de una veintena de fármacos vertidos por los lavabos

DAVID SEGARRA, Barcelona

Un estudio científico ha identificado la presencia de unos 20 medicamentos en las aguas del Ebro. Analgésicos, antiinflamatorios, antidepresivos, antibióticos o antihistamínicos viajan en la corriente del río en concentraciones suficientes para ocasionar efectos adversos sobre los peces y otros organismos acuáticos. En principio no se prevé que esta contaminación vaya a tener efectos negativos directos sobre la salud de las personas. Pero los científicos están preocupados por la presencia masiva de antibióticos, que inducen la resistencia en los microorganismos. También inquietan los estrógenos, capaces de originar cambios en el sexo de los peces y alteraciones metabólicas en los humanos, como han demostrado varios estudios previos.

Gemfibrozil, diclofenaco, carbamezapina, ibuprofeno... El agua del Ebro está llena de estos y otros muchos compuestos. ¿Cómo han ido a parar los medicamentos al río? "A través del lavabo", es la simple respuesta de Damià Barceló, científico del Centro de Investigación y Desarrollo de Barcelona, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, responsable del estudio.

"Hay muchos fármacos cuyo compuesto activo sobrevive al metabolismo humano y se excreta en una proporción muy elevada", explica el científico catalán. Además, a pesar de todas las campañas de información realizadas por las administraciones sanitarias, la gente sigue deshaciéndose de muchos medicamentos arrojándolos al retrete. El 25% de los europeos así lo hace, según encuestas realizadas al respecto. De hecho, las concentraciones halladas en el Ebro son muy similares a las encontradas en otros ríos; por ejemplo, el Danubio o el Elba.

Las depuradoras de aguas residuales no están preparadas para tratar este tipo de sustancias. En algunos casos, el porcentaje de compuesto que se elimina durante el proceso de depuración puede ser inferior al 10% del volumen que contiene el agua. Así sucede, por ejemplo, con el antiepiléptico carbamazepina o el antibiótico trimethoprim. El resto va a parar al río.

Para seguir la pista de los medicamentos, el equipo de Barceló ha establecido 18 estaciones de muestreo a lo largo del Ebro, desde Alava hasta Tortosa. De acuerdo con los datos recogidos hasta ahora, las estaciones que muestran unos niveles más altos de fármacos en el agua son las situadas en el río Huerva, el río Gállego a su paso por San Mateo de Gállego y la Presa de Pina, las tres en la provincia de Zaragoza, además de la ubicada en Puente de la Reina, en Navarra.

En todas estas estaciones, las concentraciones de medicamentos en el agua del río se acercan o superan los 600 nanogramos por litro (ng/l). Las aguas de Villodas (Alava) son las siguientes de la lista, con valores que superan por poco los 200 ng/l. El curso medio y bajo del Ebro está más limpio, con valores inferiores a 200 ng/l en Logroño, Alcolea de Cinca (Huesca), Torres de Segre (Lleida), y Tortosa (Tarragona).

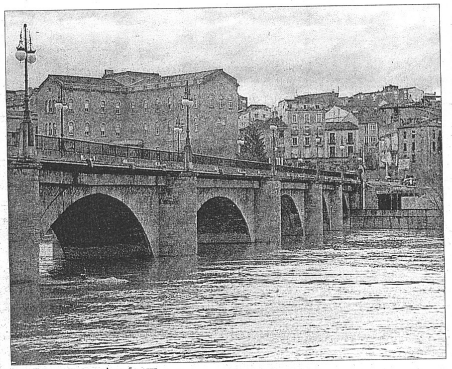
Las depuradoras de residuos no están preparadas para tratar restos farmacológicos

El tipo de medicamentos detectados varía de unas estaciones a otras. Las mayores concentraciones de medicamentos psiquiátricos, por ejemplo, se dan en Villodas (Alava) y Puente la Reina (Navarra), seguidos por Huerva y Presa de Pina (Zaragoza). En cambio, la presencia de antibióticos como eritromicina, azitromicina y trimetoprim es bastante homogénea.

Los investigadores intentan averiguar cómo afecta este cóctel de medicamentos a los seres vivos. Pero es un campo muy nuevo del que se sabe poco. Recientemente, un grupo de investigadores de la Universidad de Constanza (Alemania) ha comprobado que el diclofenaco —un antiinflamatorio de uso frecuente en toda Europa y que se detecta en más del 60% de las estaciones del Ebro— produce daños diversos en el hígado y los riñones de las truchas. Sólo hicieron falta 21 días de exposición al diclofenaco para causar necrosis tubular en el riñón, telangiectasia y diversas alteraciones renales y hepáticas en los animales.

Una de las principales conclusiones del estudio, publicado en octubre pasado en la revista científica *Aquatic Toxicology*, es que los efectos adversos se producen en concentraciones de diclofenaco similares a las que se encuentran habitualmente en el entorno fluvial, y son concentraciones aparentemente muy bajas.

En cambio, tendríamos que beber un millón de litros de agua de río para llegar a tomar la cantidad de ibuprofeno que contiene una sola pastilla de este medicamento. El agua de salida de la depuradora es la que presenta las concentraciones más altas. Por ejemplo, la depuradora de Zaragoza vierte al río agua con más de 3.000 ng/l de ibuprofeno (en la entrada hay 12.000 ng/l) y entre 350-400 ng/l de carbamezapina. La de Pamplona vierte más de 1.000 ng/l de diclofenaco y la de Logroño 1.900 ng/l de naproxeno, entre otros muchos compuestos.



El río Ebro a su paso por Logroño. / EFE

Antibióticos y analgésicos

Los restos de fármacos que se han encontrado con mayor frecuencia en los puntos de control situados a lo largo del río Ebro son los reguladores lipídicos: el ácido clofíbrico y el gemfibrozil, que se detectan en el 100% y el 80%, respectivamente, de las estaciones de muestreo. A continuación figuran tres sustancias antiinflamatorias y analgésicas: acetaminofeno, diclofenaco y naproxeno, detectadas en algo más del 60% de las estaciones. El antiinflamatorio ibuprofeno, el antiepiléptico carbamazepina y el antibiótico azithromicina se observan en el 60% de los puntos de control, seguidos del beta-bloqueante atenolol (50%).

Las mayores concentraciones detectadas corresponden en el río Ebro al beta-bloqueante atenolol y al acetaminofeno (componente básico del paracetamol), compuestos que alcanzan niveles de 250 ng/l.

A continuación aparecen el antiinflamatorio ibuprofeno y el antiepiléptico carbamazepina, que alcanzan concentraciones de 110-150 ng/l de agua.

El estudio de restos farmacológicos forma parte del proyecto europeo Aquaterra, que también estudia la situación en otros cursos fluviales, como el Danubio, el Elba y el Meuse. La concentración de fármacos detectada en el Ebro hasta ahora no es excepcional sino que corresponde al nivel medio europeo, explica Barceló.

Los peces que viven cerca del chorro de salida del agua depurada reciben un auténtico baño de fármacos. Cabe esperar que la actuación de moléculas tan diferentes como antiepilépticos, antihistamínicos, antibióticos o antiinflamatorios, actuando a la vez y de forma continua sobre los organismos vivos, produzca efectos adversos. Barceló cree que esto tendrá consecuencias a largo plazo: "Los peces, los anfibios, las plantas, etcétera, están expuestos cada día, de forma continua. A la larga, la biodiversidad puede verse alterada".

Los antibióticos son los compuestos que más preocupan en relación con la salud humana. Su presencia se detecta incluso en el agua potable que todos consumimos en casa, aunque a niveles muy bajos. Pero si se ingiere constantemente agua con antibiótico, "se puede inducir una resistencia de los microorganismos, de manera que el medicamento no hará efecto cuando realmente se necesite", afirma el investigador barcelonés.

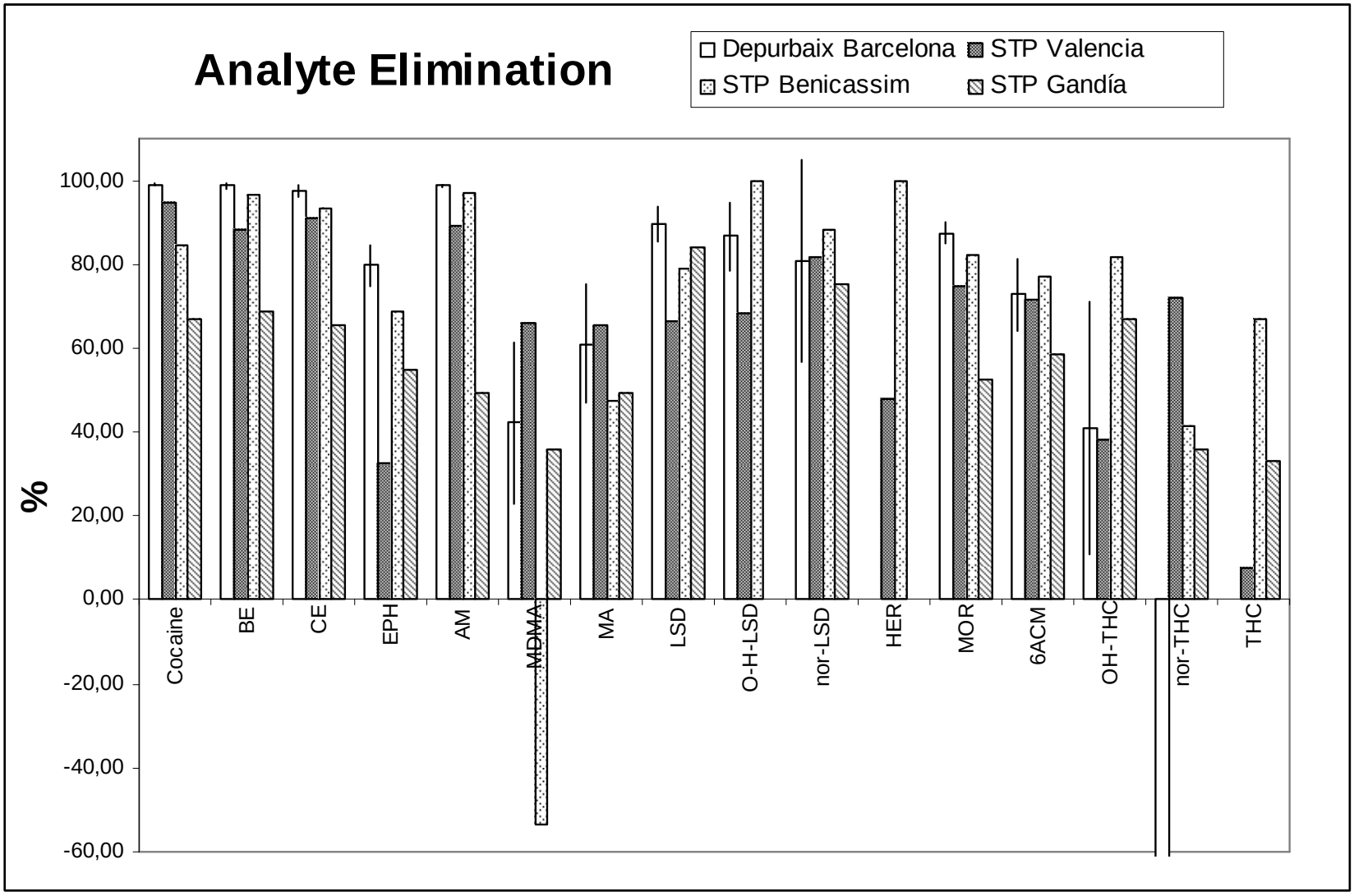
España, en el puesto 29º por población, es el séptimo por consumo de fármacos

Otro problema son los estrógenos, unos disruptores endocrinos que tienen efectos a concentraciones muy bajas, de apenas 1 ng/l. En el río Llobregat se han detectado 10 veces más del compuesto estriol: 10 ng/l.

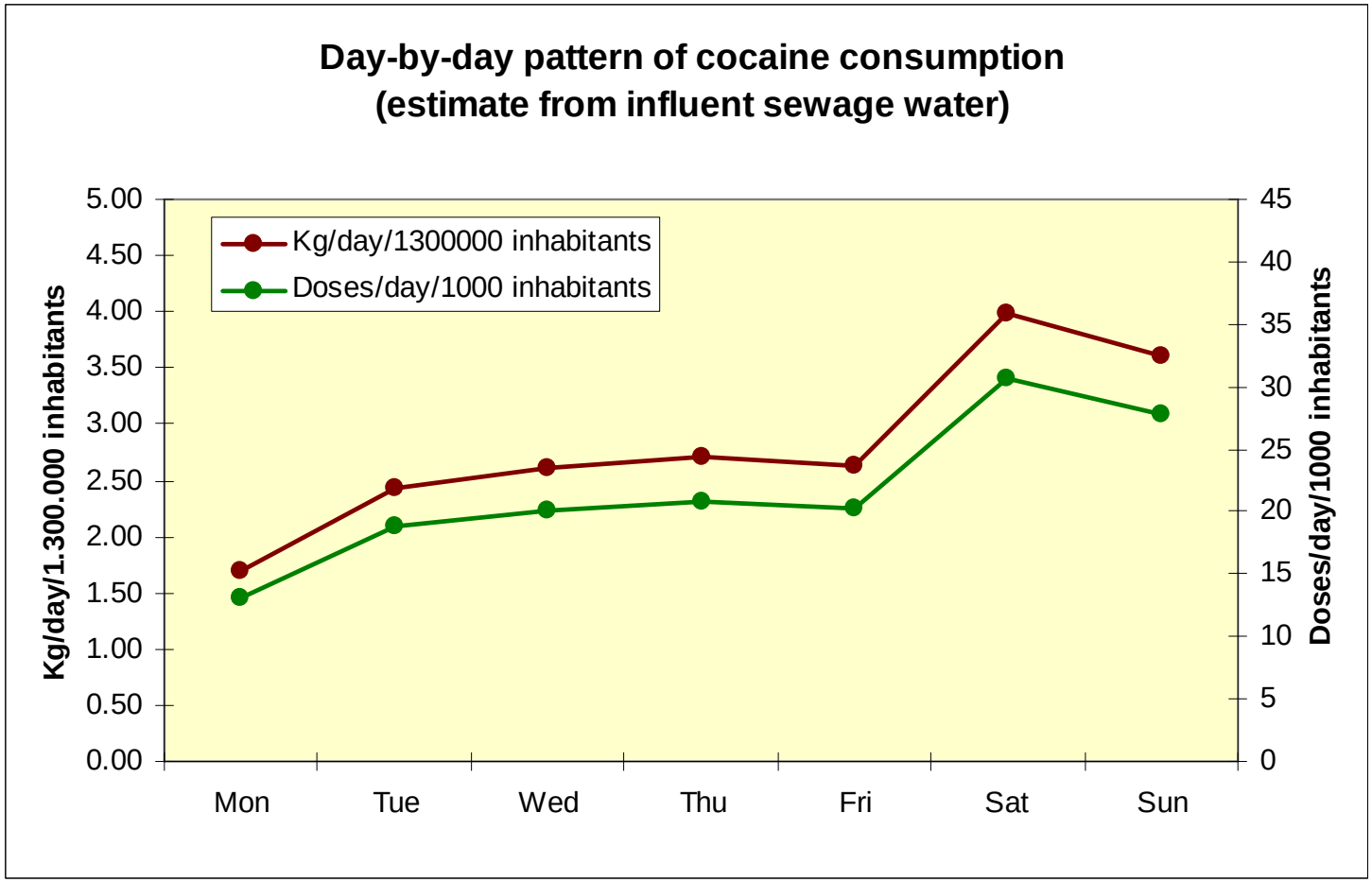
¿Cómo poner remedio a esta contaminación? La legislación no ayuda puesto que no existe ninguna regulación europea sobre las concentraciones de fármacos. El punto clave son las plantas de tratamiento. "El tiempo de retención hidráulica es clave", afirma Barceló. "Tenemos depuradoras en las que el agua sólo está en tratamiento durante unas seis u ocho horas antes de ser vertida. Si este tiempo de permanencia aumenta, se elimina un mayor porcentaje de fármaco". Otra solución son los tratamientos de membrana. En Rubí (Barcelona) existe una planta depuradora experimental donde se investiga la mejor manera de combatir el problema.

La prevención es otro factor importante. "En Alemania se informa a los médicos del grado de persistencia ambiental de los medicamentos para que puedan elegir los de menor impacto" explica Barceló. "Estamos jugando con unas moléculas muy complicadas. Están diseñadas para ser muy activas y para que no sean degradadas fácilmente. Y es un asunto que va a peor ya que la población envejece y el consumo de medicamentos está aumentando". Especialmente en España, que actualmente es el séptimo país del mundo en consumo de fármacos, a pesar de que ocupa el puesto 29º por población.

STPs removal



cocainics (95%) > opiates (78%) > LSD (72%) > AM-like (67%) > cannabinoids (32%)


Day-by-day pattern of cocaine consumption
(estimate from influent sewage water)
Kg/day/1300000 inhabitants
Doses/day/1000 inhabitants
Kg/day/1.300.000 inhabitants
Doses/day/1000 inhabitants
5.00
4.50
4.00
3.50
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun

França: La imatge de Sarkozy cau en picat per la pèrdua del poder adquisitiu **P11**

AVUI+
Des del 1976
www.avui.cat

Divendres 1 de febrer del 2008 | ANY XXXIII N.10914 | 1€

Diàleg, P20

Salvador Cardús:
Tots seran vots en blanc

'Sortim'
Ja és el temps per a la ruta del xató ■ Suplement

Cultura
Najat El Hachmi guanya el Llull de novel·la ■ P34

Barcelona esnifa cada dia 70.000 dosis de cocaïna

INFORME • Les aigües residuals porten les restes de droga a la depuradora del Baix Llobregat

AUGMENT • Els caps de setmana l'arribada dels residus es dobla respecte als altres dies ■ P23

Advanced treatment options

- **Membrane technology**
  Membrane bioreactors (MBR)
  nanofiltration/ultrafiltration
  reverse osmosis

- **Advanced oxidation** or reduction technologies (mainly catalytic or photocatalytic)

- Advanced bioactive technologies (aerobic or anaerobic)

- New solutions such as electrolysis/electro-dialysis, electromagnetic treatment, pulsed UV or arc discharge, ultra-sound, cold plasma, and new type of permeable reactive barriers.

Why MBR?

Technical aspects

- (i) adsorption, improved physical sludge characteristics, with higher biomass concentration and more effective surface;
- ii) biodegradation, cultivation of metabolic speciation, with high sludge age, low mass organic load favouring biological synthesis of broader substrate spectrum
- iii) direct and complete separation through membrane with entire removal of all contaminants bound to colloids and particulate matter.

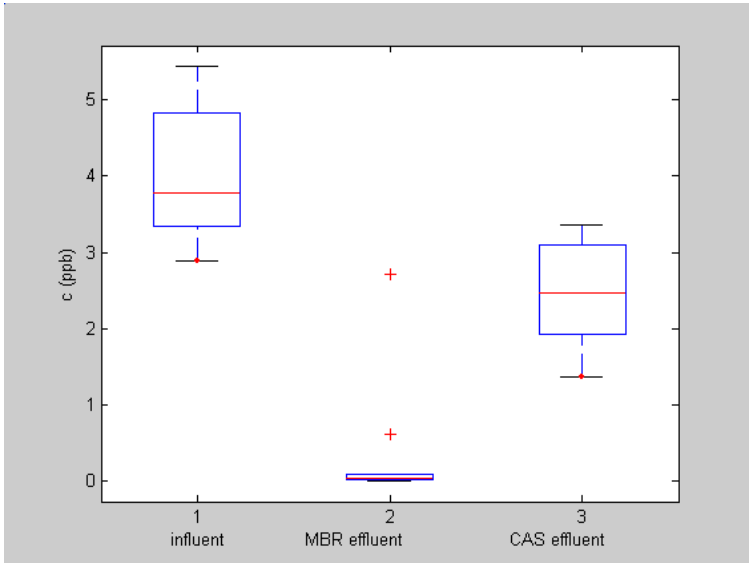
Financial aspect

- the cost of MBR drop from 2001 to 2004 and is estimated to be from 0.8 $ m^{-3} to 0.5 $ m^{-3}

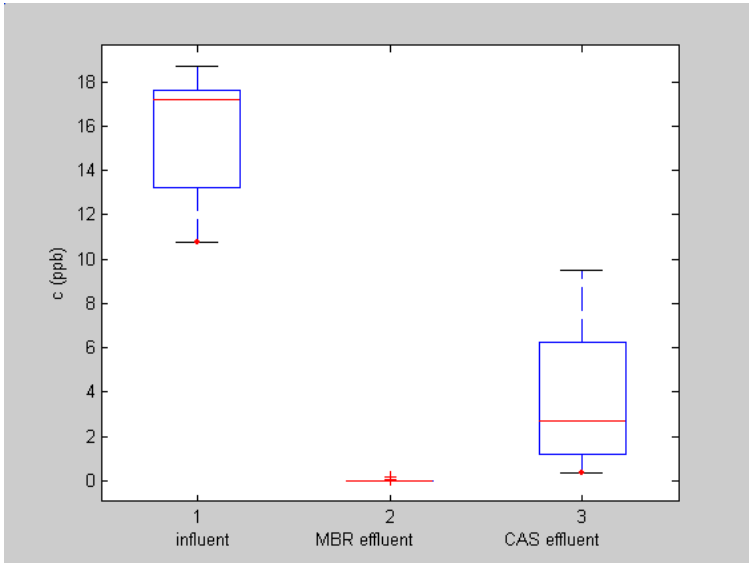
MBR vs. CAS treatment

For most of the investigated compounds MBR treatment had better performance (removal rates>80%) and steadier effluent concentrations than the conventional system (e.g. diclofenac, ketoprofen, gemfibrozil, bezafibrate, ranitidine, pravastatin, ofloxacin).

gemfibrozil



diclofenac

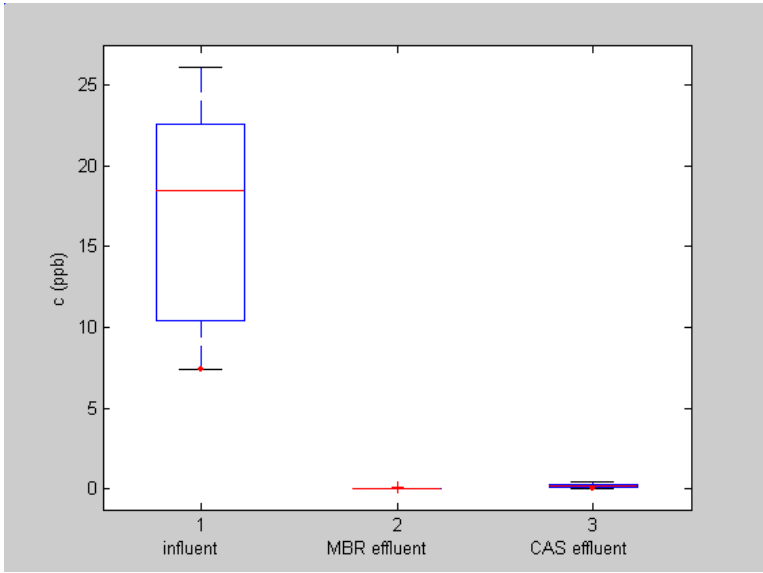


J. Radjenovic et al. Anal. Bioanal. Chem. 387 (4), pp 1365-1377

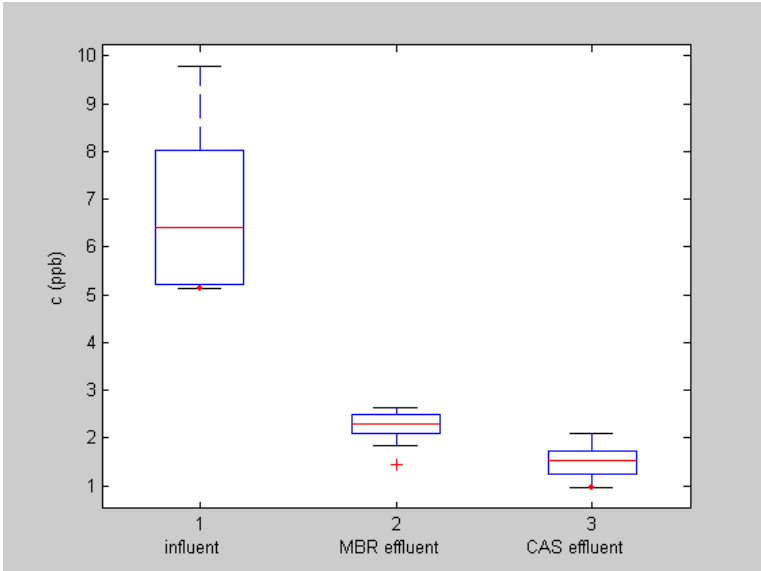
MBR vs. CAS treatment

In some cases the removal efficiencies were very similar and high for boththreatments (e.g. ibuprofen, naproxen, acetaminophen, hydrochlorothiazide, paroxetine).

acetaminophen



hydrochlorothiazide

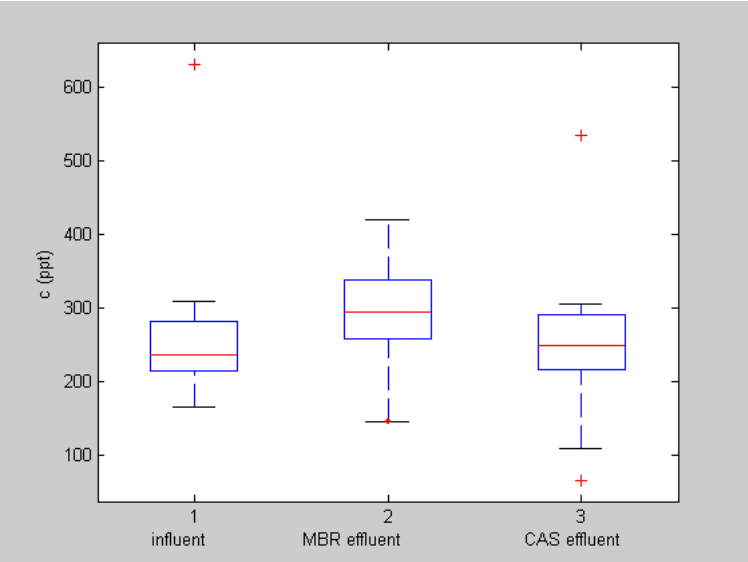


J. Radjenovic et al. Anal. Bioanal. Chem. 387 (4), pp 1365-1377

MBR vs. CAS treatment

The antiepileptic drug carbamazepine turned out to be the most persistent pharmaceutical as it passed both through MBR and CAS system untransformed.

carbamazepine

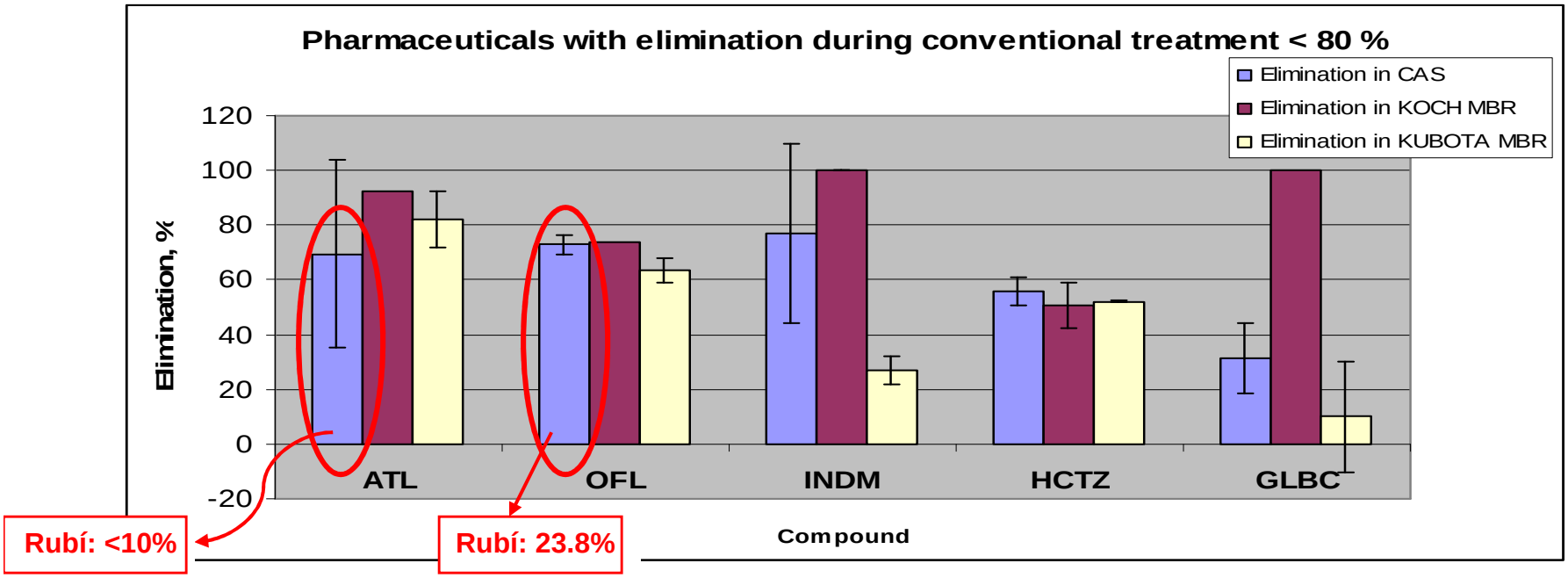


J. Radjenovic et al. Anal. Bioanal. Chem. 387 (4), pp 1365-1377

Wastewater treatment plant (WWTP) Terrassa

- Influent type: industrial (mostly pharmaceutical and textile industry)/ municipal wastewater
- Equivalent inhabitants: 277 000
- Average daily flow: 2 000 m^3/h
- Maximum daily flow: 2 500 m^3/h
- Hydraulic retention time: 11.5 h
- Solids retention time: 12 days
- Treatment:
  1. **Preliminary treatment**
  2. **Primary treatment**
  3. **Secondary treatment** (pre-denitrification and nitrification).

Elimination of target compounds in CAS and two pilot-plant MBRs in WWTP Terrassa



ATL: Atenolol, Influent conc. range=1.2-1.6 µg/ L.
OFL: Ofloxacin, Influent conc. range= 2.1-3.0 µg/ L.
INDM: Indomethacin, Influent conc. range= 42-98 ng/ L.
HCTZ: Hydrochlorothiazide, Influent conc. range= 2.9-5.0 µg/ L.
GLBC: Glibenclamide, Influent conc. range= 130-295 ng/ L.

Research needs

Occurance and behaviour

- There is a need to increase the knowledge about the fate of pharmaceuticals during sewage treatment for implementation of **better removal techniques**.
- Future work on WWTP **treatment optimization** will show to what extend pharmaceuticals can be removed from wastewater and to what extent the implementation of an improved technology is feasible, taking into account other macro- and micro-pollutants as well as the broad variety of complex wastewater matrices.
- Current monitoring programms focus on therapeutic form of the drug (What about **Conjugates**, Metabolites, Transformation products?
- Lack of studies concerning the formation of **transformation products** in the environment following natural degradation or water treatment.
- Biotic vs abiotic transformation?
- An important question that should be addressed is whether pharmaceutical residues are **bioavailable** and, if so, what the environmental impact will be.

Research needs

Effects/Chronic toxicity

- There is a general **lack of chronic toxicity data** on pharmaceuticals, in particular in fish.
- Need to find a **biomarker** for specific pharmaceutical classes (like vitelogenin for EDCs)
- Many pharmaceuticals need more investigation about potential long-term ecotoxicological effects, particularly with respect to potential disturbances in hormonal homeostasis (endocrine disruption), immunological status, or gene activation and silencing during long-term exposure.
- For better understanding of possible effects, a mechanism-based approach focused on target molecules, tissues and organs should yield more meaningful results and insights than traditional acute toxicity testing.
- Moreover, the potential of **combined effects** of pharmaceutical mixtures should be addressed. In the ecological context, subtle changes and disturbances may have negative consequences for the organism's fitness.

Minimizing Pharmaceuticals' Environmental Disposition

Drug Disposal/Recycling/Pollution Prevention

- Responsible disposal and product stewardship – "smart disposal" USEPA, SIGRE (Spain)
- Mix with kitty litter, coffee grounds sawdust put them in cans or plastic bags before tossing it in the trash or incinerate them.
- Source separation for domestic wastes. Advancement in, and implementation of, new technologies for dealing with waste at the source (e.g., urine separation)
- Sewage recycling. Upgrading sewage to potable water. By use of advanced water treatment technology such as reverse osmosis, nearly complete removal of all PPCPs can be achieved. However, all the solutes removed by reverse osmosis are concentrated in the rejected "brine"--a waste stream that must be disposed itself.
- Improvements to sewage infrastructure. Straight-piping of sewage to surface waters should continue to be identified and eliminated on an ongoing basis
- Recycling (reclamation). "Drug mining," such as hospital reclamation of highly toxic drugs from excreta and other wastes, could be pursued and expanded
- Responsible reuse, recycling, and donation.
- Public outreach/education--heightening public awareness.

Reducing pharmaceutical loads to STPs

- Separate treatment of “hot spots”: hospital wastewaters (drugs)
- Recommended actions are: Labelling (Sweden), urine separation, more environmental education : still 25-33% of drug disposal as household waste or directly to toilet. Only in US, flushing of medications of deceased people adds 19.7 tons active ingredient per year
- *But still 1 dollar spent on drugs can save 6 dollars in hospital costs*

KEY ISSUE= Treating Sewage for Drinking Water

- Perhaps you have seen: “ This property is irrigated with reclaimed water. Do not drink”
- Requires Advanced Environmental Technologies (like the one in Advanced Water Purification Facility, California)

  Micro-filtration

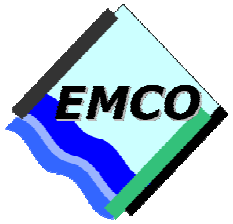
  Reverse Osmosis Membranes

  Hydrogen peroxide and UV light,

  Aquifer recharge by Injection to wells (travels up to six month to drinking water well)
- “ As waters supplies tighten, perhaps more communities will be asked *to put their faith in chemistry and accept recycled water into drinking water supply*”
- 2009. Additional water resources in Catalonia 180 hm^3 desalinization plants (60+ 60+ 20), 40 hm^3 aquifer recharge and water reuse

Acknowledgements

This work has been supported by:



EU project **EMCO** (INCO CT 2004-509188)
(Reduction of environmental risks, posed by Emerging Contaminants, through advanced treatment of municipal and industrial wastes)

EU project AquaTerra (GOCE-CT-505428)
Integrated modelling of the river-sediment-soil-groundwater system; Advanced tools for the management of catchment areas and river basins in the context of global change

Spanish Ministerio de Ciencia y Tecnologia
Project CTM2004-06255-CO3-01