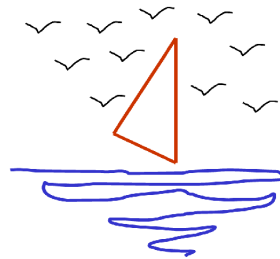


Presentaciones adaptadas al texto del libro:
“Temas de química (II) para alumnos de ITOP e ICCP”

Tema 20.- Contaminación y Depuración de Aguas



ROCÍO LAPUENTE ARAGÓ
Departamento de Ingeniería de la Construcción
 UNIVERSIDAD DE ALICANTE

1. El agua en el planeta

En nuestro planeta existen un total de $1,3 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ de agua

La atmósfera contiene $12,8 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ de agua

La atmósfera podría quedarse totalmente

seca con una buena lluvia generalizada.

Sin embargo la masa del agua equivale solamente a 0,00022% del total de la masa de la tierra que es de unas $5,98 \cdot 10^{21}$ toneladas

2600 m de espesor

25 mm de espesor



Las aguas marinas son las más abundantes

las no marinas

dulces
salobres

2,5% del total



Si considerasemos que la masa total del globo terráqueo es una “tonelada”

el agua es sólo una pequeña parte, sólo 220 de sus “gramos”

sólo 5 “gramos” es agua no marina, incluidas las dulces y las salobres.

Pero, las accesibles serían sólo 0,1 “gramos” en los ríos, 0,1 en los lagos, y 4,8 formado hielos polares o continentales.



1.1. El agua marina

El ciclo evaporación-condensación lleva el agua casi pura a la atmósfera.

Desde allí cae con toda su capacidad de disolver materiales y éstos se verán arrastrados y acumulados en los mares.



De unos mares a otros existe diferente salinidad

Salinidad (g/l)	
Mar Báltico	3 a 8
Mar Negro	18,3 a 22,2
Mar Blanco	26,0 a 29,7
Océano Atlántico	33,5 a 37,4
Océano Pacífico	34,5 a 36,9
Océano Índico	35,5 a 36,7
Mar Mediterráneo	38,4 a 41,2
Mar Rojo	72
Lago Notario	126,7 a 185,0
Mar Caspio	192,2 a 260,0
Mar Muerto	265



CO_3^{2-}	30,6
Na^+	1,1
K^+	1,2
Ca^{2+}	3,7
Mg^{2+}	

Lago Elton



pH del agua de mar es ligeramente alcalino

≈ 8

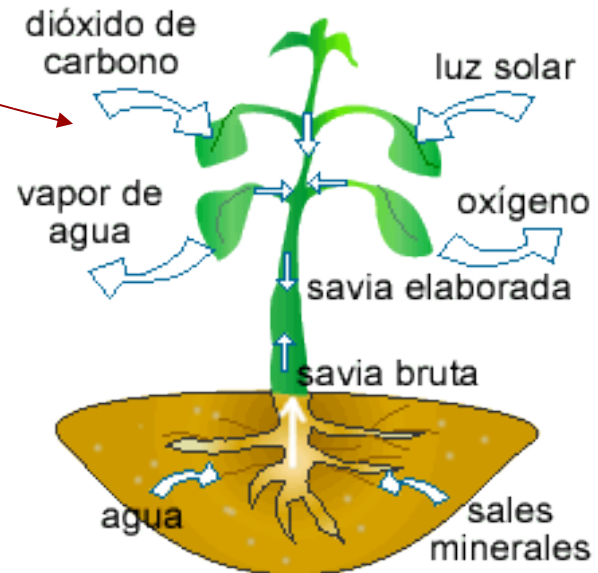
puede llegar a 9 o más donde la fotosíntesis es muy activa

La disolución del CO_2 queda regulada por el equilibrio:



La disolución del CO_2 proporciona acidez al agua

el consumo de CO_2 en la fotosíntesis hará que la acidez disminuya



Los organismos vivientes en las agua son muy sensibles al cambio de pH

Influye en la fijación de carbonatos

depósitos insolubles
de carbonato cálcico

depósitos solubles
de bicarbonato cálcico



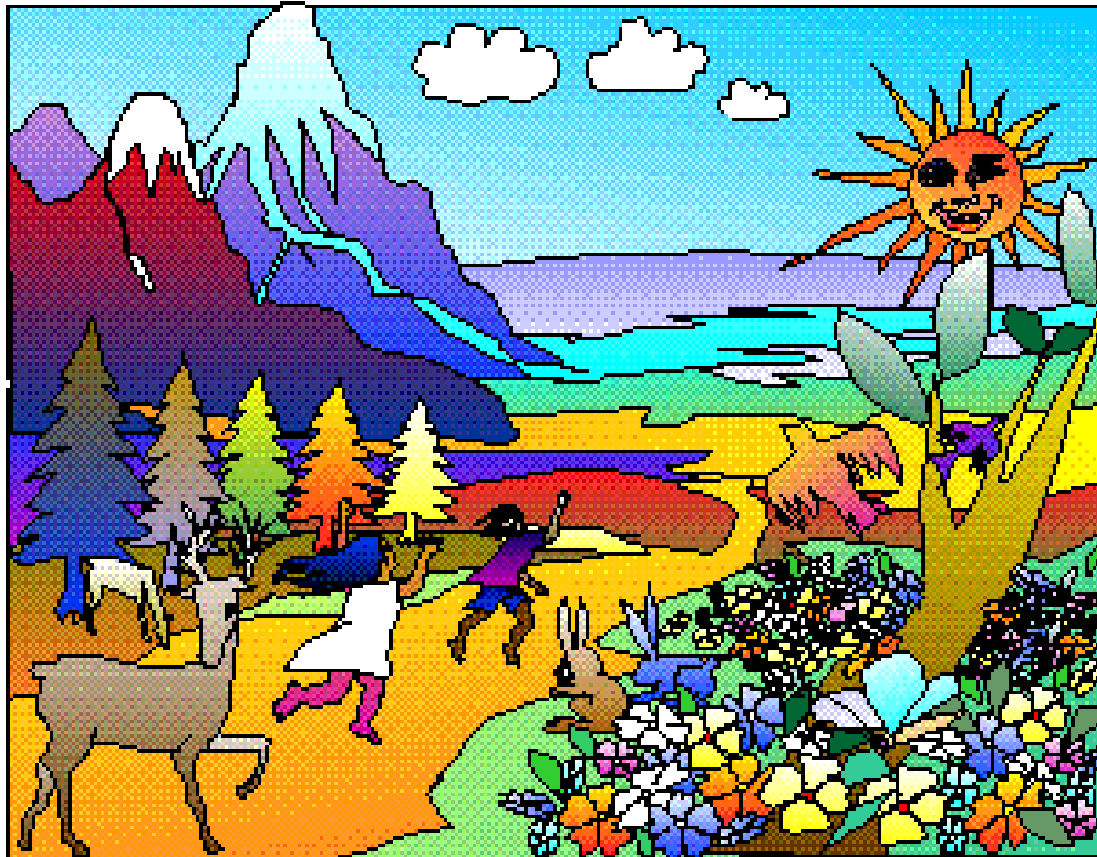
La paleontología

a lo largo de la historia de la vida sobre la tierra no ha habido desaparición de animales de caparazón o esqueleto en el mar.

la atmósfera, una vez alcanzada la composición favorable al desarrollo de los seres vivos, no sufrió modificaciones importantes en lo que respecta a la concentración del CO_2 en ningún momento a lo largo de millones de años de su historia.



1.2. El agua de lluvia



La radiación solar proporciona la energía necesaria para mantener esos ciclos aportando entre $0,95$ y $1,22 \text{ kW/m}^2$ del que solamente una parte se aprovecha.

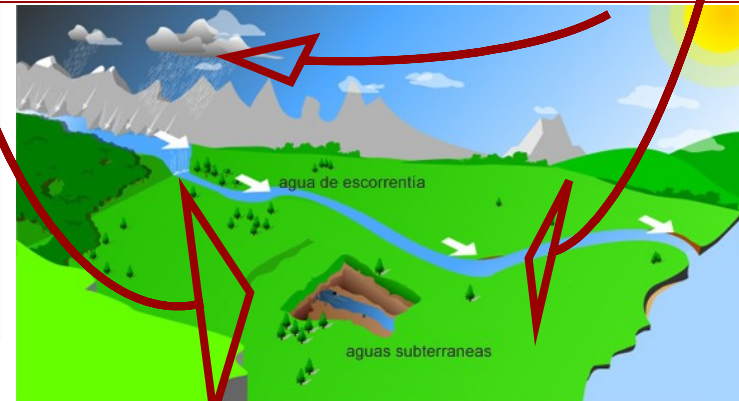


Precipitaciones medias sobre los continentes

845 mm/año $\approx 122,5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3/\text{año}$.



De esas cantidades entre el 10 y el 25% se filtran para alimentar las aguas subterráneas; entre el 25 y el 50% se deslizan sobre la superficie, y el resto se evapora directamente

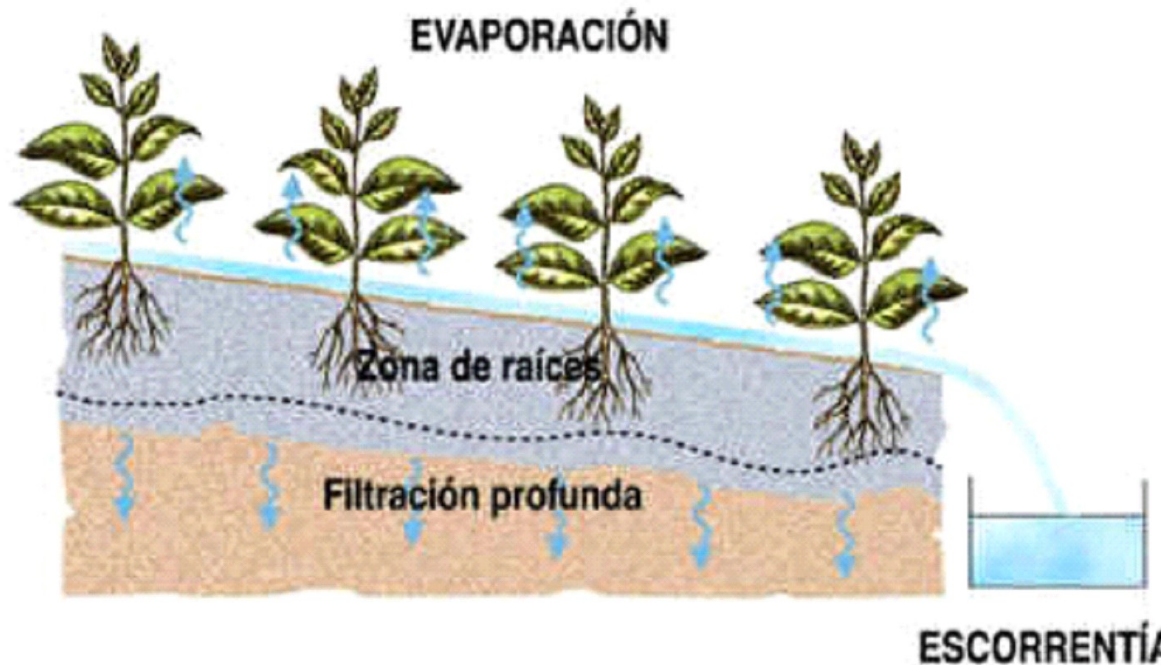


La relación entre los diferentes flujos es especialmente importante

agua como recurso disponible

el agua superficial provoca “escorrentía” y <lava> los suelos

PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SUELO





Una fórmula sencilla permite relacionar los valores de escorrentía y lluvia:

$$E = A \cdot L + B ;$$

$$E = \text{Escorrentía} ;$$

$$L = \text{Lluvia}$$

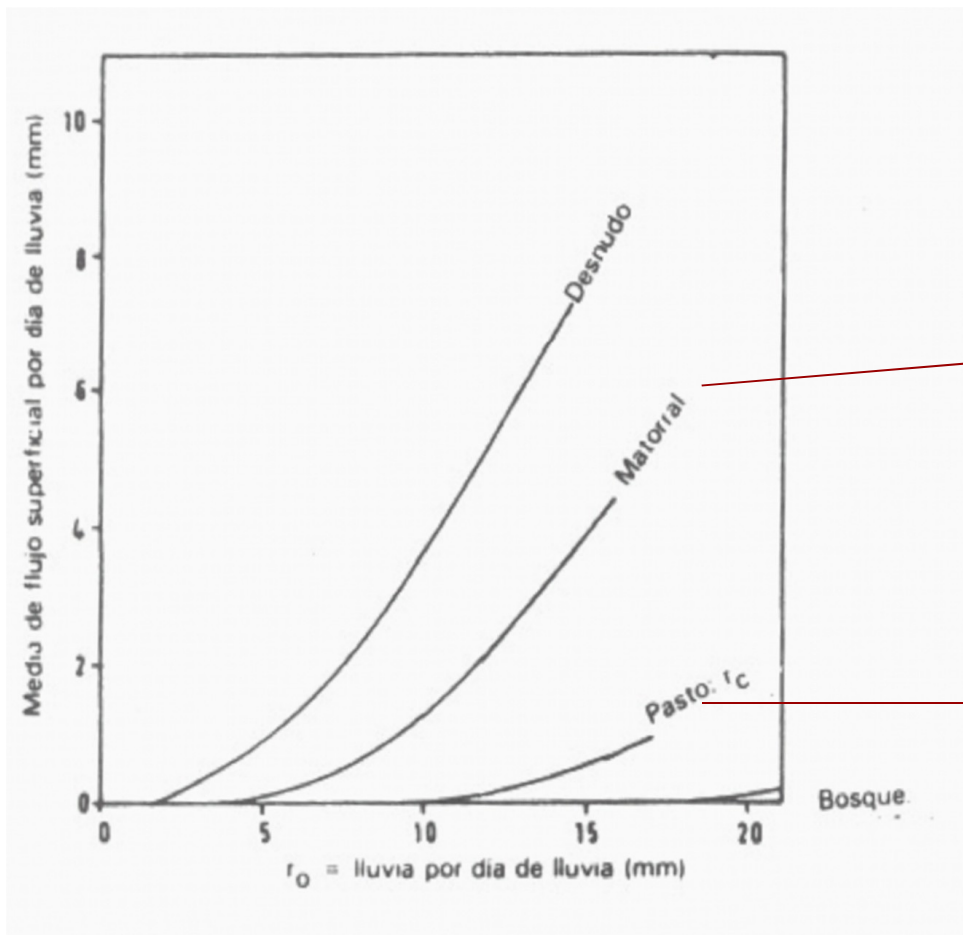
A y B son constantes características de cada tipo de suelo;

E y L se expresarían en mm de lluvia (l/m^2).

Los arrastres superficiales dependen la pendiente, tipo de cultivo, etc...



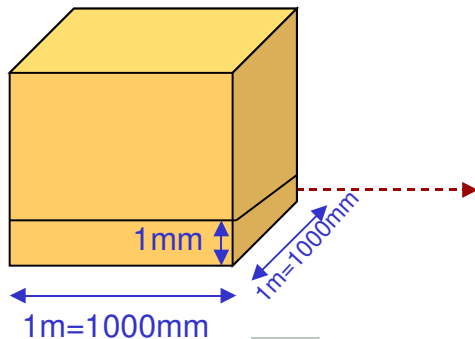
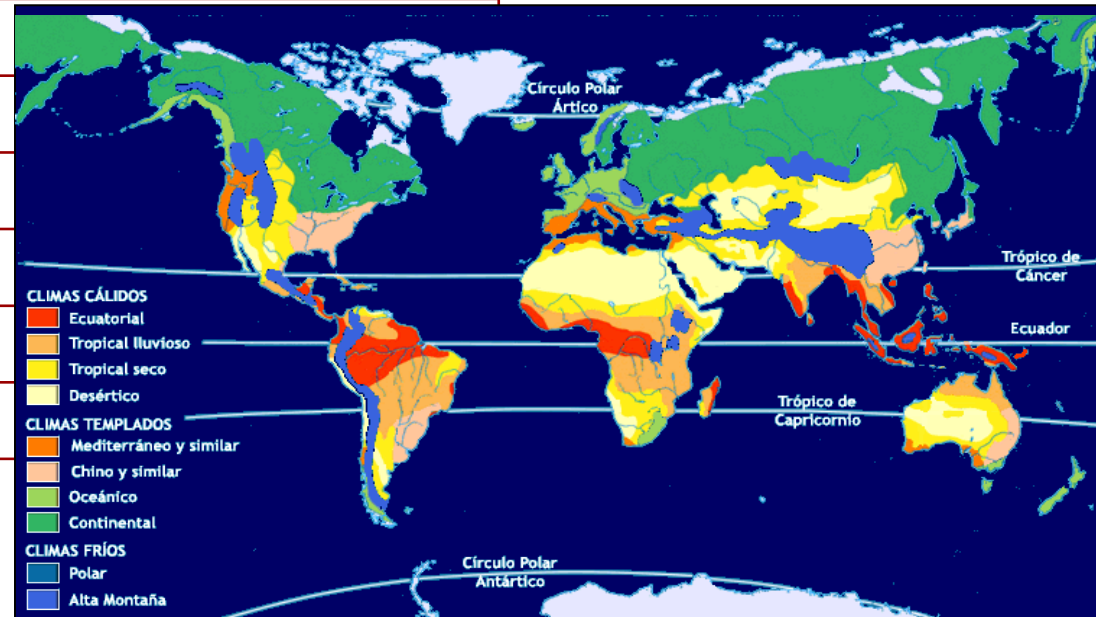
En la figura se representan unas curvas, obtenidas a partir de datos experimentales que permiten comparar el fenómeno de los flujos superficiales con lluvias de diferente intensidad.



El agua en la atmósfera, como vapor y como lluvia, determina los climas sobre la tierra

Los distintos climas son:

Clima	Precipitaciones (mm o L /año)
Desértico	< 120
Árido	120-250
Semiárido	250-500
Húmedo Moderado	500-1000
Húmedo	1000-2000
Muy Húmeda	> 2000



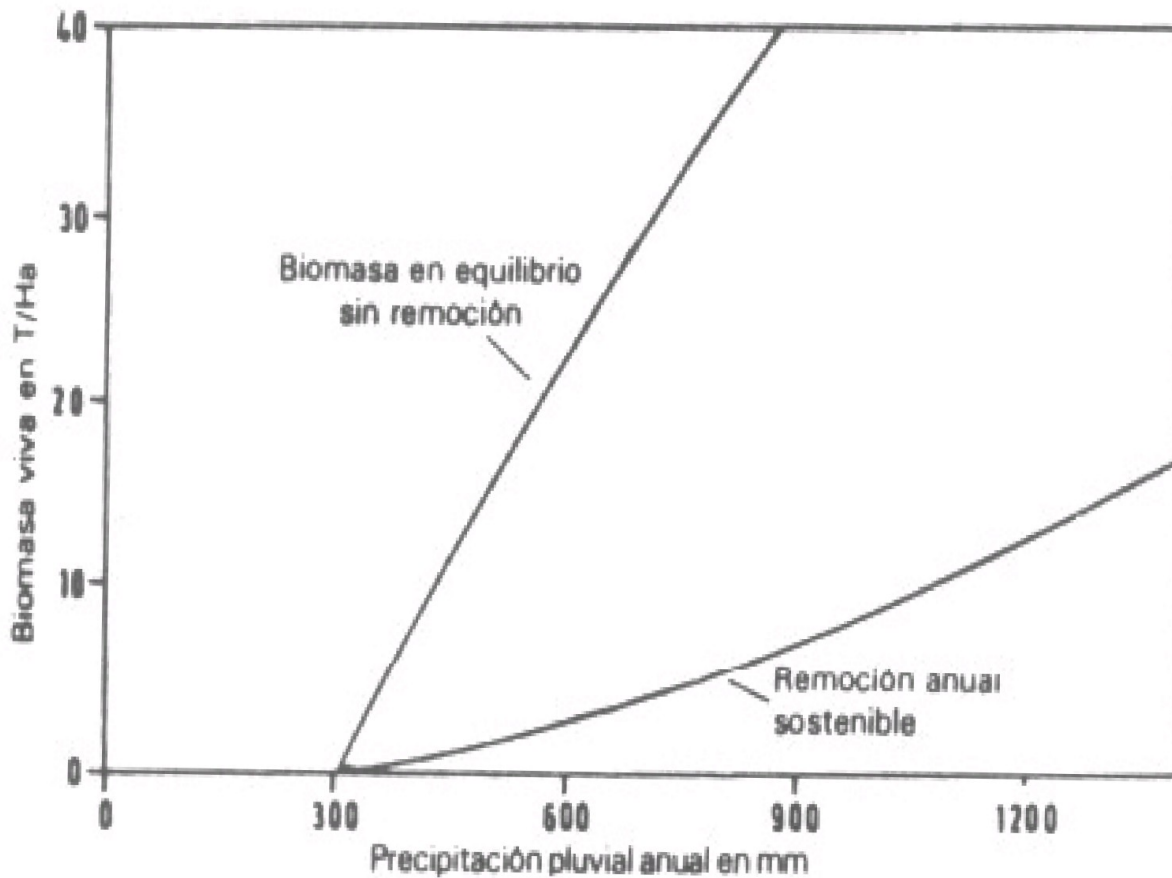
$$V = 10^3 \text{mm} \times 10^3 \text{mm} \times 1 \text{mm} = 10^6 \text{mm}^3 = 1000 \text{dl} = 1 \text{L}$$

$1 \text{mm} = 1 \text{L}$



De la lluvia depende la vida sobre el suelo.

Las regiones con precipitaciones insuficientes para sostener una vida “normal” son 60% donde vive el 5% de la población mundial.



La productividad de la tierra está muy condicionada, además de por la radiación solar, por la cantidad de precipitaciones anuales, según se observa en la figura



2. Las necesidades de agua

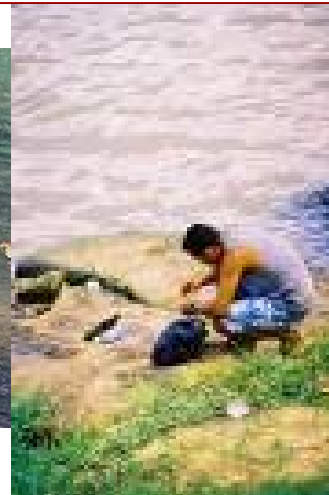
comunidades humanas



masas de agua

aguas superficiales: lagos y ríos

Un río es un medio de aporte de aguas limpias, así como, ocasionalmente, lugar donde pescar y medio a través del cual desplazarse.



... y vehículo de dispersión de los residuos



Las civilizaciones primitivas, crearon canales para las aguas de regadío (agricultura).



La mayoría de las poblaciones tiene su origen en asentamientos próximos a una masa de agua de calidad suficiente, sea río, lago o manantial.



La dependencia entre las aguas de calidad y la civilización

preocupación en la antigüedad por su buena utilización



Para nuestros antepasados el agua era un bien ilimitado y prácticamente gratuito cualquiera podría tomarla del río o fuente directamente, construyéndose su propio canal o abriendo su



La dependencia de las aguas se manifiesta sobre todo cuando se producen sequías, o salinizaciones de los suelos que obligan a migraciones.

Parece que el comienzo de las primeras civilizaciones urbanas está asociado con la utilización de los primeros canales de riego, probablemente en



2.1. Suministros a poblaciones



Para las necesidades de las comunidades urbanas, se han realizado canalizaciones que proporcionan agua limpias y redes de alcantarillado y saneamiento que completan el circuito.



Hamburgo, París y Londres, en ese orden, fueron las primeras ciudades que tuvieron red de alcantarillado según tecnologías actuales, entre 1845 y 1855.





El abastecimiento de agua de Alicante se soluciona con la traída de las aguas de Sax.

En la actualidad, en la Comunidad Valenciana aproximadamente las tres cuartas partes del suministro de agua a poblaciones se realiza por explotación de aguas subterráneas.



El agua canalizada se utiliza en dos grandes campos:

la agricultura

el suministro a poblaciones
para consumo humano e industrial

Antes de la creación de las redes de distribución, las diferentes actividades industriales justificaban su



Se ubicaban sobre ríos de características muy concretas (Béjar, Alcoi) de manera que la actividad dispusiera de agua casi gratuita y en abundancia.



Aún hoy se manifiesta esa dependencia en casos muy concretos, como siderúrgicas, centrales térmicas o nucleares, en las que el consumo es excepcionalmente elevado.



2.2. Consumos

El consumo de agua por habitante es una de las medidas del nivel de desarrollo

Según **Greenpeace** ,

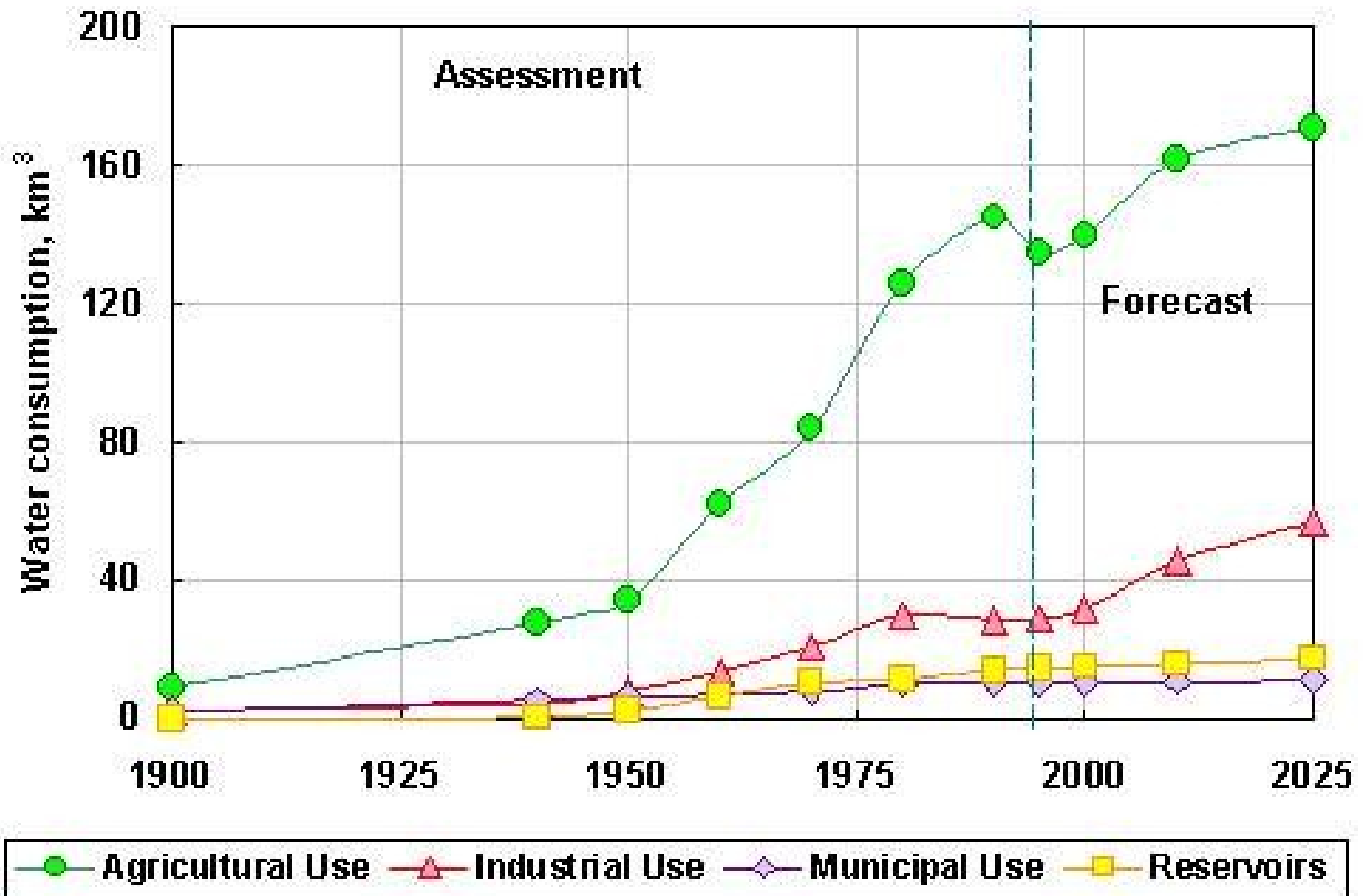
España es el tercer país del mundo que más líquido elemento consume por habitante y día.

El primero es Estados Unidos con más de 500 litros por habitante/día y España con entre 250 y 300 por habitante/día.

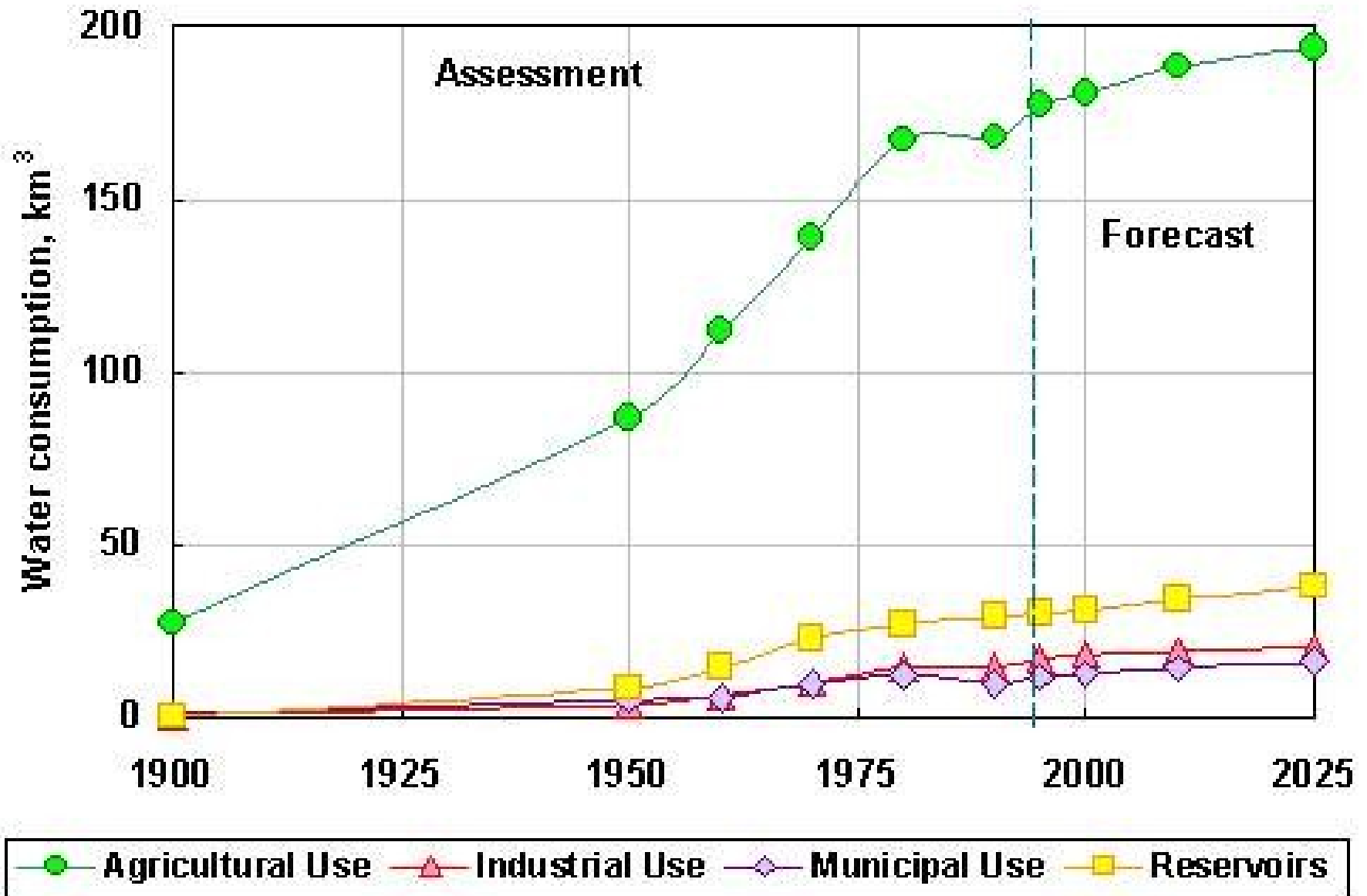
El consumo de agua humano o urbano no llega al 15%. El 75 u 80% lo consume la agricultura, sobre todo los regadíos intensivos y el resto la industria.



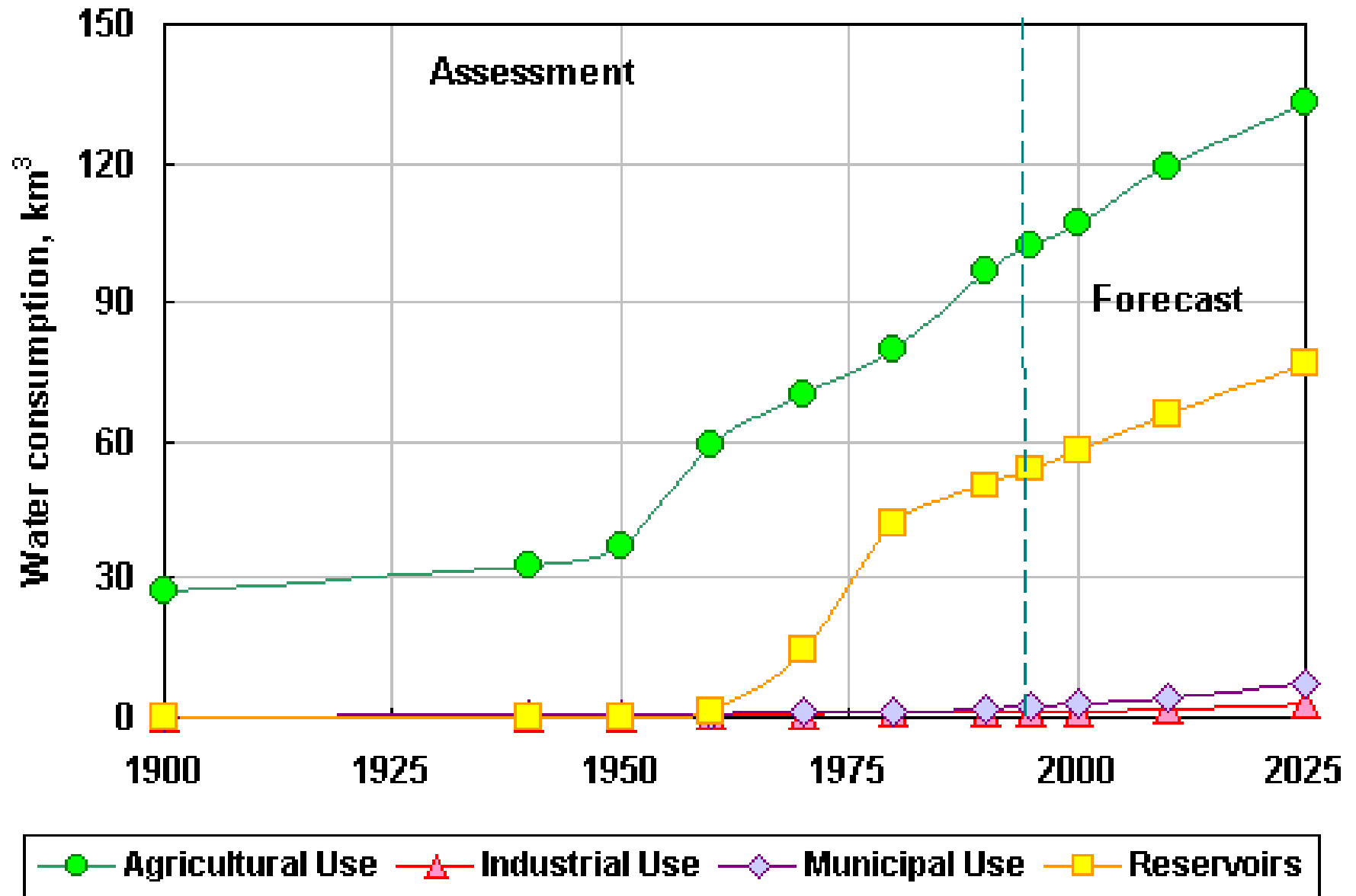
Europe



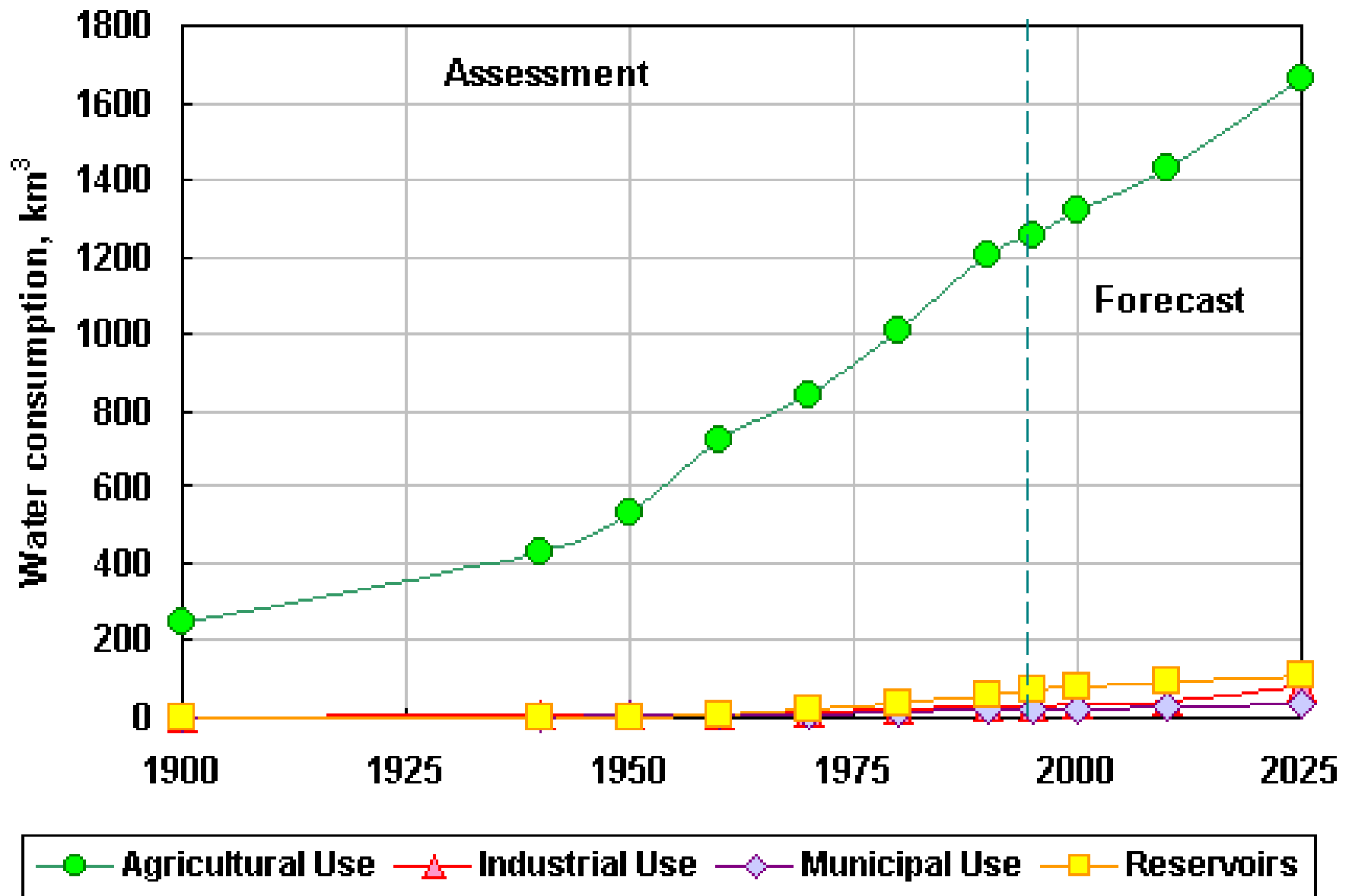
North America



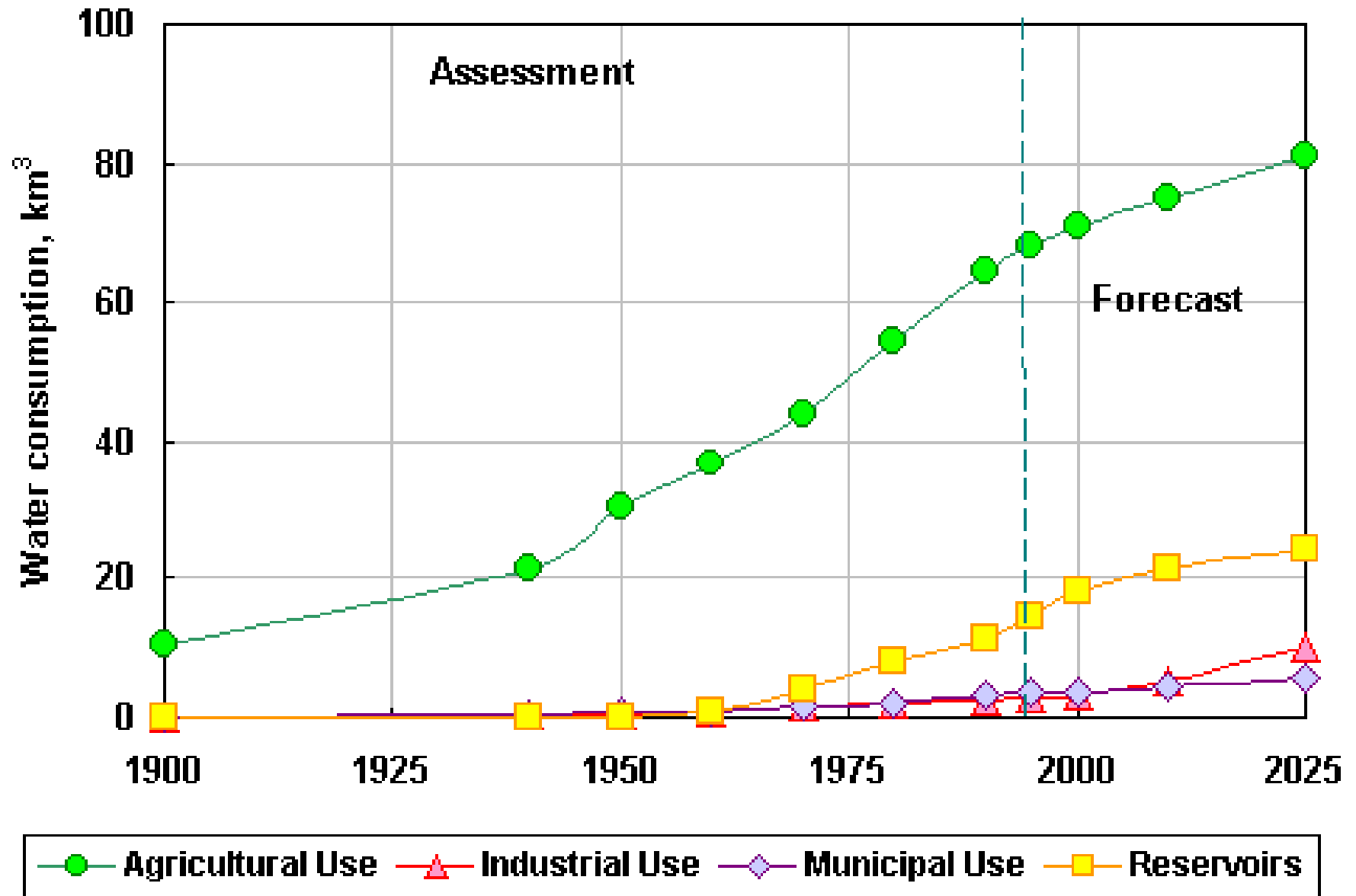
Africa



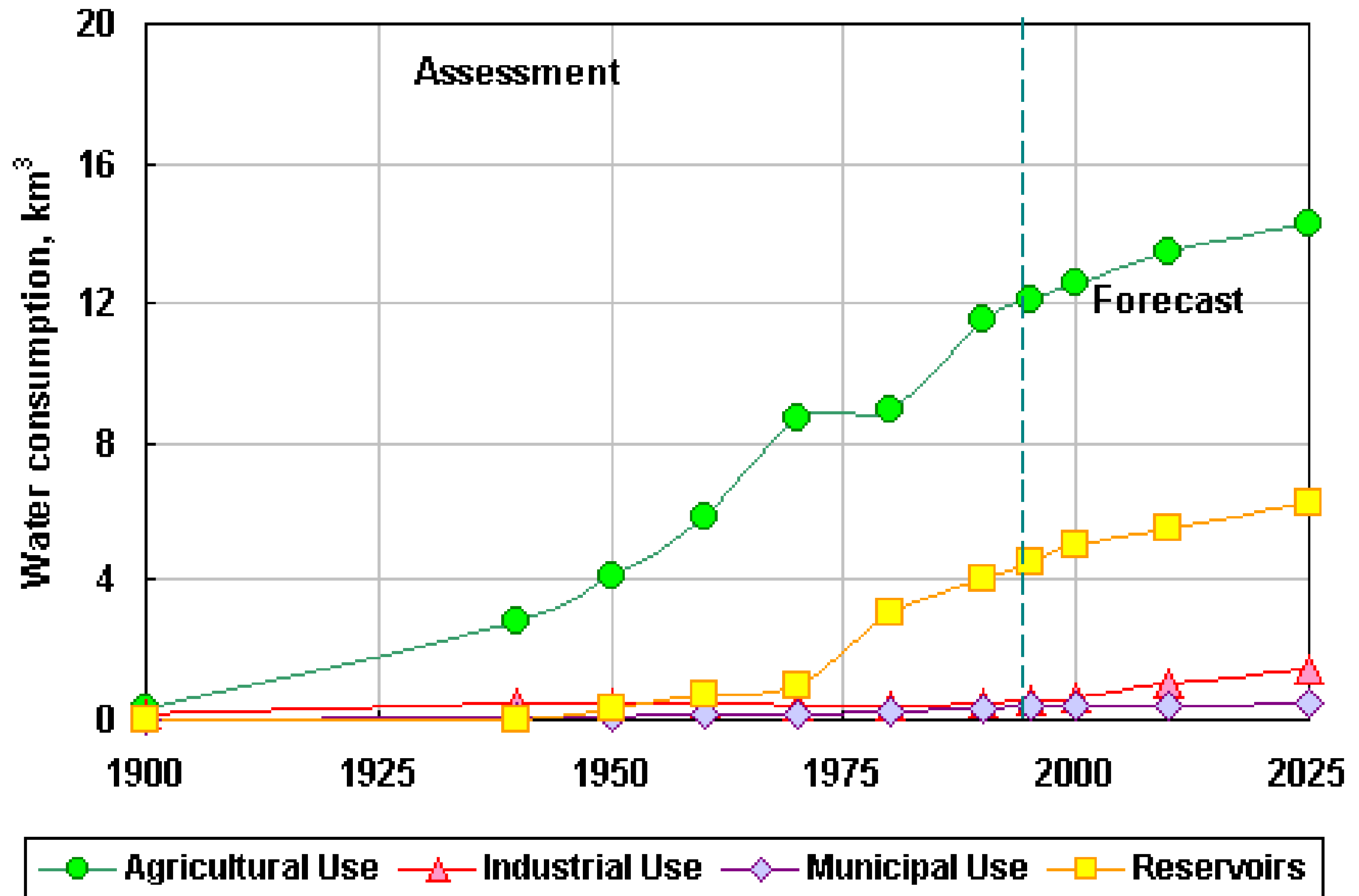
Asia



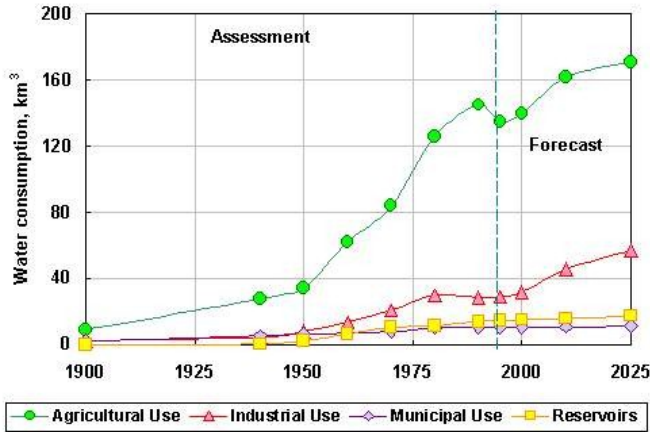
South America



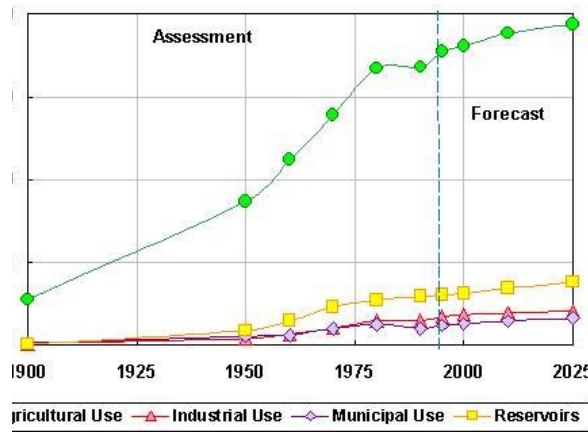
Australia & Oceania



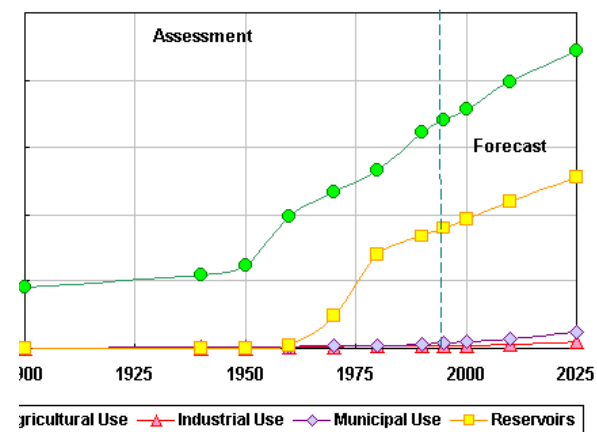
Europe



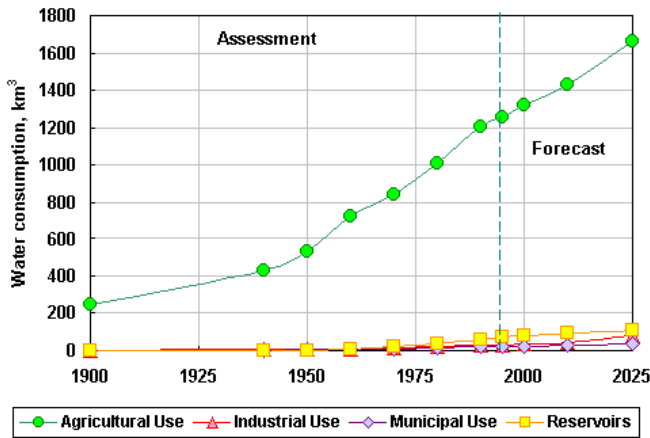
North America



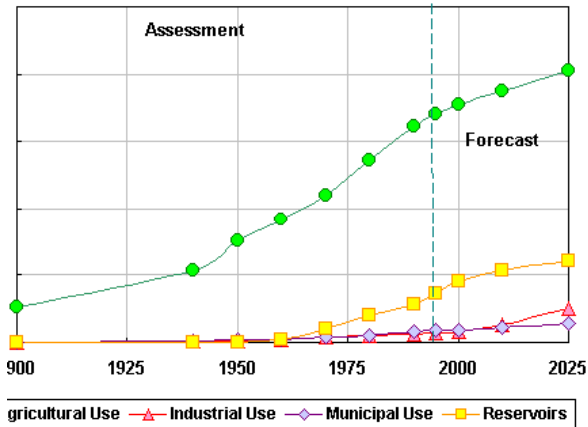
Africa



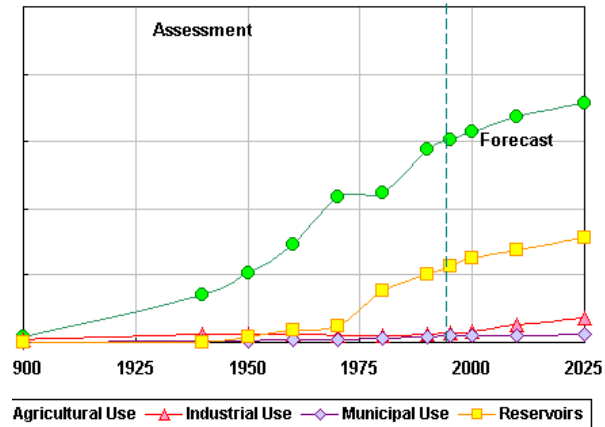
Asia



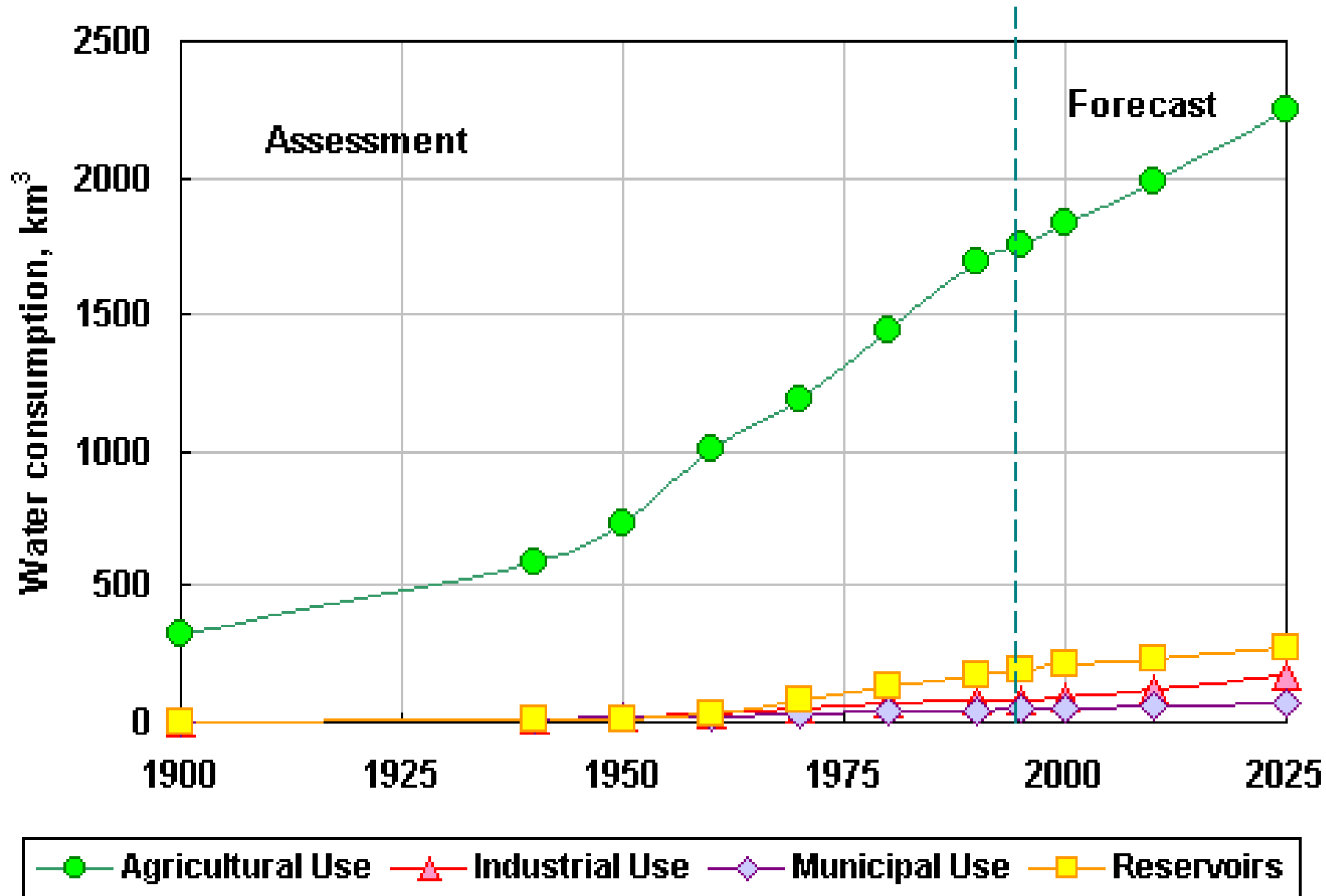
South America



Australia & Oceania



World



Más del 40% del consumo de hogar se va por la **cisterna** y el 65-70% del consumo total del hogar corresponde al cuarto de baño.

Muchos modelos de cisternas antiguos utilizan más agua de la necesaria (10-15 litros), cuando la normativa española fija la capacidad máxima en 9 litros (norma UNE 67-001-88).

La **lavadora**, dependiendo del modelo, por cada lavado utiliza aproximadamente 100 litros de agua.

En cuanto al **lavavajillas**, cada vez que se pone utiliza entre 20 y 40 litros de agua, dependiendo del modelo, con un consumo por cubierto que puede superar los 2 litros.

En el **lavado de coches**, un lavacoches consume entre 20 y 35 litros de agua, que normalmente se reutiliza después de un proceso sencillo de depuración propio, representando un considerable ahorro con respecto al lavado a mano con manguera (en 10 minutos se consumen 200 litros o más).



Comunidad de Madrid

El año pasado se consumieron 603 Hm³.

De ellos el 50% corresponde al consumo doméstico (cada madrileño consume una media de 147 l/día),

el 30% a fábricas e industrias,

el 10% riego de parques y limpieza de calles;

y un 10% se pierde en fugas y averías de conducciones.



Consumo medio de agua de los hogares

Unidad: litros /habitante/día

	2004	2005	Variación %
Andalucía	189	195	3,2
Aragón	162	153	-5,5
Asturias (Principado de)	172	180	4,6
Balears, Illes	142	139	-2,1
Canarias	147	145	-1,4
Cantabria	187	191	2,1
Castilla y León	172	160	-7,0
Castilla-La Mancha	179	174	-2,8
Cataluña	174	162	-6,9
Comunitat Valenciana	178	171	-3,9
Extremadura	178	173	-2,8
Galicia	155	152	-1,9
Madrid (Comunidad de)	171	159	-7,0
Murcia (Región de)	161	162	0,6
Navarra (Comunidad Foral de)	144	134	-6,9
País Vasco	150	140	-6,7
Rioja (La)	141	145	2,8
Ceuta y Melilla	142	139	-2,1
España	171	166	-2,9



Valor unitario total del agua

Unidad: euros/m³

	2005
Andalucía	0,92
Aragón	0,87
Asturias (Principado de)	0,74
Balears, Illes	1,58
Canarias	1,65
Cantabria	0,68
Castilla y León	0,66
Castilla-La Mancha	0,74
Cataluña	1,04
Comunitat Valenciana	1,36
Extremadura	0,81
Galicia	0,75
Madrid (Comunidad de)	1,09
Murcia (Región de)	1,52
Navarra (Comunidad Foral de)	1,12
País Vasco	0,91
Rioja (La)	0,98
Ceuta y Melilla	0,98
España	0,98



Consumo de agua por tipos de cultivos y técnicas de riego

Unidad: miles de m³

	2005	%
Por tipos de cultivos		
Herbáceos	7.642.531	46,3
Frutales	3.150.152	19,1
Olivar y viñedo	2.304.153	14,0
Patatas y hortalizas	1.476.962	8,9
Otros tipos de cultivos	1.931.044	11,7
Total	16.504.842	100,0
Por las técnicas de riego		
Aspersión	3.871.747	23,5
Goteo	4.858.928	29,4
Gravedad y otros	7.774.167	47,1
Total	16.504.842	100,0



Carga contaminante de algunas actividades industriales.

ACTIVIDAD	UNI. PRO.	CONS. UNID.	CONTAMINANTES				VOLUMEN CONTAMI.	OBSERVACIONES
alcohol	m ³	1,2 m ³	220 kg. DBO	257 kg. M.S.	385 kg. M.D.T.	9,2	Producción por campaña: periodos de gran actividad e impacto sobre cauces.	
azucareras	Ton	13	20 kg. DBO	75 kg. M.S.		>200		
aceites	Ton	21	7,5 kg. DBO	59 kg. DQO	33 kg. M.S.	>200	Producción por campaña. Materiales de lenta biodegradabilidad.	
conservas vegetales	Ton	25/50	13 kg. DBO	5 kg. M.S.		22	Materia orgánica fácilmente fermentable. Fibras en aguas. Gran producción de res. sólidos.	
mataderos	Ton	18	7 kg. DBO 1,6 kg. N	5 kg. M.S.	3 kg. H.C.	7		
curtidos	Ton	60	89 kg. DBO 20 kg. H.C.	258 kg. DQO 15 kg. N	138 kg. M.S. 3,5 kg. Cr 7 kg.S	5,5	Lodos, malos olores, abundante aporte N que podrá provocar eutrofización.	
papeleras	Ton	20/30	20/130 kg. DBO	12/26 kg. M.S.		6	Fibras, cloro libre, resinas, almidón, óxido de titanio, arcillas.	
textiles	Ton	10	45/300 kg. DBO 190 kg. H.C. (?)	50/1000 kg. DQO 1,4 kg. Cr (?)	30/200 g M.S. 0,2 kg. Fenoles (?)	9	Detergentes, álcalis y ácidos, grasas productos no biodegradables.	
petróleo	Ton	10	cantidades muy variables de: benceno y derivados, agentes anticorrosión, H.C. lineales, otros derivados de estructura muy variada.			—	Materiales muy variables, algunos no biodegradables.	
acero	Ton	50/200	0,6 kg. DBO	0,5/15 kg. M.S.	Cianuro	3		
algodón	Ton	10000	Nutrientes, pesticidas, M.O. restos de cosechas			—	Debe considerarse el aumento de concentración de las sustancias disueltas en el agua de riego en la agricultura, como consecuencia de la evaporación, y que verá limitada su utilidad en riegos sucesivos.	
arroz	Ton	4000	»	»	»	»		
trigo	Ton	1500	»	»	»	»		

FUENTES: Klein (1973); Miró & col (1978); DGMA (1982); COPUT(1985) y propios.



En el caso de la industria, los flujos que caracterizan el proceso de consumo de aguas son los siguientes:

➡ Flujo de “consumo” que se hace de la red, pozos o corrientes accesibles.

•Flujos de salida:

- ✘ Incorporación al producto.
- ✘ Pérdidas por evaporación.
- ✘ Residuos contaminados.

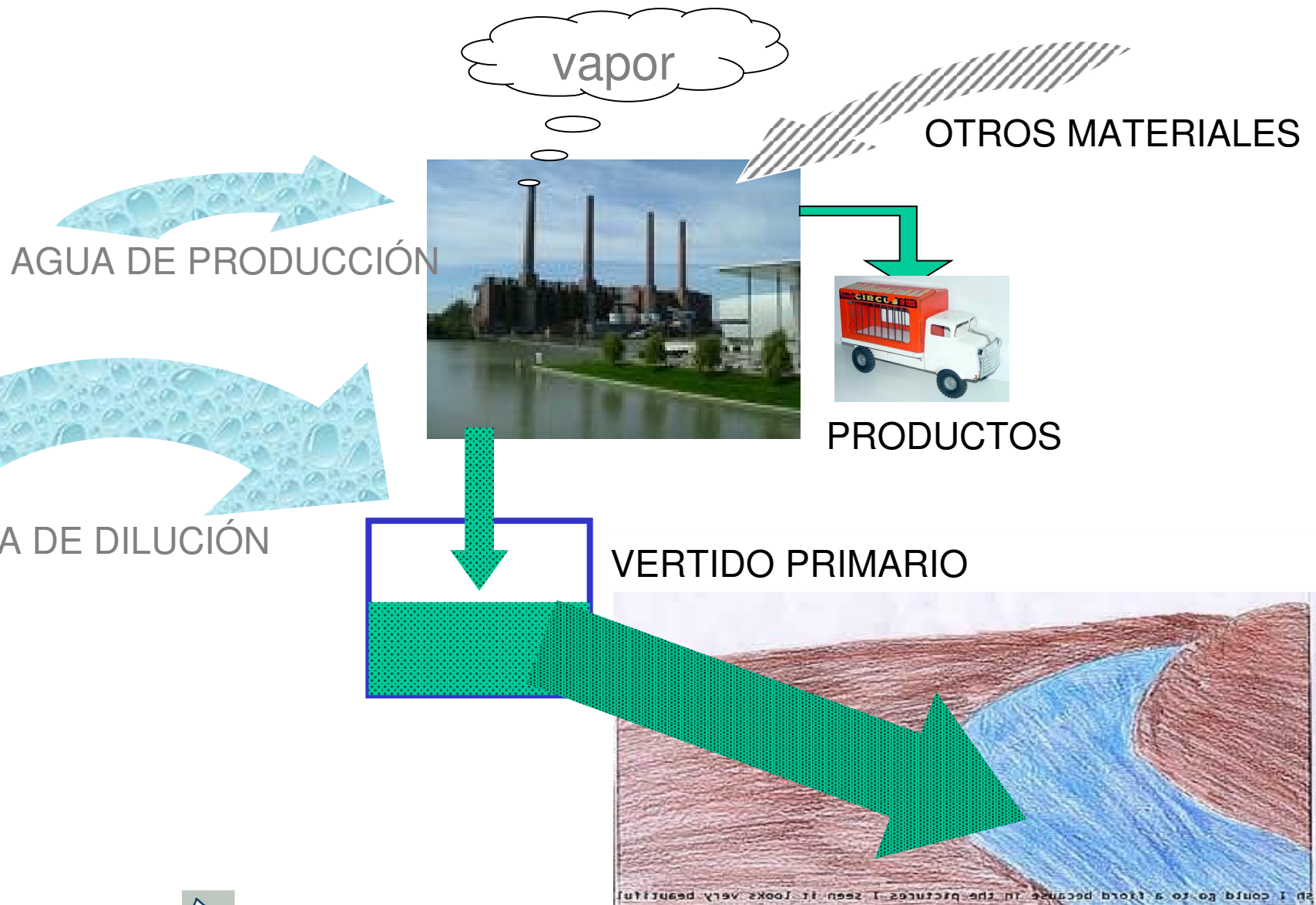


•Flujo de dilución.

Dicho flujo puede llegar a ser de una considerable importancia en comparación con los anteriores



Flujos de agua característicos en una industria.



2.3. Recursos

El agua, a nivel planetario, parece muy abundante

cada vez más escasas

donde se acumula
la población



requieren elevados consumos
para la industria y la agricultura

Desde hace siglos
se organizan
comunidades y
tribunales del agua
como el milenario de
Valencia.





En general la utilización de pozos queda más libre por ser peor conocida la naturaleza de las masas subterráneas.



La actual ley de aguas española reglamenta también las explotaciones de pozos, por considerar que el agua, escasa, es ante todo un bien público.



2.4. Contaminación

No todas las aguas son útiles para todos los usos

contaminación

consecuencia del uso humano

Se ha dicho que un hipopótamo encenagado y muerto en una charca africana produce al descomponerse una contaminación evidente, sin que haya habido intervención humana.



el agua de
algunos pozos o
corrientes



contienen
demasiadas
sales en disolución



Contaminación es

“cualquier causa o condición que afecte de modo adverso a
alguno de los usos que pudiera dársele al agua”

Podemos limitar la cuestión a la perturbación de nuestros
estrictos intereses de uso.

Pero hay que hacer las siguientes matizaciones:



2.4.1. Contaminación natural y antropogénica

difieren en razón el origen

una erosión natural

partículas en suspensión

disminuir la capacidad de un embalse, natural o artificial

agua salobre de algunos arroyos

la salinización de los suelos que riega

acuíferos costeros con sobreexplotación

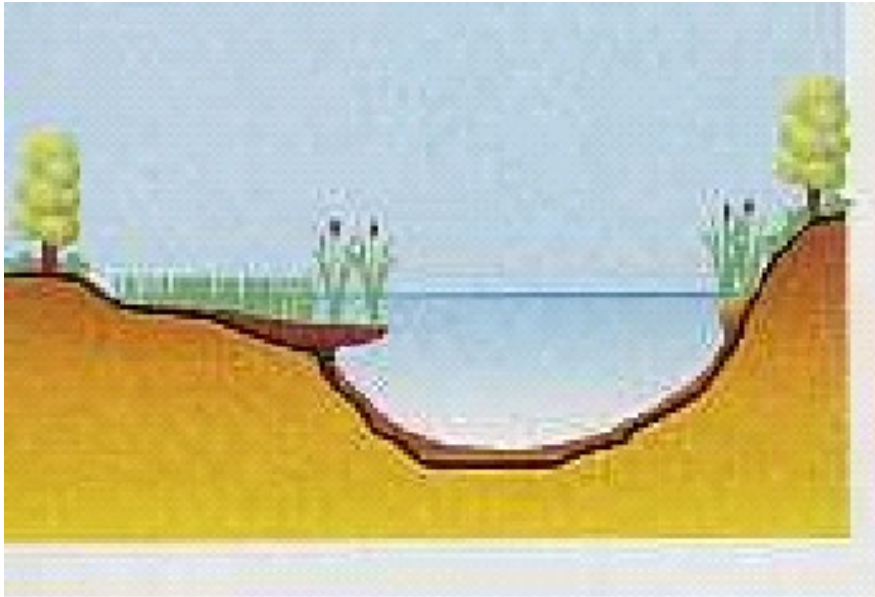
intrusiones marinas que terminan por convertir en salobres las aguas de los pozos.



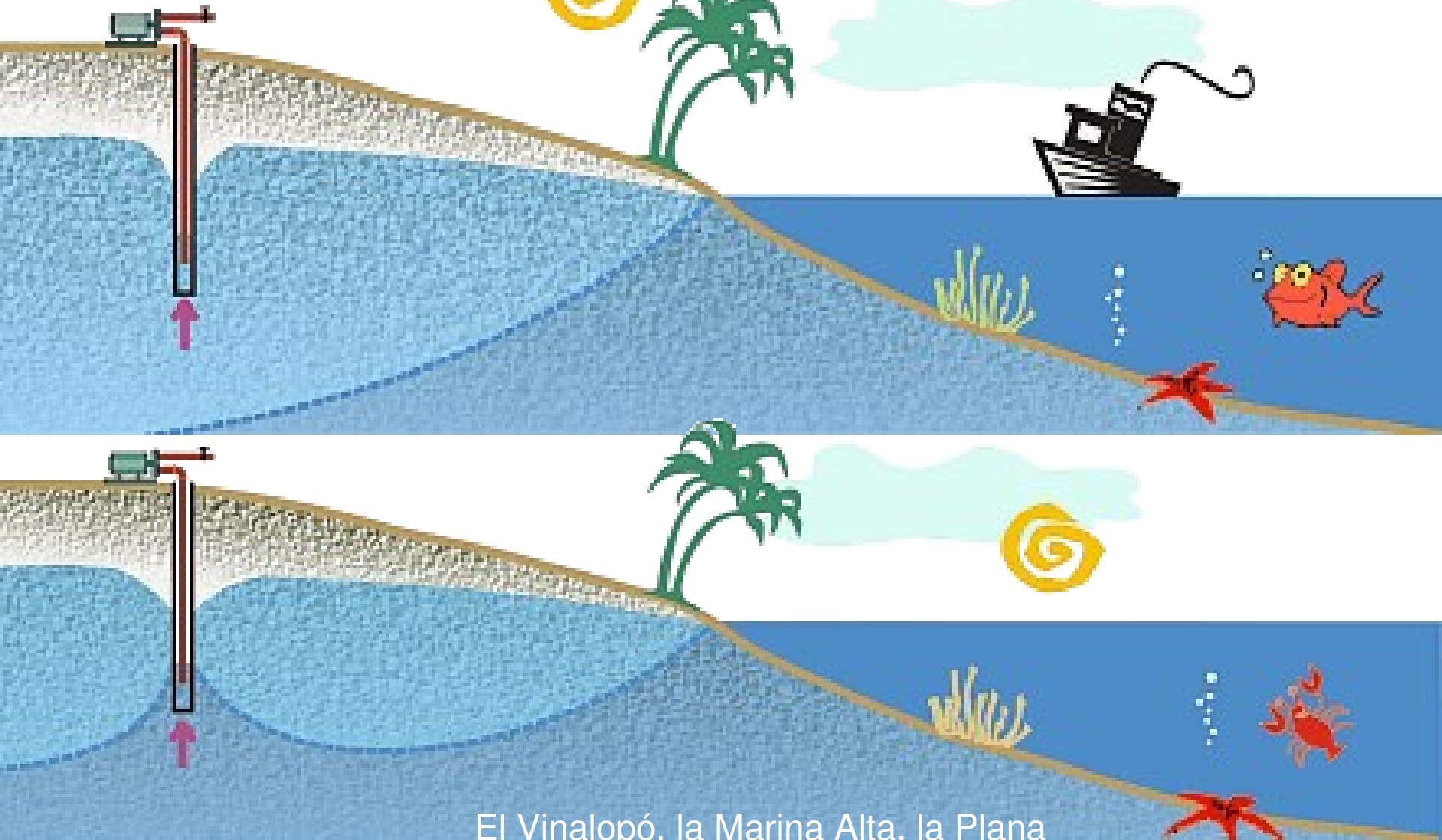
El Vinalopó, la Marina Alta, la Plana



una erosión natural



acuíferos costeros con sobreexplotación



El Vinalopó, la Marina Alta, la Plana



2.4.2. Contaminación normal y accidental

Una contaminación “normal” es la que previsiblemente se producirá como consecuencia de unas determinadas circunstancias



Sobre esa contaminación es posible emprender medidas políticas y científicas para procurar atenuar sus efectos.

Una contaminación “accidental” es imposible de evitar está condicionada por el azar.



2.4.3. Contaminación intensiva y extensiva

La contaminación “intensiva” es la que se produce a través de canales bien definidos en tiempo y espacio



Colector de Alzira que vierte aguas contaminantes al río Verde, junto la carretera CV-50, y al fondo toneladas de pasta de papel.

La contaminación “extensiva” es la que alcanza las aguas a través de vías más precisas



2.5. Normas de calidad y arbitrariedad de límites

Depende del uso que se le vaya a dar

La mayor exigencia es para la que vaya a ser usada para bebida y de ésta no se requiere excesiva cantidad.

Las diversas utilidades del agua potable de consumo doméstico varían con los modos de vida y los niveles de desarrollo

Consumidor	l/hab·día
Doméstica	190
Comercio/Industria	247
Servicios Públicos	38
Pérdidas	95

Consumo en...2.6.	l/hab·día
Cisterna	79,8
Aseo Personal	70,0
Cocina	11,4
Bebida	9,5
Lavado Ropa	7,9
Limpieza Casa	5,7
Jardín	5,7
Lavado Auto	1,4



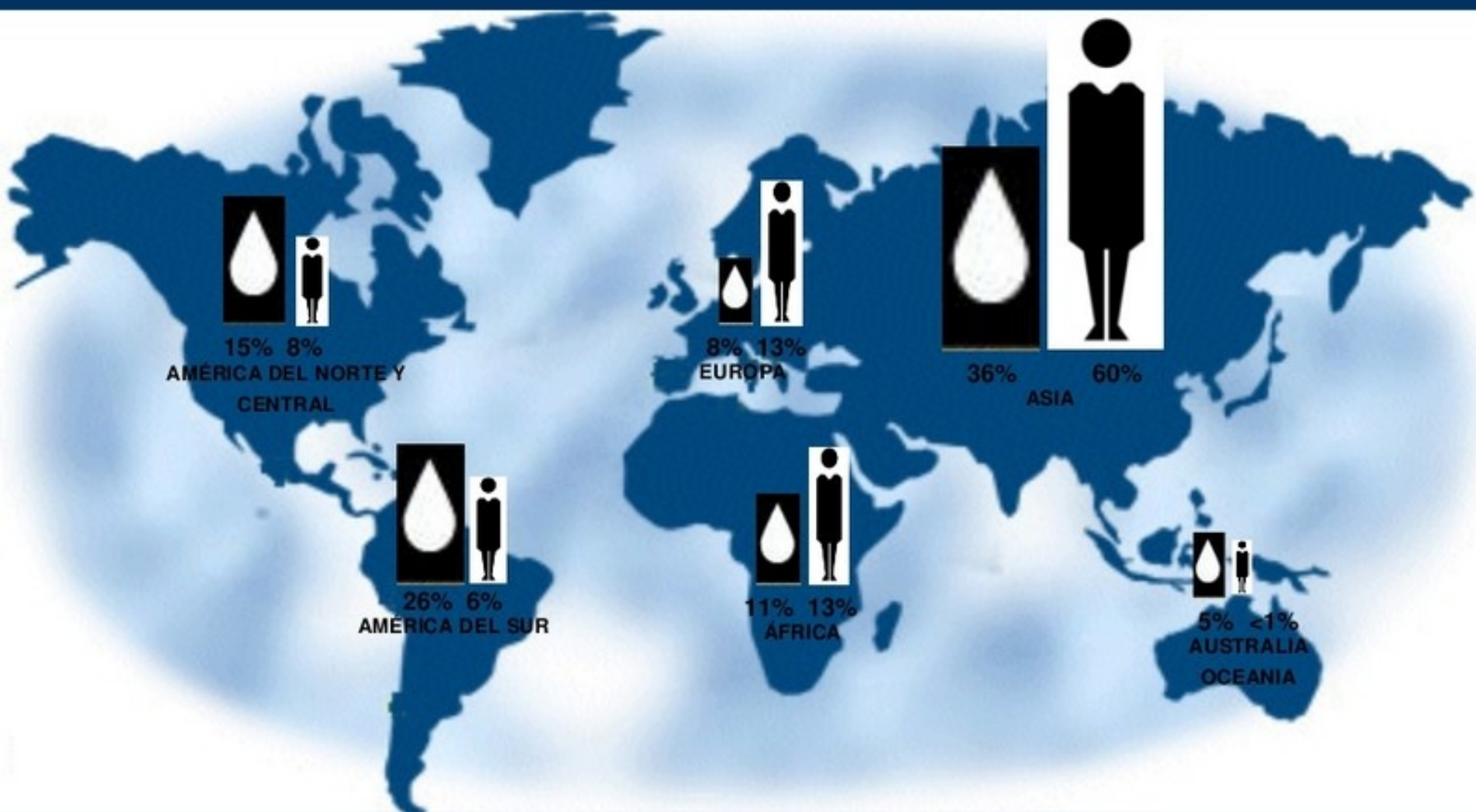
la fracción estricta de bebida es relativamente poco importante

la industria ubicada en las poblaciones se servirá del mismo tipo de agua en muchas ocasiones

algunas actividades concretas pueden requerir algunas especificaciones más estrictas que las de bebida



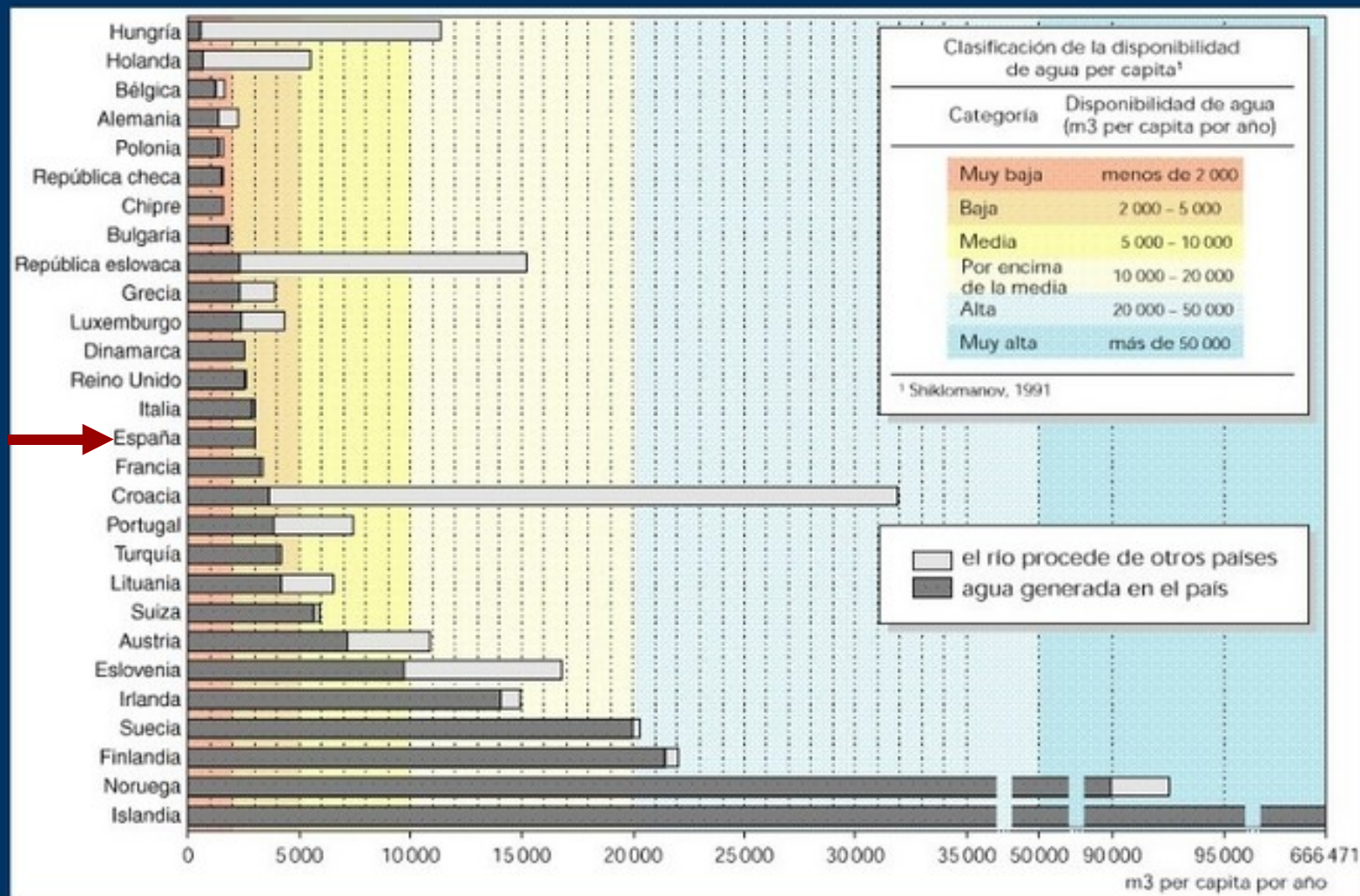
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO



Fuente: UNESCO. Elaboración propia

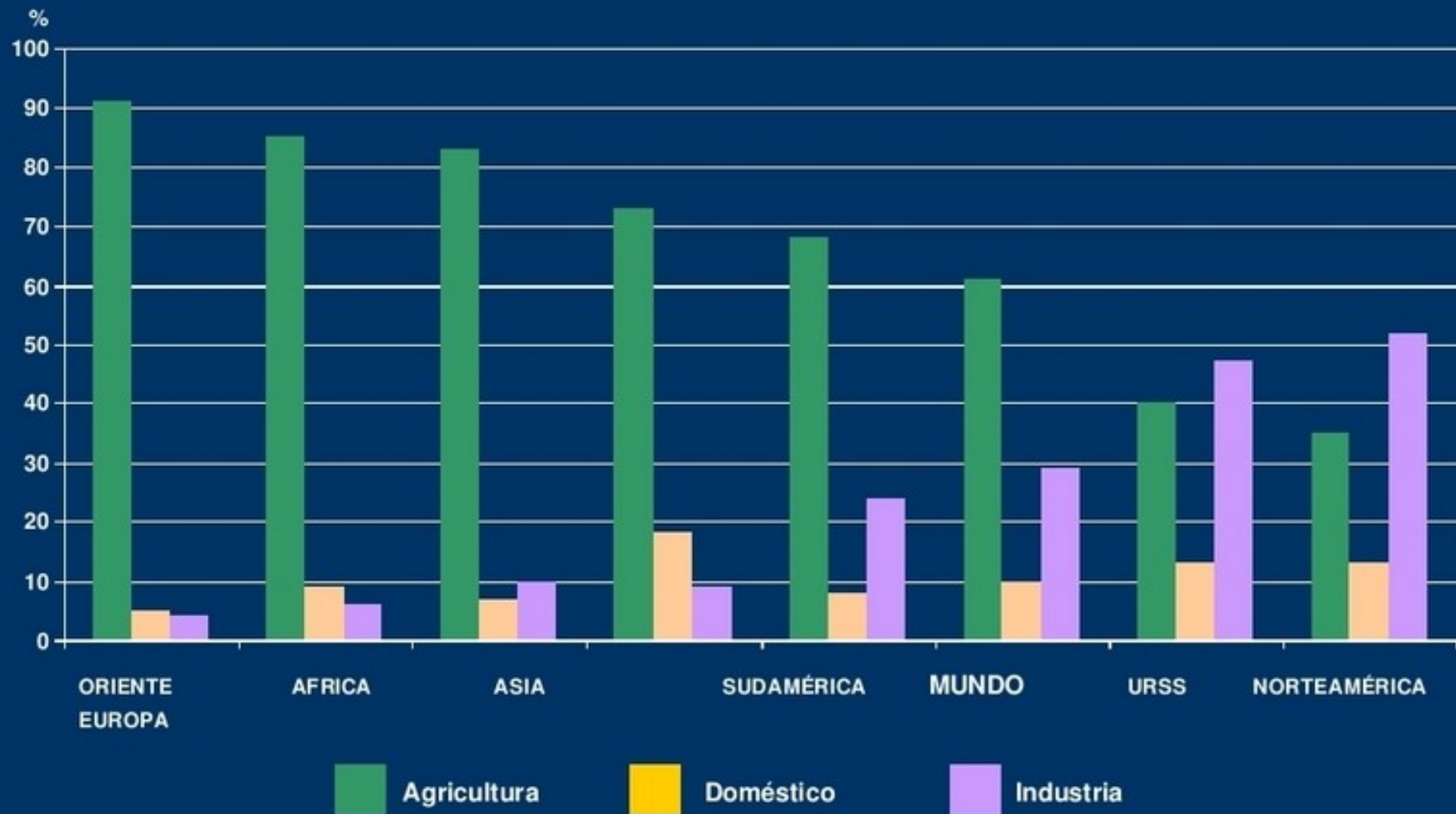
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUyOT). Rafael Córdoba Hernández

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS EN EUROPA



Fuente: European Environment Agency. Datos referidos a 1991.

CONSUMO DE AGUA POR CONTINENTES Y SECTORES



Fuente: FAO. Datos referidos a 1998. Elaboración propia

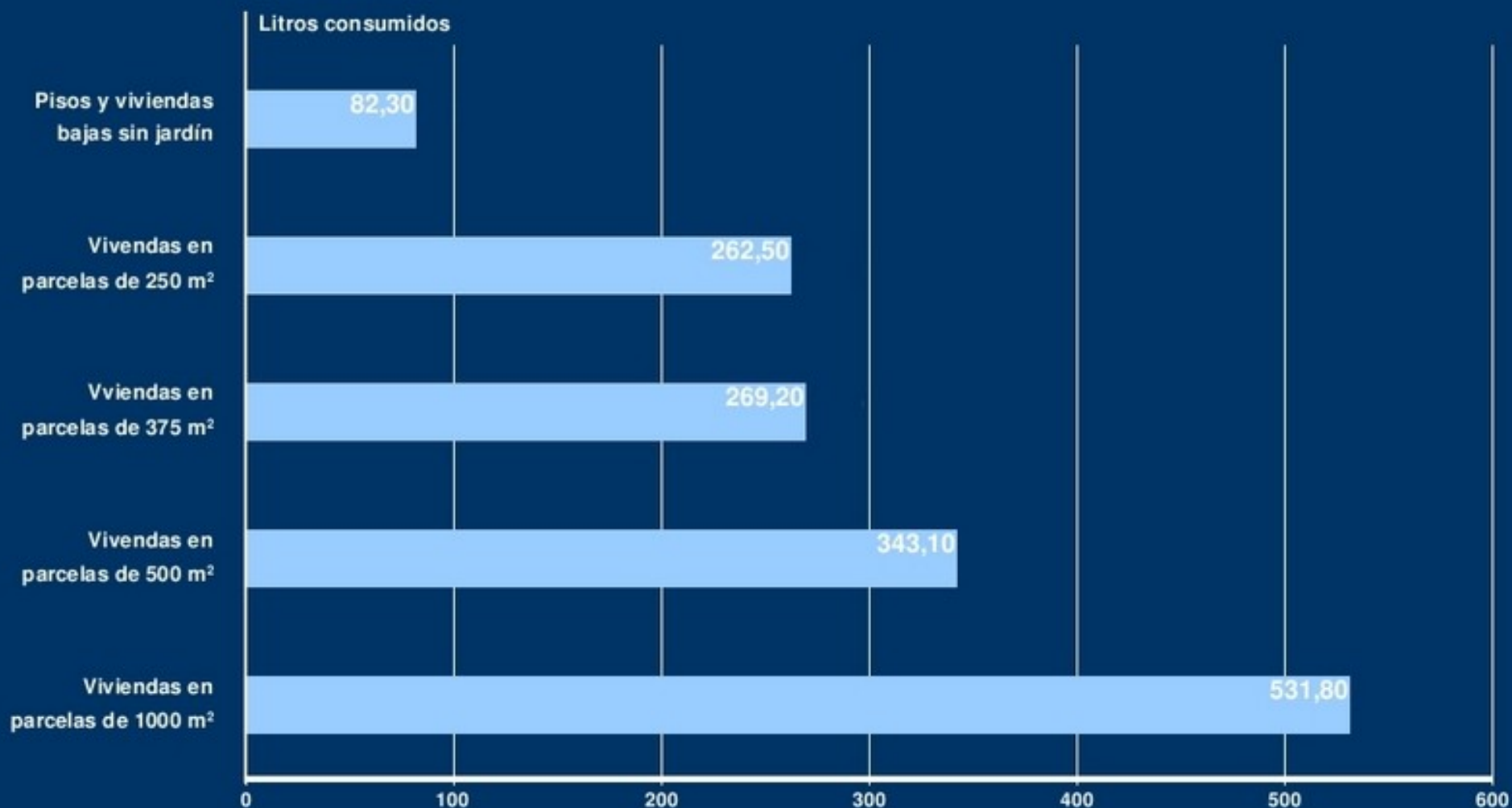
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUyOT). Rafael Córdoba Hernández

CONSUMO DIARIO DOMÉSTICO PER CÁPITA



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Datos referidos a 1990. Elaboración propia
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUyOT). Rafael Córdoba Hernández

CONSUMO DE AGUA EN EL REGADO DE JARDINES



Fuente: Ecologistas en Acción. Datos referidos a 1997. Elaboración propia
Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio (DUyOT). Rafael Córdoba Hernández

2.6. Contaminación urbana

Es un caso de contaminación “normal” (por lo que puede tener de previsible), y “antropogénica”

actividad vegetativa
de la población



actividad productiva
(industrial)

los canales de vertido sobre los cauces suelen ser los
mismos

a través de los medio de
evacuación y saneamiento
de las poblaciones en las
que se ubican las industrias.



La que llamamos actividad vegetativa de un colectivo varia con los usos culturales



2.7. Parámetros de contaminación

Para valorar la contaminación es preciso establecer unas unidades de medida o parámetros.

Un vertido urbano de tipo medio puede estar caracterizado por los datos

Tipo	Total	Inorgánicos	Orgánicos	DBO5
Total	800	450	350	200
Mat. Susp.	275	175	100	150
Sedimentos	175	50	125	70
No sedim.	100	70	30	80
Disueltos	525	275	250	50

Composición aprox. de aguas residuales urbanas (consumo supuesto de 300 l/hab·día).



la materia orgánica es una de las principales molestias para el agua sobre la que se vierte



La materia orgánica es la causa del déficit de oxígeno en las aguas naturales contaminadas dando lugar a un medio propicio para el desarrollo de microorganismos peligrosos para la salud de los animales y el hombre.





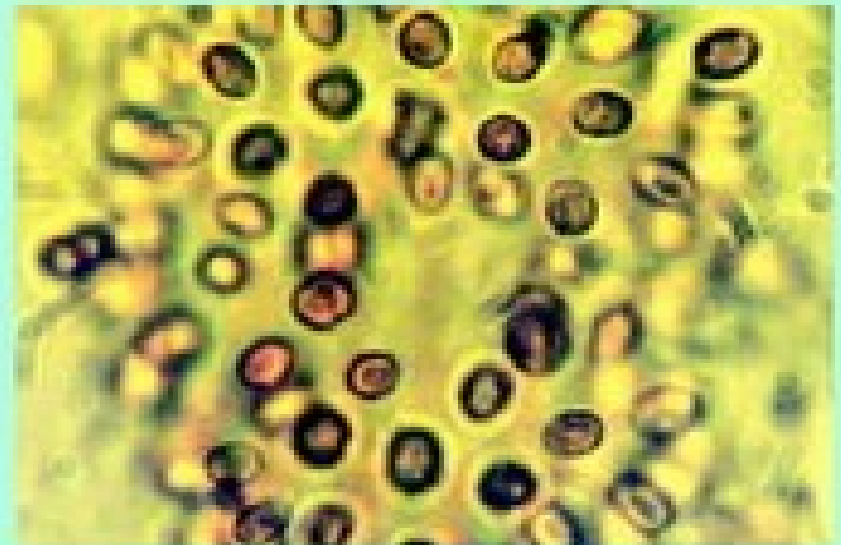
Anabaena planctoniana



Anabaena spiroides



Aphanizomenon flos-aquae



Woronichinia naegeliana



Al alcanzar las aguas, la materia orgánica se va transformando mediante la intervención de microorganismos descomponedores.

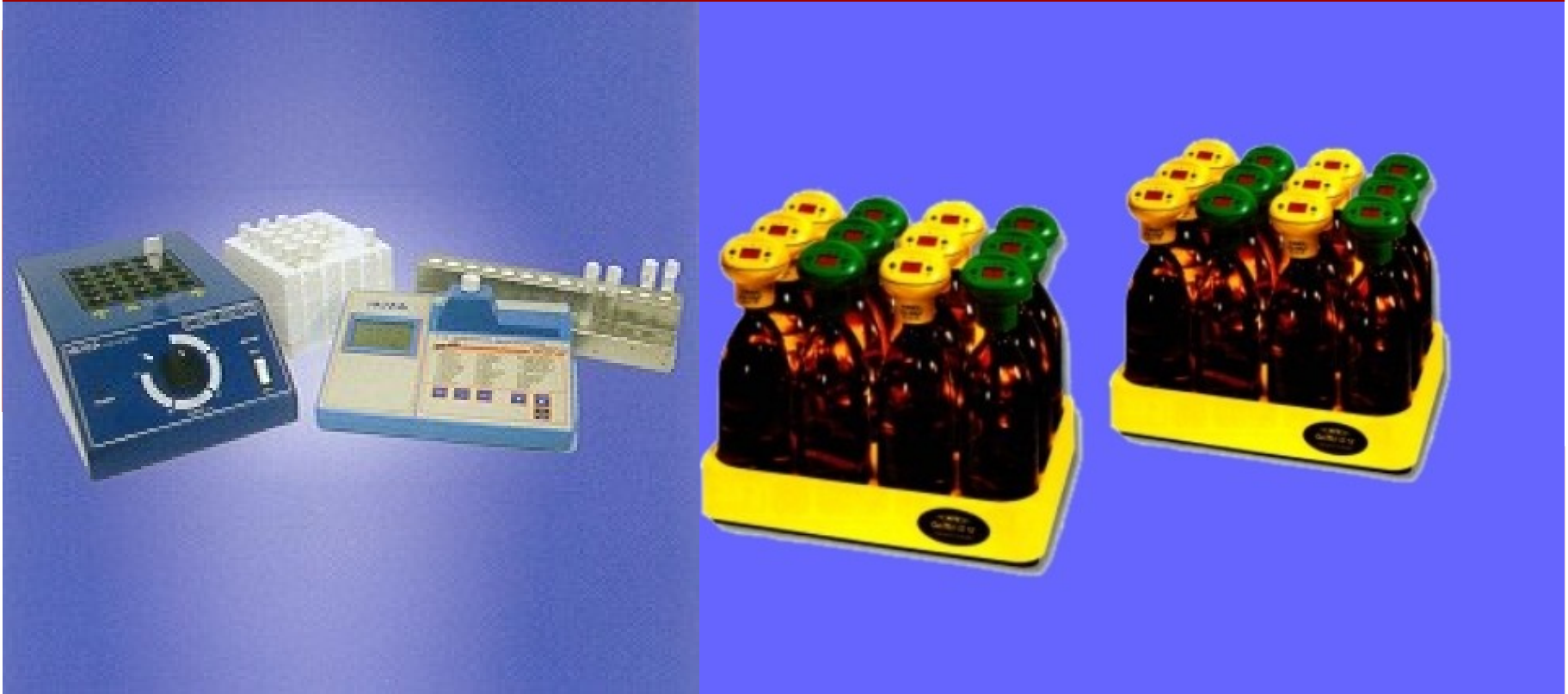
Las diferentes especies químicas van alcanzando su “mineralización”, su más alto grado de oxidación.



Los compuestos de nitrógeno, por ejemplo, en condiciones favorables de autodepuración, pasa de $-\text{NH}_2$ a $-\text{NH}_3$, y luego a las formas de $-\text{NO}_2$ y $-\text{NO}_3$ en un proceso de oxidación progresivo.



Para valorar globalmente la presencia de los materiales que consumirán oxígeno del agua se utiliza normalmente las medidas de Demanda Química del Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)..



materiales orgánicos
biodegradables, prolongando la acción microbiológica
oxidante a lo largo de un periodo de 5 días



Estas dos medidas no tienen por qué ofrecer resultados coincidentes; muy por el contrario la medida de ambas demandas de oxígeno proporcionan una información más precisa acerca de la naturaleza del contaminante.

Los niveles de tratamiento que marca la Directiva Europea para zonas normales son:

Parámetro	Concentración
DBO ₅ mg/l de O ₂	25
DQO mg/l de O ₂	125





La medida del contenido en oxígeno del agua es otra forma de evaluar la posible presencia de materia orgánica contaminante si bien se trata en este caso sólo de valorar las consecuencias de la contaminación.

También tiene interés la medida de otras muchas especies que puedan informar sobre acciones concretas, medidas de salinidad, contenido en Cl, pH, etc.,





Sistema de toma de muestras del río Henares de la estación SAICA. Lleva a cabo la medida en continuo de parámetros como nivel y/o caudal, turbidez, pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, carbono orgánico disuelto o carbono orgánico total, amonio, fosfatos, nitratos y algunos metales pesados





Eutrofizació

n



Eutrofización

Concepto de eutrofización

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes

A primera vista podría parecer que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes

si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos

cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores

le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad

porque así podrían vivir más fácil los seres vivos

Pero la situación no es tan sencilla

El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto

las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos

El resultado final es un ecosistema casi destruido





Enteromorpha compressa. Alga verde (Chlorophyta)

Su presencia se hace muy abundante en zonas con alta disponibilidad de nutrientes, por lo que es indicadora de situaciones de eutrofización.



Agua eutrófica y oligotrófica

Agua eutrófica

Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en → eutrófico

Crece las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia

Las algas y otros organismos, cuando mueren, se descomponen por las bacterias con lo que se gasta el oxígeno

No pueden vivir peces que necesitan aguas ricas en oxígeno, por eso encontraremos barbos, percas y otros organismos de aguas poco ventiladas

Las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas

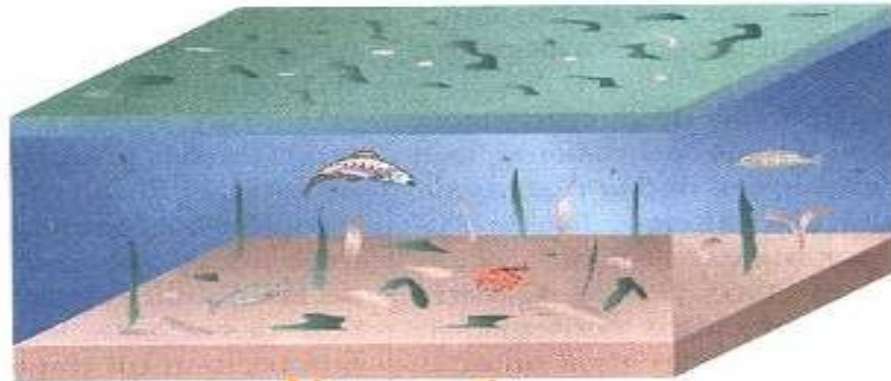
En algunos casos se producirán putrefacciones anaeróbicas acompañadas de malos olores

El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo

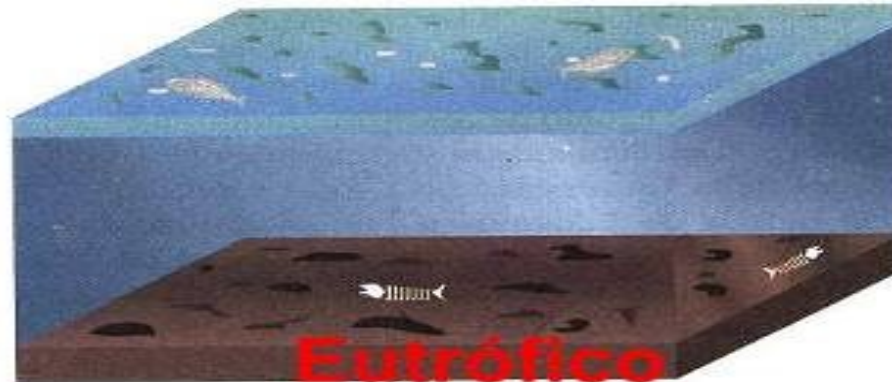




Oligotrófico
(Paso de nutrientes)



Al poco tiempo



Eutrófico



Nutrientes que eutrofizan las aguas

Fosfatos y Nitratos

En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce,

En muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas.

En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado



La mayor parte les llega por los ríos

En el caso del nitrógeno

una elevada proporción
(alrededor del 30%) llega a
través de la contaminación
atmosférica

El fósforo

es absorbido con más
facilidad por las partículas del
suelo y es arrastrado por la
erosión o disuelto por las
aguas de escorrentía
superficiales

EUTROFIZACIÓN NATURAL

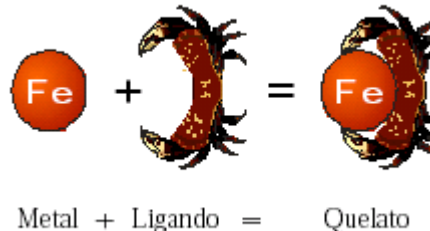


Eutrofización de origen humano

Durante muchos años los jabones y detergentes fueron los principales causantes de este problema

En las décadas de los 60 y 70 → el 65% del peso de los detergentes era un compuesto de fósforo

El tripolifosfato
sódico, que se usaba
para
"sujetar" (quelar) a
los iones Ca, Mg, Fe
y Mn



Se conseguía que
estos iones no
impidieran el trabajo de
las moléculas
surfactantes que son
las que hacen el lavado

Estos detergentes tenían alrededor de un 16% en peso de fósforo

El resultado → los vertidos domésticos y de lavanderías
contenían una gran proporción de ion fosfato

1973 Canadá prohíbe el uso de detergentes con más
de un 2,2% de fósforo

Obligando así a usar otros
quelantes con menor
contenido de este
elemento

Algunas legislaciones han
llegado a prohibir los
detergentes con más de
0,5% de fósforo



Autodepuración

Las aguas de ríos “tienen” el poder de autoregeneración

“El agua del Sena se puede beber sin peligro solo algunas horas después de haber atravesado París”,



C

“agua corriente no mata a la gente”.



SECUENCIA DE POBLACIONES DE UN RIO CONTAMINADO

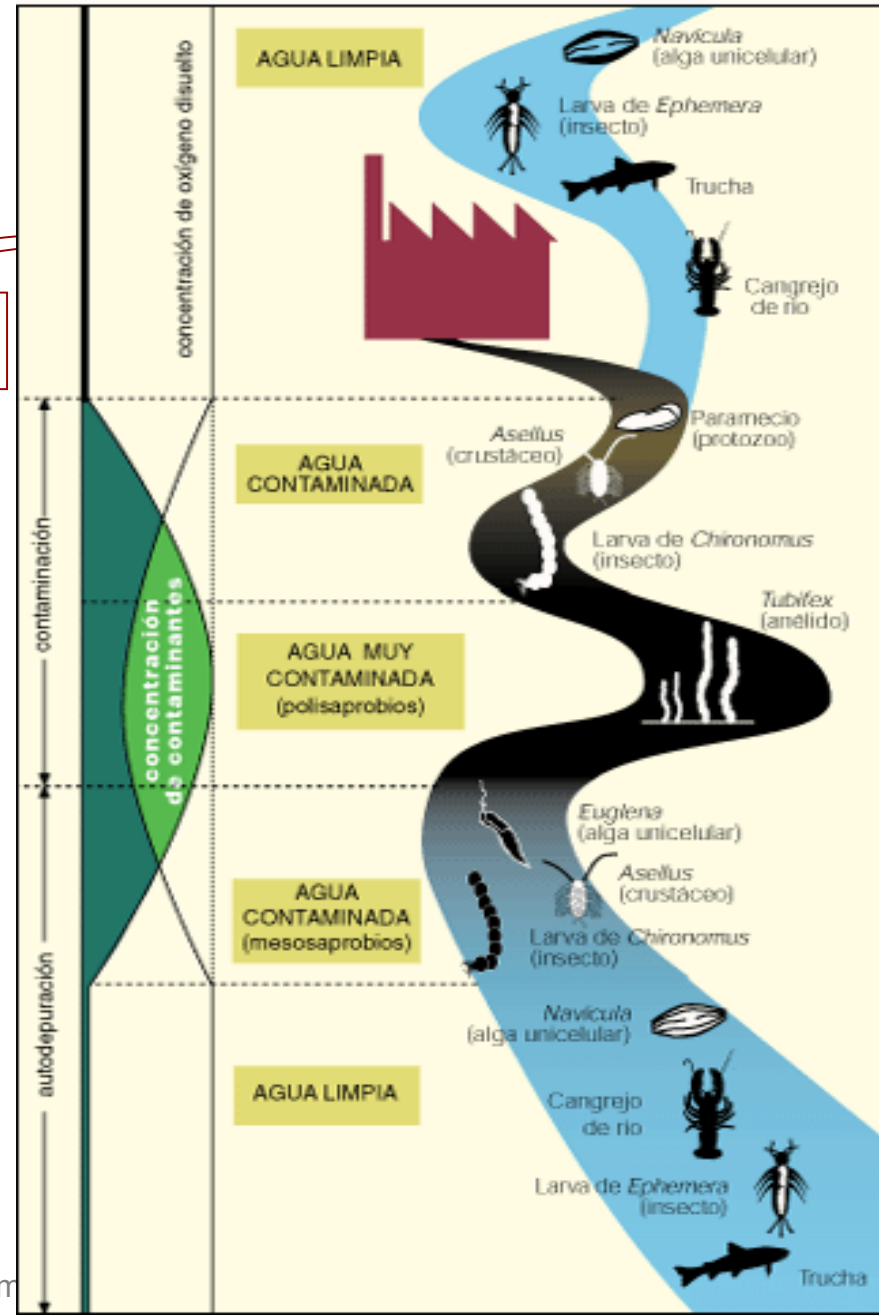
materia orgánica

fotosíntesis

oxígeno

el déficit máximo de oxígeno se produce aguas abajo

la recuperación se producirá según las circunstancias de: caudales y cargas relativas, superficie de aireación, insolación, etc.



La mineralización total no es el final del problema si los materiales mineralizados producen eutrofización.



Suelos agrícolas y contaminación

La acción que sobre las corrientes ejerce el vertido de aguas que contienen nutrientes, pesticidas o materia orgánica resto de las cosechas

Debido a la evaporación del suelo, las aguas sufren la concentración en los materiales disueltos que contenían en origen y esto limita el uso.



Las aguas residuales depuradas pueden constituir una fuente importante de minerales necesarios para el desarrollo de las plantas



La vega de Granada, la Huerta Valenciana son buenos ejemplos de la utilización tradicional de las aguas residuales urbanas durante siglos



Cuando los vertidos que contaminan las aguas de posible utilización en riego no son solamente de origen urbano (actividad vegetativa) sino que contienen desechos industriales, la situación se puede ver modificada.



Vertidos industriales

La industria tiene por objetivos fabricar “bienes” de manera que, con el mínimo de actividad, o máximo beneficio, se produzca aquello que se desea.

El productivismo se justifica

- La naturaleza como recurso inagotable
- La satisfacción de necesidades del hombre es el único fin.
- Valida de cualquier sacrificio del medio.



Pero el concepto de la naturaleza hoy es diferente y se debe limitar el impacto que pueda provocar cualquier actividad.



Existen pocas industrias en las que, aplicando la tecnología necesaria, no sea posible evitar casi completamente la emisión de contaminantes

una actividad productiva racional se dará por concluida cuando se restablezcan las condiciones naturales que fueron alteradas por consecuencia de esa actividad



Esa reparación podría ser considerada costosa. Es el precio de una depuración o descontaminación no realizada.



Las industrias o no depuran sus vertidos o lo hacen insuficientemente, y las aguas residuales urbanas con las que se mezclan suelen asimismo, alcanzar los cauces sin tratamiento.

En la Comunidad Valenciana solamente se depuraban en 1985, el 58%, 27% y 50% de los vertidos de poblaciones, respectivamente en las provincias de Castellón, Valencia y Alicante.

Los vertidos industriales aportan a las aguas materiales tóxicos o peligrosos; algunas industrias son especialmente conocidas, incluso a nivel de opinión pública, por sus vertidos característicos: papeleras, curtidos, mataderos, etc.

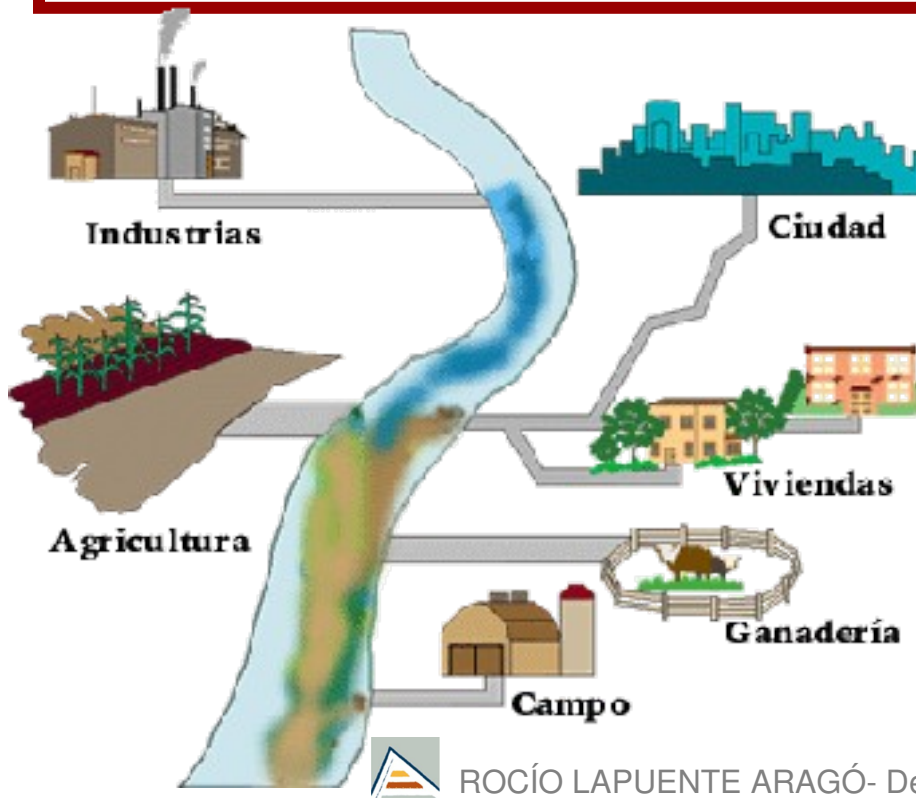


Vertido de un matadero



Una forma de evaluar la incidencia de esas actividades es calcular que, por ejemplo, la producción de papel en los EE.UU. equivale a una población de 216 millones de habitantes equivalentes.

Actualmente hay multitud de Masters en Evaluación de Impacto Ambiental



En ocasiones, diversos tipos de aguas residuales van a parar a Estaciones Depuradoras y estas deben estar preparadas para tratarlos



Toxicidad e inhibición de la depuración

Los vertidos procedentes de la industria, unidos a los urbanos, actúan sobre el medio a través de dos vías:

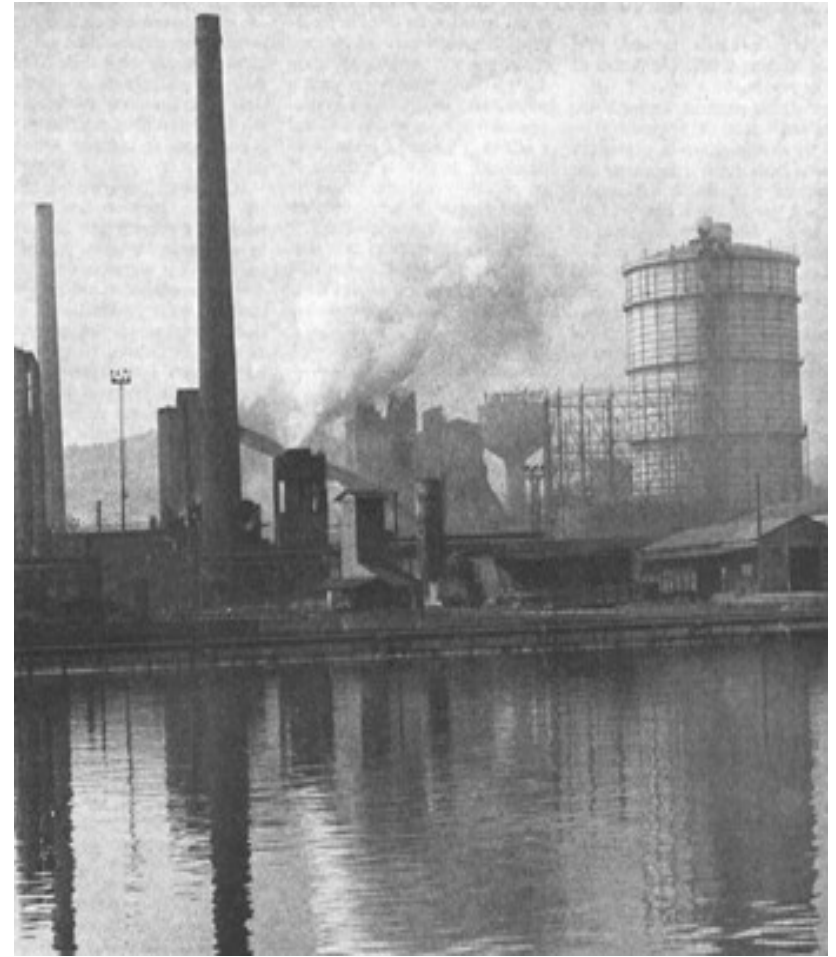
Si son tóxicos, y no biodegradables podrán permanecer en las aguas hasta alcanzar alguna consecuencia para los seres vivos a través de aguas de bebida, por el riego contaminando de plantas comestibles.



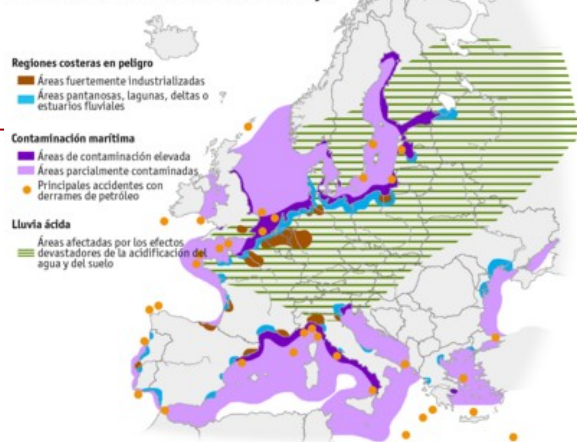
(productos químicos de síntesis, pesticidas o metales pesados)



☒ Pueden actuar como inhibidores de la autodepuración, y harán imposible la mineralización de las sustancias para ser biodegradadas; la restauración del medio no se hace a corto plazo y pueden mal...



Problemas ambientales en Europa



por ejemplo como ocurre en los lagos profundamente afectados por lluvia ácida



Problemas ambientales en Europa

Regiones costeras en peligro

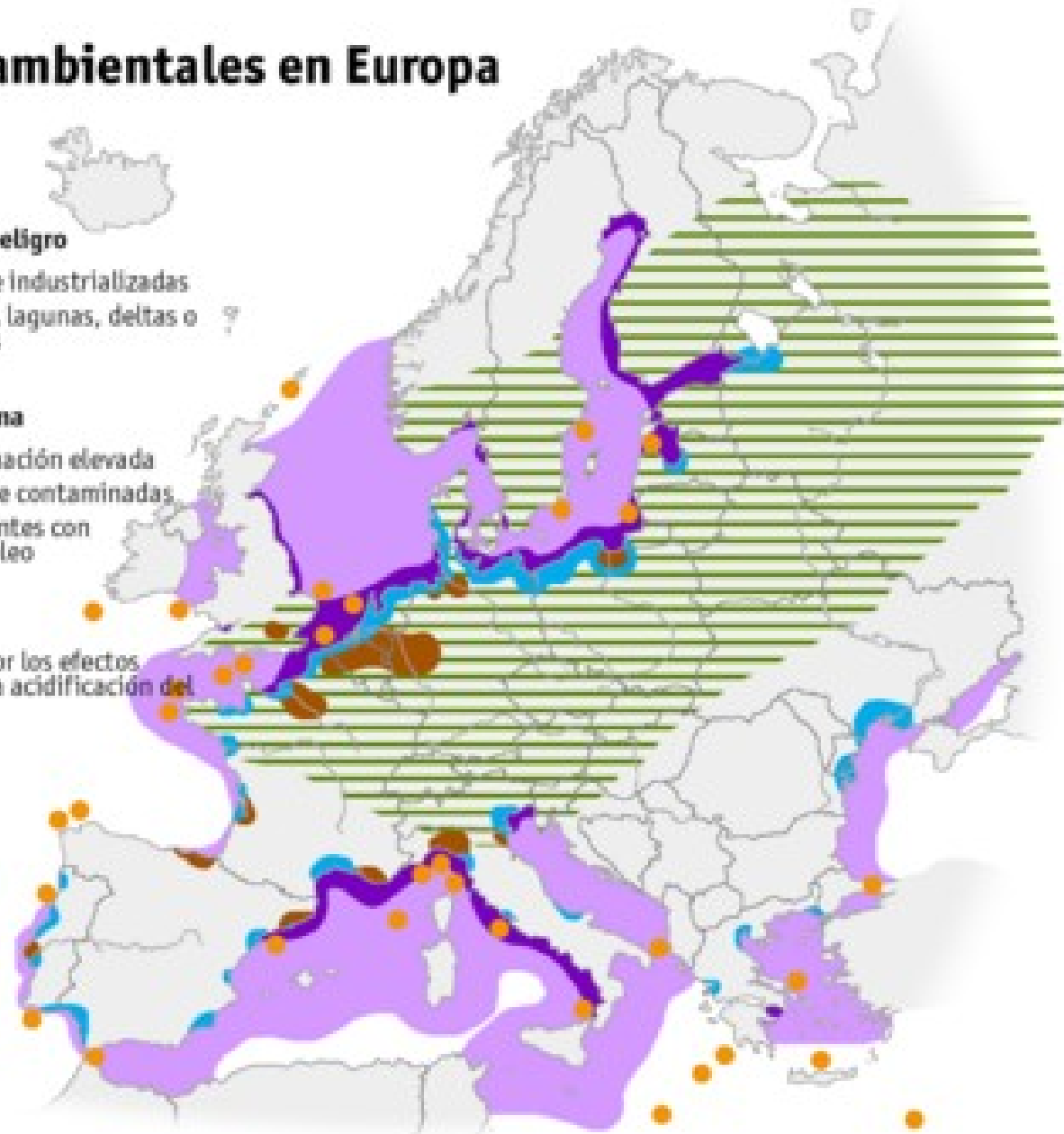
- Áreas fuertemente industrializadas
- Áreas pantanosas, lagunas, deltas o estuarios fluviales

Contaminación marítima

- Áreas de contaminación elevada
- Áreas parcialmente contaminadas
- Principales accidentes con derrames de petróleo

Lluvia ácida

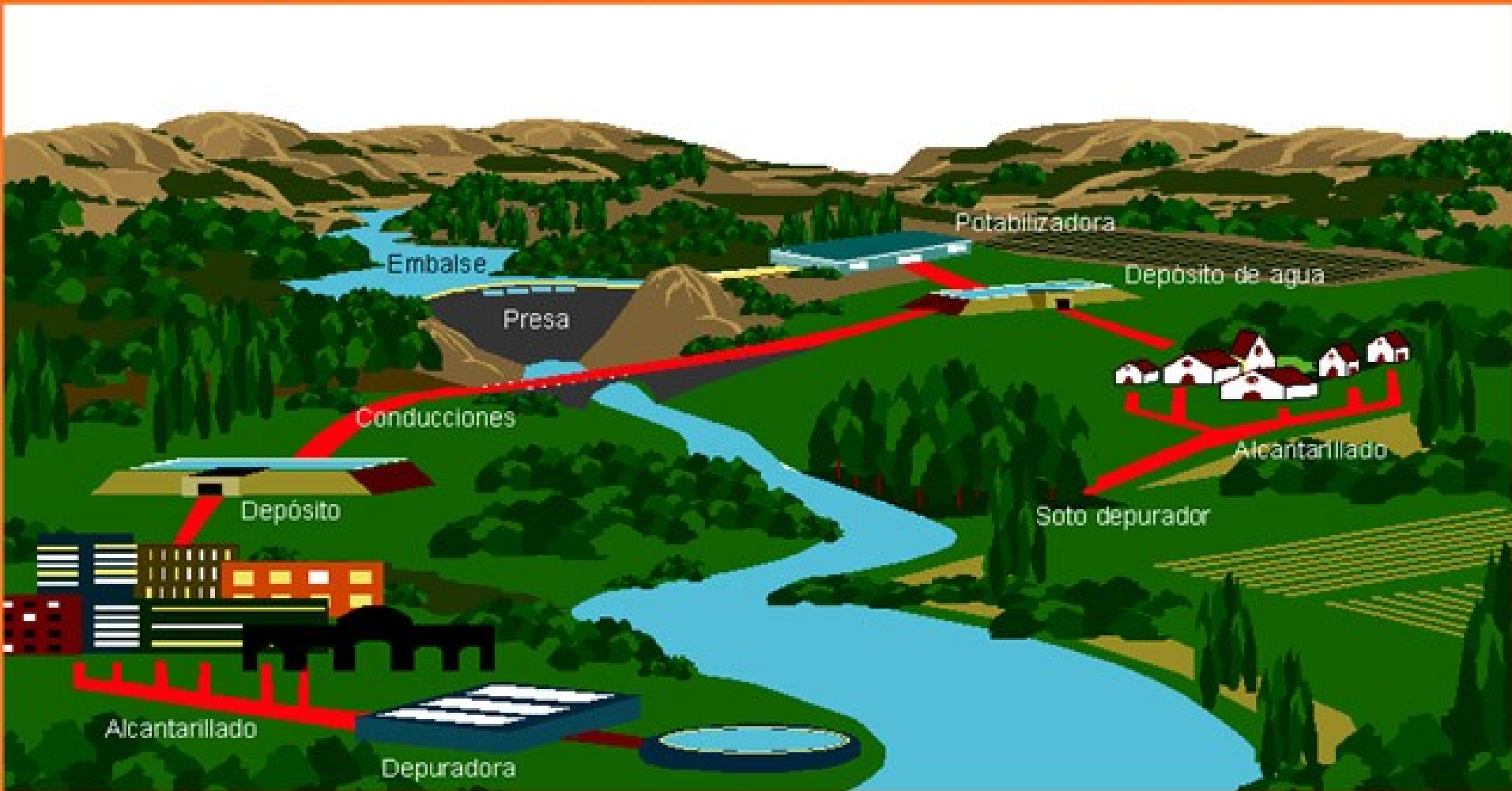
- Áreas afectadas por los efectos devastadores de la acidificación del agua y del suelo



Funcionamiento de una EDAR



CIRCUITO DEL CONSUMO URBANO DEL AGUA



¿CÓMO ES EL AGUA QUE
LLEGA A LA DEPURADORA?



OLOR

Es debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica

El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos por acción de microorganismos anaerobios

La problemática de los olores es la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales

Compuestos olorosos asociados al agua residual bruta

Compuestos olorosos	Fórmula química	Calidad del olor
Aminas	$\text{CH}_3\text{NH}_2, (\text{CH}_3)_3\text{N}$	A pescado
Amoníaco	NH_3	Amoniacal
Diaminas	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2, \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	Huevos podridos
Mercaptanos (p.e. metilo y etilo)	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{SH}$	Coles descompuestas
Mercaptanos (p.e. butilo y crotilo)	$(\text{CH}_3)_3\text{CSH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	Mofeta
Sulfuros orgánicos	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	Coles podridas
Eskatol	$\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	Materia fecal



DENSIDAD

Esta es una característica física importante debido a que es superior a la del agua aséptica y de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad

COLOR

El agua residual puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor



PRETRATAMIENTO

Proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares

TRATAMIENTO PRIMARIO

Eliminación de los sólidos en suspensión y de las grasas del agua residual

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Eliminación de los compuestos orgánicos biodegradables. Se realiza mediante tratamiento biológico.

TRATAMIENTO AVANZADO

Eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen una atención especial, por sus consecuencias para el medio ambiente



Pretratamiento

Consiste en una eliminación de materias gruesas y cuerpos arenosos, cuya presencia perturbaría el tratamiento posterior de la depuradora

Pretratamiento

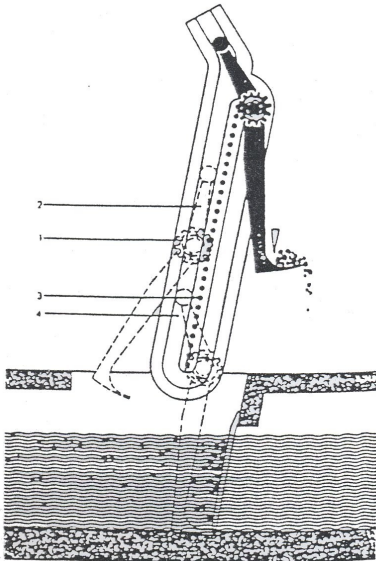
Aliviadero

Desbaste

Tamizado

Trituración

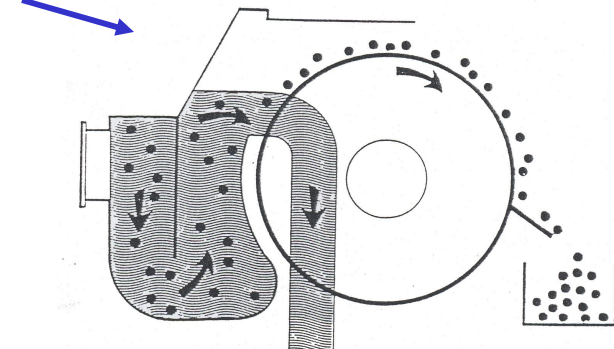
evacuar el excedente
lluvia 10-15 minutos



separar
cuerpos
voluminosos
flotantes y en
suspensión

elimina
partículas
en
suspensión

Dilaceración de
sólidos del
desbaste



Tratamiento Primario

Se realiza reduciendo la velocidad del agua. Obligada cuando las aguas se utilizan para riego o pasan a lechos bacterianos

Tratamiento Primario

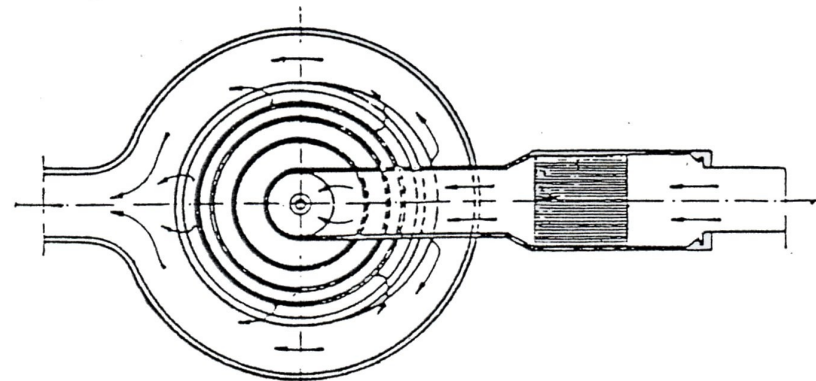
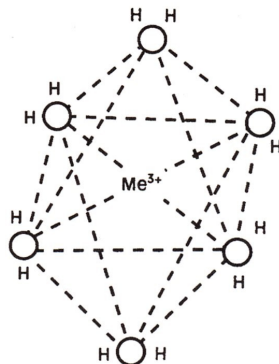
Desarenado

Desengrasado

T retención 90/150 minutos

Las arenas van al fondo Depósitos cónicos

Las grasas flotan



Floculantes
Coagulantes

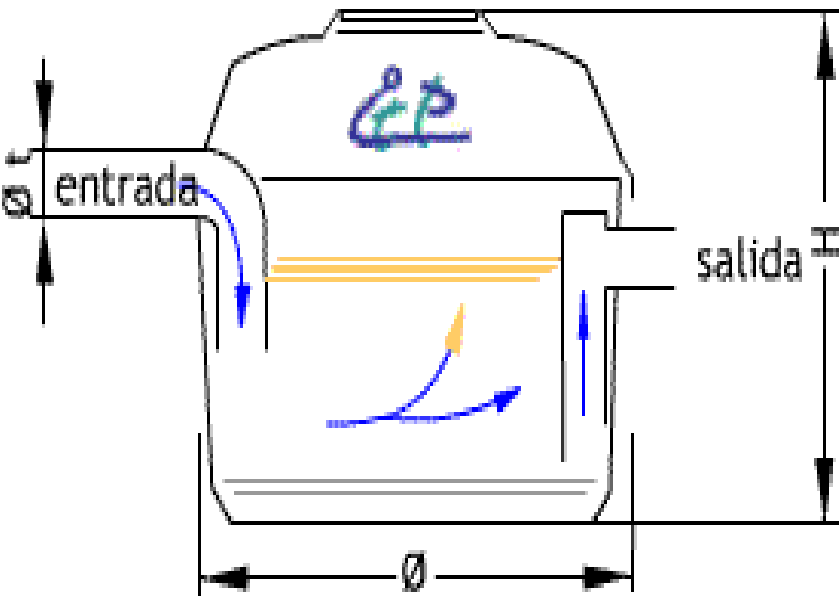


La coagulación es el proceso de desestabilización de las partículas coloidales que puede obtenerse neutralizando sus cargas eléctricas

La floculación tiene por efecto reagrupar las partículas descargadas eléctricamente por medio de un compuesto denominado floculante.

El producto utilizado para ello se denomina coagulante.

La separación del floculo y del agua se obtiene por medio de la decantación, filtración, o mediante una combinación de ambas.



Tratamiento avanzado

Precipitación previa: la aplicación simultánea del tratamiento químico (sales férricas) con la sedimentación primaria

Acción de un floculante: agrupar las partículas para aumentar su tamaño. Esto aumenta el rendimiento de un decantador (retiene partículas más pequeñas) FeCl_3

otra solución : aumentar el tamaño del decantador (aumenta el tiempo de retención)





Tiempos de sedimentación naturales \longrightarrow Lagunaje

Diámetro en mm	Materia similar	Tiempo de sedimentación
10	grava	1 segundo
1	arena	10 segundos
0,1	arena fina	2 minutos
0,01	arcilla	2 horas
0,001	bacterias	8 días
0,0001	partículas coloidales	2 años



Tratamiento secundario

Filtrado por escurrimiento

Agua circula sobre un lecho de piedras (5-10 cm) sobre las que se encuentran bacterias y microorganismos que extraen la materia orgánica

Al mismo tiempo, se mezcla **oxígeno**

Lodo activado

Mezcla vigorosa de aire u oxígeno con el residuo

Se adiciona al lodo activado (procedente de lotes de residuos previos que han desarrollado una elevada población de microorganismos)



Papel bioindicador de la microfauna en el ecosistema de fangos



El sistema de depuración por lodos activos es en realidad un ecosistema artificial en donde los organismos vivos (biocenosis) están representados con mayor o menor abundancia, por grupos de microorganismos que constituyen comunidades biológicas complejas interrelacionadas entre sí y con el medio físico que les rodea en la planta depuradora



DESINFECCIÓN

La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades.

En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades

las bacterias

los quistes amebianos

los virus

Las enfermedades bacterianas típicas transmitidas por el agua son

- el tifus,
- el cólera,
- el paratífus y
- la disentería bacilar

mientras que las enfermedades causadas por los virus

- incluyen, entre otras
- la poliomielitis y
- la hepatitis infecciosa



Los desinfectantes químicos

- El cloro es el desinfectante más universalmente empleado (NaClO). Posee alta eficacia germicida
- El ozono es un desinfectante muy eficaz cuyo uso va en aumento

Los desinfectantes físicos

- Se pueden emplear la luz y el calor
Su aplicación al agua residual no es factible debido al alto coste que supondría.

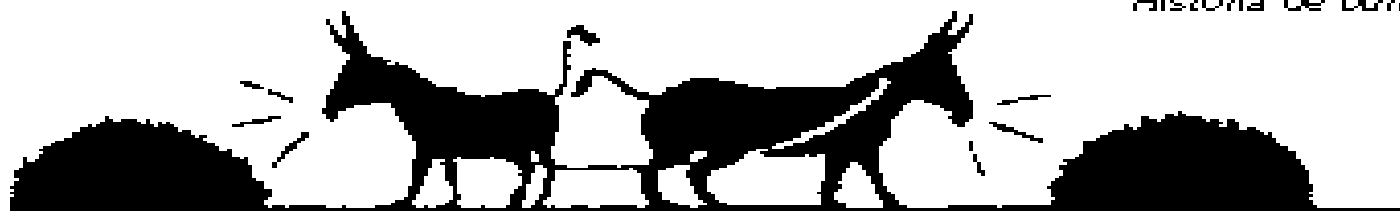


POTABILIZACIÓN

La desinfección -por medio de ozono, cloro gas o hipoclorito sódico-, garantiza definitivamente la pureza del agua tratada en todos sus parámetros bacteriológicos

Finalizados estos procesos, el agua se envía a los depósitos, desde donde será posteriormente distribuida a la población, con las mayores garantías de calidad.







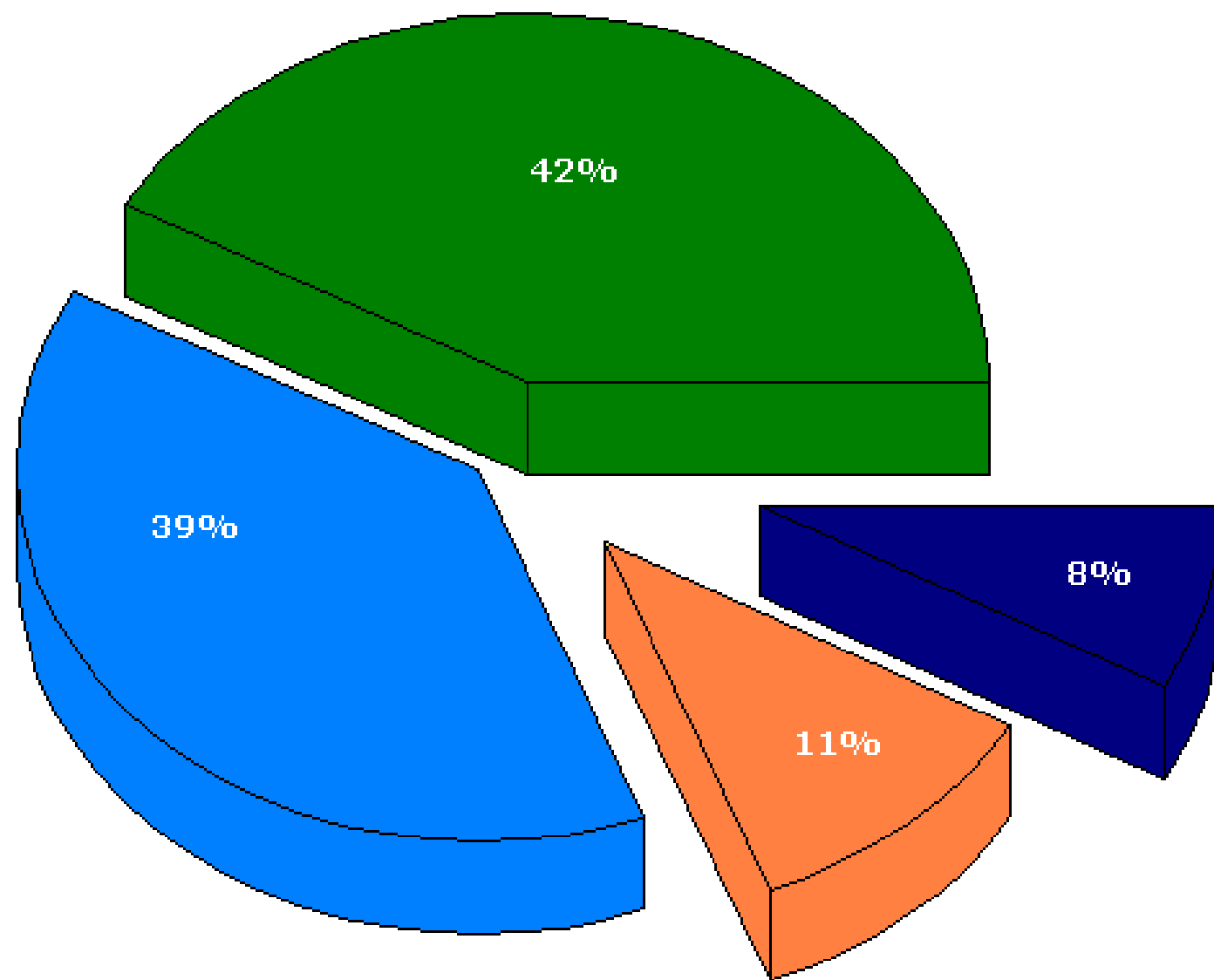
CONTINUARÁ

■ ■ ■









Agricultura
Industria, minería
Viviendas, comercio
Electricidad



