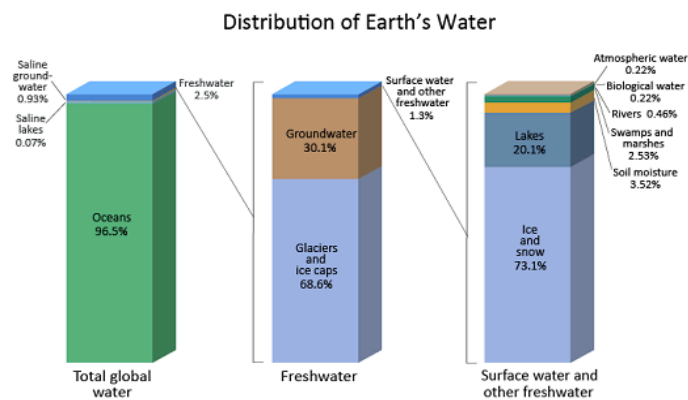


# Tema 10 – Recursos Hídricos y Suministro

CI4102 Ingeniería Ambiental  
Profesora Ana Lucia Prieto



## Disponibilidad de agua en el mundo



Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources* (Oxford University Press, New York).



## ¿Qué es la sustentabilidad de los recursos hídricos?

*Es la capacidad de usar agua de calidad adecuada en cantidad suficiente, tanto a escala local como global, para satisfacer la necesidades del ser humano y los ecosistemas en el presente y el futuro, de manera de sostener la vida, y proteger al ser humano de los daños causados por desastres naturales o inducidos por el hombre (Mays, 2007).*

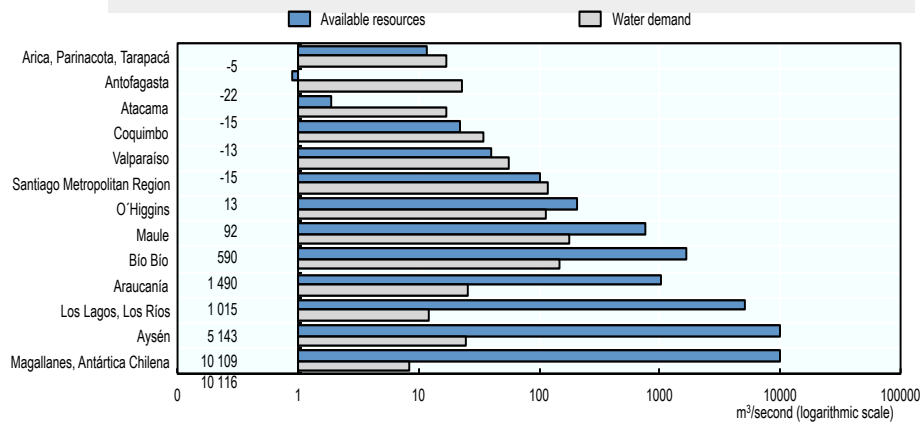
Algunos desafíos:

- **Disponibilidad de agua dulce** considerando cambio climático, sequías prolongadas, crecimiento de la población.
- Contar **con infraestructura para suministrar agua** para consumo humano y seguridad alimentaria, así como para proveer protección frente a inundaciones y otros desastres asociados al agua.
- Contar con **infraestructura** para la producción de **agua potable** y el tratamiento del **agua servida**.



## ¿Qué pasa en Chile?

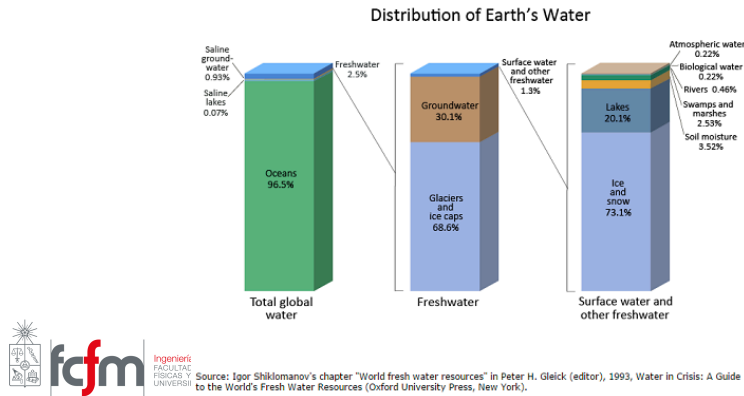
Water demand and water supply by region, 2011



## Agua superficial y subterránea

**Agua superficial** se define como toda el agua que está expuesta a la atmósfera, incluyendo cursos de agua (ríos, esteros), cuerpos de agua (lagos, lagunas) y mares.

El **agua subterránea** se encuentra en el subsuelo, incluyendo la zona no saturada (humedad) y la zona saturada.

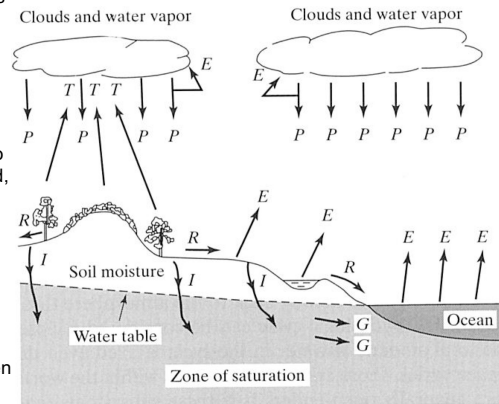


## ¿Cuál y cuánto es nuestro recurso? - El ciclo hidrológico

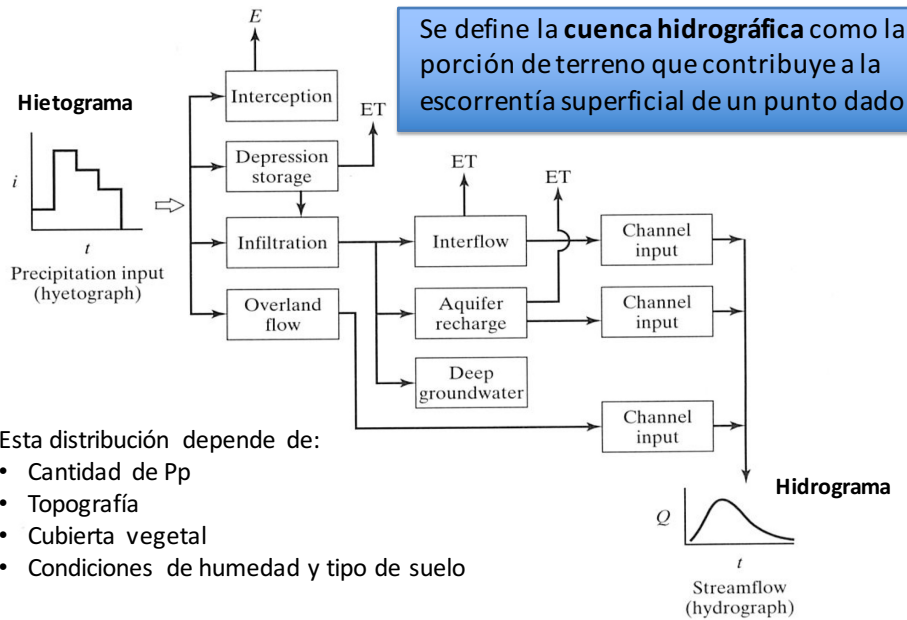


## Procesos del ciclo hidrológico para el balance

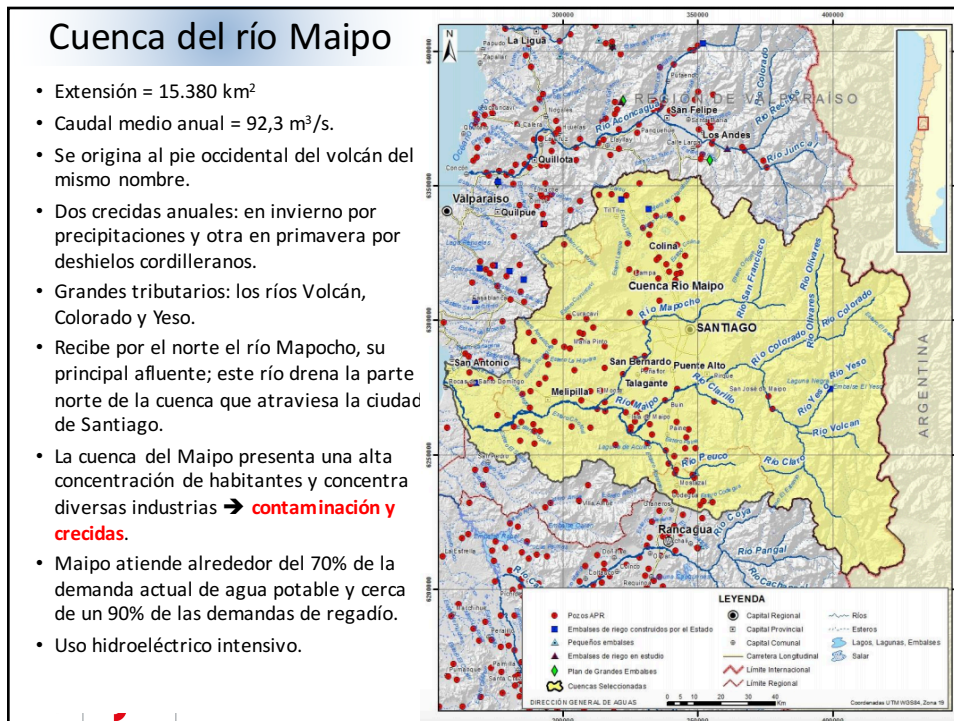
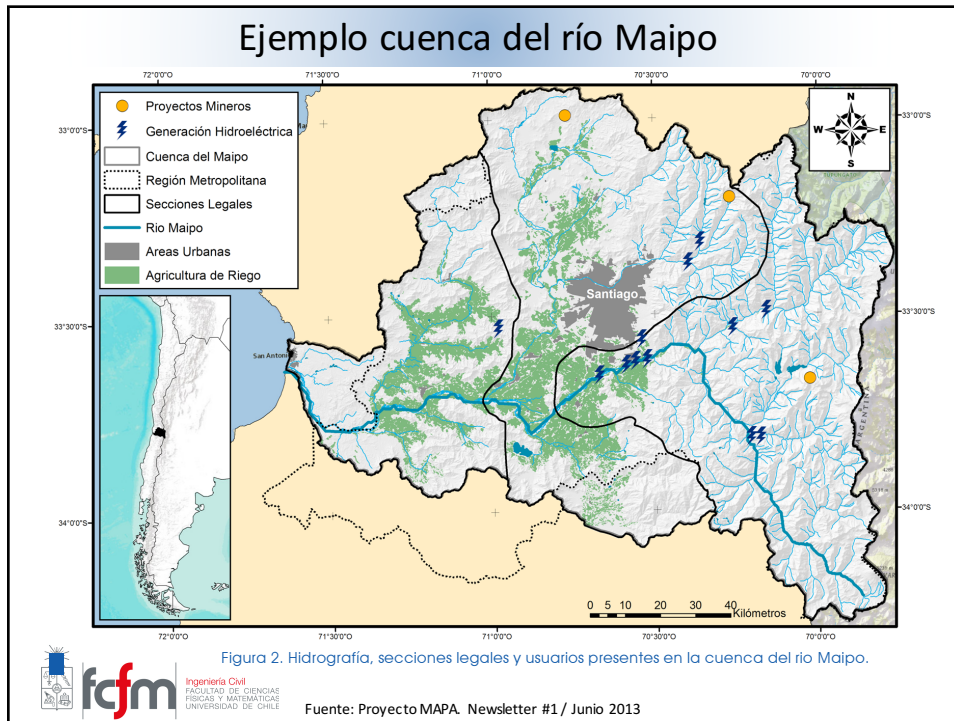
- **Precipitación (P):** agua (en estado líquido o sólido) proveniente de la atmósfera que cae sobre la superficie
- **Evaporación (E):** flujo de agua desde cuerpos de agua superficiales (lagos, ríos, humedales, etc) y desde el suelo sin vegetación.
- **Transpiración (T):** flujo de agua desde las plantas hacia la atmósfera
- **Evapotranspiración:** Evaporación + transpiración. Depende de factores tales como radiación solar, temperatura del aire, humedad, velocidad del viento, tipo de cubierta vegetal (transpiración).
- **Escorrentía superficial (R):** Flujo de agua sobre la superficie terrestre
- **Percolación (I):** flujo de agua desde la superficie hacia el subsuelo
- **Deshielo:** derretimiento de agua acumulada en forma sólida
- **Sublimación:** paso del agua de estado sólido a gaseoso



## Procesos precipitación-escorrentía







## Ejemplo cuenca del río Maipo

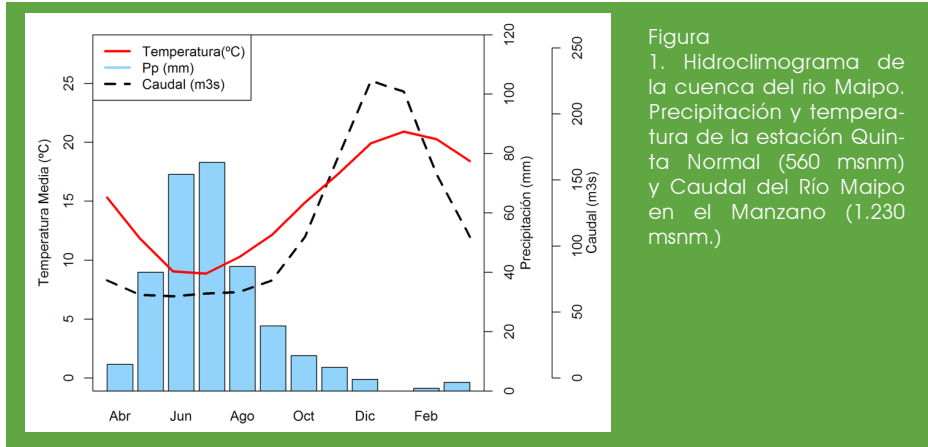


Figura 1. Hidroclimograma de la cuenca del río Maipo. Precipitación y temperatura de la estación Quinta Normal (560 msnm) y Caudal del Río Maipo en el Manzano (1.230 msnm.)

Fuente: Proyecto MAPA. Newsletter #1/ Junio 2013

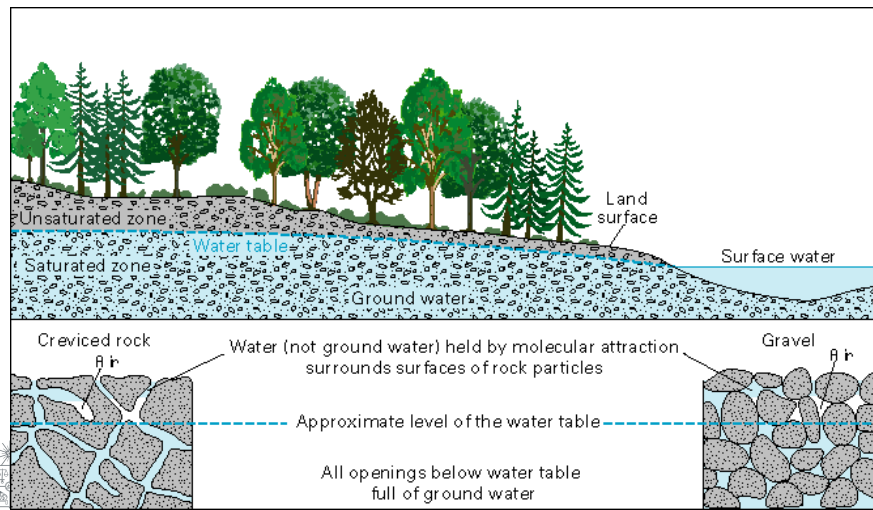


## Aguas subterráneas

**Aquifero:** Cuerpo de agua contenido bajo la superficie.

**Zona insaturada:** Volumen de poros en suelos esta parcialmente saturados (Zona vadosa)

**Zone de saturación:** Volumen de poros en suelos esta completamente saturados

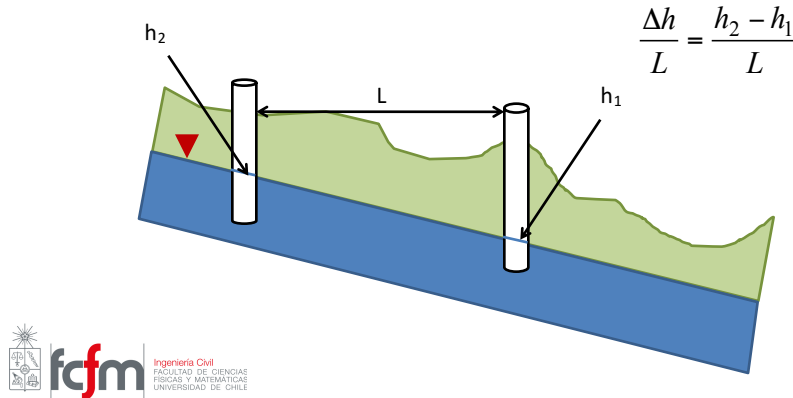


## Flujo en acuíferos

El flujo en el acuífero depende de la *dirección* y la *velocidad* del flujo

**Dirección:** El agua fluye en la dirección de la superficie piezométrica desde áreas de mayor a menor altura.

**Gradiente hidráulico:** Diferencia en altura (cabeza) piezométrica entre 2 puntos dividida por la distancia horizontal entre ellos.

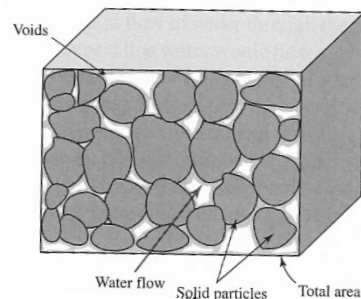


13

## Flujo en acuíferos

**Velocidad:** Depende de las características del material o suelo.

**Conductividad hidráulica (K):** Descarga que ocurre a través de una unidad de suelo acuífero bajo un gradiente hidráulico igual a 1 → Como fluye el agua a través de un material



Material	Hydraulic Conductivity (m/s)
Clay	$2.3 \times 10^{-9}$
Loam	$6.0 \times 10^{-6}$
Fine sand	$2.9 \times 10^{-5}$
Medium sand	$1.4 \times 10^{-4}$
Course sand	$5.2 \times 10^{-4}$
Sand and gravel	$6.0 \times 10^{-4}$
Gravel	$3.1 \times 10^{-3}$
Slate	$9.2 \times 10^{-10}$
Granite	$1.2 \times 10^{-10}$
Sandstone	$5.8 \times 10^{-7}$
Limestone	$1.1 \times 10^{-5}$
Fractured rock	$1 \times 10^{-8} - 1 \times 10^{-4}$

14

## Flujo en acuíferos

El movimiento del agua en la zona saturada se puede describir a partir de la Ley de Darcy, que relaciona la velocidad del flujo con el gradiente hidráulico:

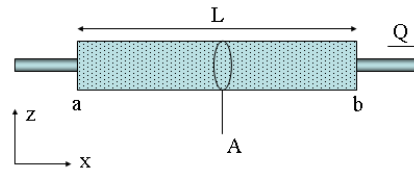
$$v = \frac{Q}{A} = -K \frac{(h_b - h_a)}{L}$$

Donde  $h$  es nivel piezométrico

$h_b - h_a$  es la pérdida de carga entre los puntos  $a$  y  $b$

$K$ : Conductividad hidráulica. Depende de las propiedades del medio (permeabilidad) y del fluido (viscosidad).

$$v = \frac{Q}{A} = -K \frac{dh}{dx}$$



Como el agua sólo fluye a través de los espacios vacíos, entonces:

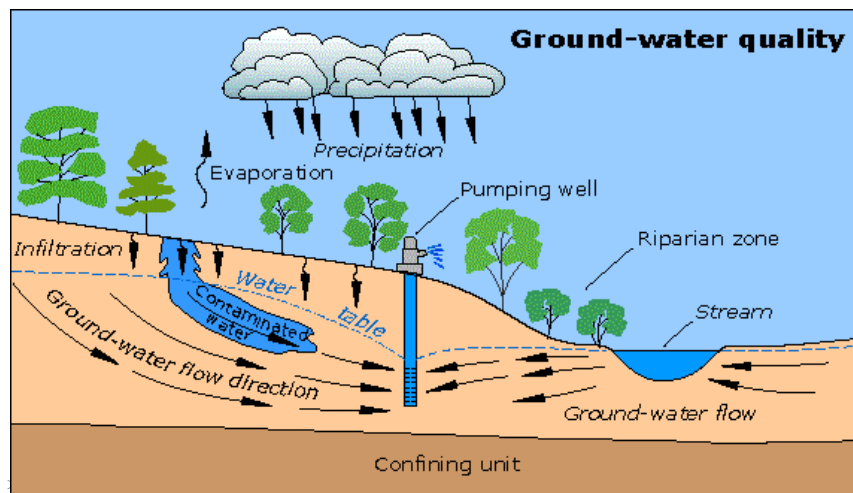
### Velocidad efectiva

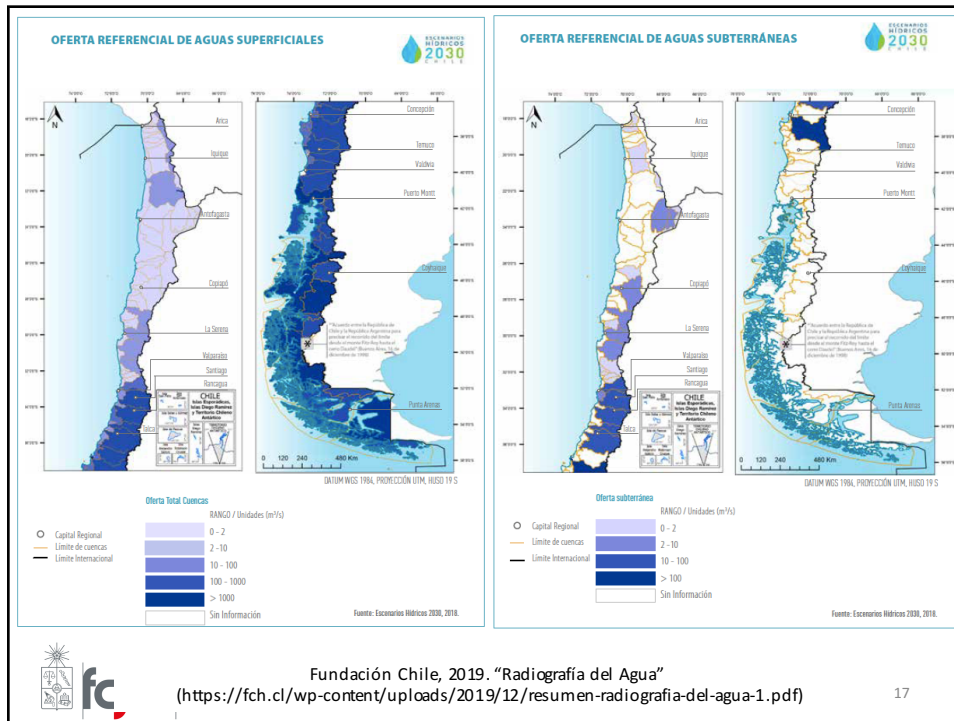
$$v' = \frac{v}{\eta} \leftarrow \begin{array}{l} \text{Velocidad Darcy} \\ \eta \leftarrow \text{Porosidad} \end{array}$$

$v'$  será mayor a la velocidad aparente (velocidad de Darcy)

## Flujo en acuíferos

El agua almacenada en un acuífero se puede extraer usando pozos de bombeo.





Pregunta (Extra credit):

- ¿De qué se trata el estudio "ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL" de la DGA?
- ¿Cuáles son las conclusiones más importantes de este estudio para la cuenca del río Maipo?

Ejemplo (extra credit): Suponga que  $1 \text{ m}^3$  de acuífero saturado es contaminado con 30 L de tricloroetileno (TCE). El acuífero tiene una porosidad de 0,3 y el agua subterránea fluye a una velocidad de 0,03 m/d. La concentración TCE disuelta en el agua del acuífero es apenas un 10% de su solubilidad (1100 mg/L). La gravedad específica del TCE es 1,47.

- a) Encuentre la masa de TCE disuelta y no disuelta.
- b) Estime el tiempo en el que el TCE dejará el acuífero.

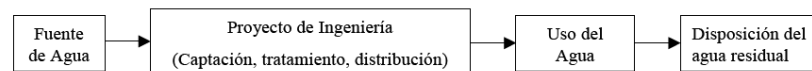
## ¿En qué consiste el problema de suministro de agua?

Proveer la **cantidad** y **calidad** de agua requerida para diferentes necesidades de la sociedad.

Tres aspectos fundamentales:

- 1) Determinar **requerimientos** de **cantidad** y **calidad del agua** requerida para cada uso
- 2) Identificar fuentes de abastecimiento tomando en cuenta **disponibilidad** y **calidad**
- 3) Definir el proyecto de ingeniería para **satisfacer un determinado uso**

Esquema Conceptual de un Sistema de Suministro de Agua

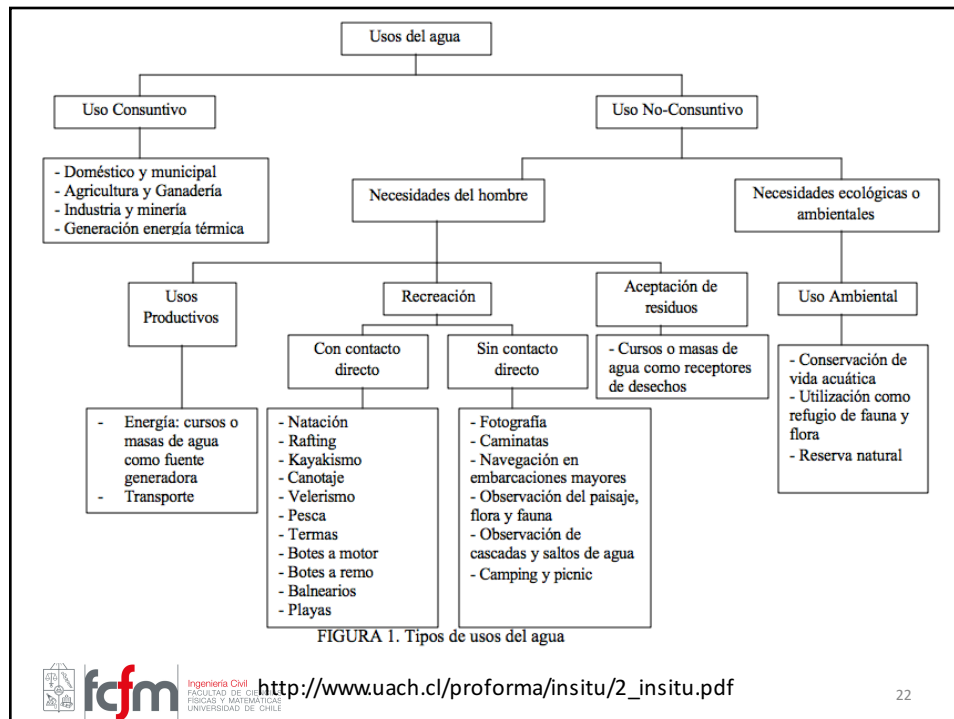


## 1) Requerimientos: Usos del agua

- **Riego**: el uso más intensivo. Hace posible la agricultura en lugares donde no se podría cultivar.
- **Agua potable**: suministro seguro de agua para hogares, escuelas, hospitales, lugares de trabajo, etc. Importante para la salud de las personas.
- **Industrial**: agua utilizada como factor de producción (como componente del producto o indirectamente en el proceso productivo)
- **Transporte**: en lugares donde existe cursos o cuerpos de agua navegables
- **Recreación**: directo o indirecto (requisitos de calidad)

### Conceptos importantes:

- Algunos usos requieren **extraer** el agua de una fuente y otros no.
- Dentro de los usos extractivos, se distinguen usos **consuntivos** y **no consuntivos**.



[http://www.uach.cl/proforma/insitu/2\\_insitu.pdf](http://www.uach.cl/proforma/insitu/2_insitu.pdf)



## 1) Requerimientos: Usos industriales

Industria/Producto	Consumo unitario (lt/unidad)
Refinación de petróleo	18.000/ton
Papel	160.000/ton
Acero	150.000/ton
Minería del cobre	1.000/ton
Termoelectricidad	300/kWh
Procesamiento de lana	580.000/ton

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

## 1) Requerimientos: Uso doméstico

En ciudades de Norteamérica:

Uso	Consumo promedio (lt/hab/día)	% del total
Doméstico	300	45
Comercial	100	15
Industrial	160	25
Otros (incl. pérdidas)	100	15
TOTAL	660	

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

Dentro del uso doméstico:

- Ducha y W.C. (80%)
- Bebida y cocina (10%)
- Lavado de ropa, limpieza de casa y auto, riego del jardín, etc (10%)

En Chile, familia de 5 personas:

USO	INVIERNO	VERANO
Ducha	250 litros	350 litros
Descarga del WC	300 litros	300 litros
Preparación de comidas y lavado de platos	80 litros	90 litros
Lavado en general	200 litros	245 litros
Riego	5 litros	165 litros
<b>Total diario</b>	<b>835 litros</b>	<b>1.150 litros</b>
<b>Total mes</b>	<b>25.050 litros (100.200 vasos al mes)</b>	<b>34.500 litros (138.000 vasos al mes)</b>





<https://www.aguasandinas.cl/la-empresa/que-hacemos/consumo>



Ministerio de Obras Públicas

## ¿Sabes cuánta agua consumes al día?



 Lavarse las manos 12 litros por minuto	 Ducharse 60 litros en una ducha de 5min
 Usar la lavadora Hasta 285 litros por lavado completo	 Lavar la loza 60 litros por lavado de 5 minutos
 Vaciar el estanque del WC (nuevos) 6 - 10 litros	 Vaciar el estanque del WC (antiguos) 18 - 22 litros
 Regar el jardín con manguera 120 litros de agua por 10 min de riego	

## 1) Requerimientos: Demanda municipal

$$Q_{medio} = Población (háb) \cdot dotación(l / háb / día)$$

Por ejemplo, en abastecimientos rurales, los proyectos sociales asignan una dotación del orden de los 100 l/háb-día, mientras Aguas Andinas registra una dotación media del orden de los 200 l/háb-día. Finalmente, empresas que abastecen sectores pequeños de nivel socio-económico alto registran dotaciones medias del orden de 800 l/háb-día.

También es importante mencionar que debe diferenciarse dos tipos de dotación:

- De consumo: registrada a nivel de medidor domiciliario.
- De producción: determinada a nivel de fuentes de producción.

$$Q_{prod} = \frac{Q_{consumo}}{(1 - p)}$$

donde p: pérdida de agua en tanto por uno.

Pérdidas (SISS, 1997):

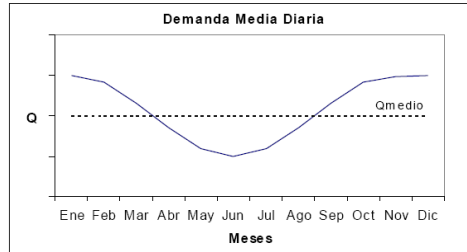
- EMOS: 22%
- ESVAL: 38%
- Aguas Cordillera: 21%
- Aguas Manquehue: 9%

## Fluctuaciones temporales en uso del agua

(Fuente: Adaptado de Henry & Heinke)

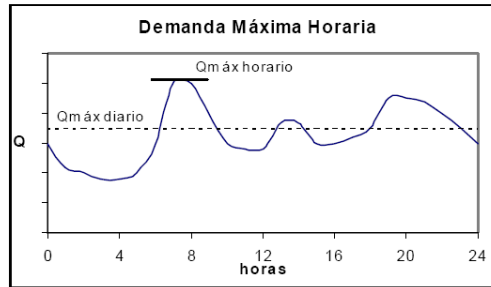
	Proporción respecto al promedio anual
Anual	1.0
Verano	1.25
Invierno	0.8
Máximo diario	1.5 (1.2 - 2.0)
Máximo horario	2.5 (1.5 - 3.5)

Variaciones de la Demanda Durante el Año



Variaciones Horarias Durante el Día de Máxima Demanda

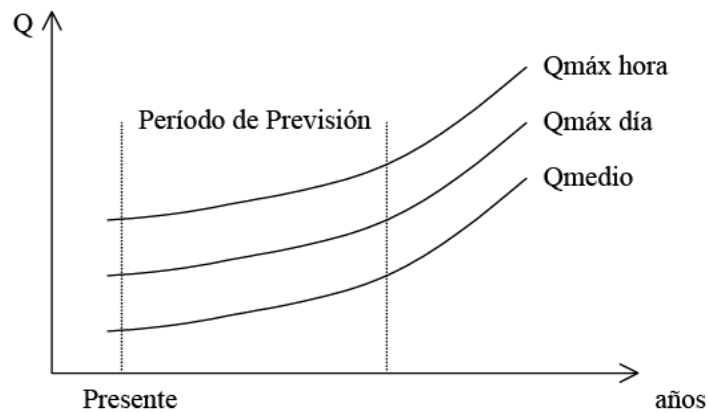
Distintas escalas de tiempo: anual, estacional, mensual, diario, horario.

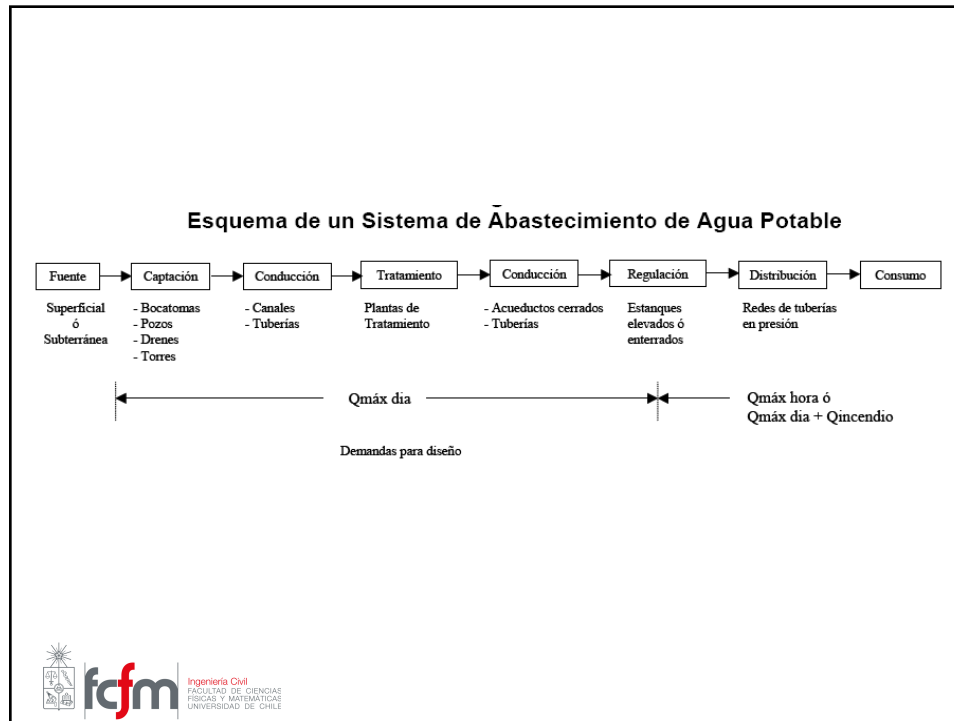


$$Q_{\text{máz hora}} = C_{mh} \cdot Q_{\text{máz día}}$$

donde  $C_{mh}$ : coeficiente de demanda máxima horaria (1.4-3.0)

## Curvas de Demanda de Agua Potable





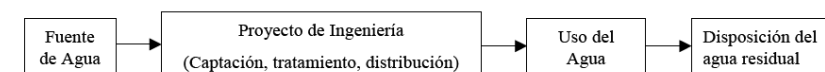
## ¿En qué consiste el problema de suministro de agua?

Proveer la **cantidad** y **calidad** de agua requerida para diferentes necesidades de la sociedad.

Tres aspectos fundamentales:

- 1) Determinar **requerimientos** de **cantidad** y **calidad del agua** requerida para cada uso
- 2) Identificar fuentes de abastecimiento tomando en cuenta **disponibilidad** y **calidad**
- 3) Definir el proyecto de ingeniería para **satisfacer un determinado uso**

### Esquema Conceptual de un Sistema de Suministro de Agua



## 2) Fuentes de agua

- Agua subterránea: agua depende de las propiedades del acuífero (porosidad, tamaño) y de la viscosidad del agua. En general de muy buena calidad (salvo en zonas costeras). Extracción se realiza a través de pozos.
- Agua superficial: ríos y lagos. Sujeta a contaminación de diferentes tipos.
- Agua de mar: La tasa a la cual se puede extraer agua dulce a través de desalinización.
- Agua residual reutilizada. Ej: Agua en el espacio.

<https://www.wired.com/video/watch/how-hygiene-is-different-in-space>



## 2) Calidad de la fuente

- El concepto de calidad de aguas tiene que ver, en general, con la **presencia o ausencia de ciertas sustancias** (aunque también se consideran otras propiedades como la temperatura y el pH).
- Un agua es de “buena calidad” si el conjunto de propiedades permiten su uso para un determinado fin.
- Los requisitos de calidad de aguas dependen del uso que se dará al agua.



## ¿Qué contaminantes nos interesan?

Normativa para el control de calidad del agua potable :

*“El agua distribuida por los servicios públicos de agua potable debe cumplir con la **Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable - Parte 1: Requisitos, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional, y Parte 2: Muestreo, que establece requerimientos del Muestreo que se debe exigir a las concesionarias para el control del agua potable suministrada”***

- La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SiSS) controla que la normativa sea cumplida por los prestadores de servicios.
- <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-4371.html>



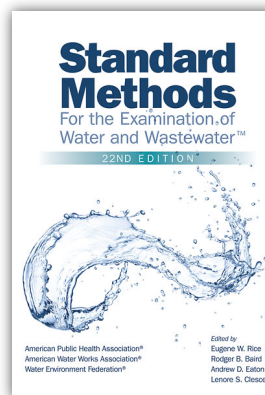
33

Tipo de Control	Requisitos de Calidad	N° Mínimo de Muestras	Distribución
Microbiológicos (Tipo I)	- 1 col/100 ml: < 10% muestras - 5 col/100 ml: < 5% muestras - Control por sectores - Exentas de Escherichia coli	Control mensual de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 8 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio y en cada uno de los sectores durante el mes
Turbiedad (Tipo I)	- Media mensual < 2 NTU - 4 NTU: < 5% muestras - Ninguna muestra > 20 NTU - Entre 10 y 20 NTU: no consecutivas	Control mensual de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 8 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio durante el mes
Elementos o sustancias de importancia para la salud (Tipo II)	Concentraciones máximas permitidas para 31 elementos o sustancias	Servicios con al menos una fuente superficial: dos muestras anuales. Servicios con sólo fuentes subterráneas: una muestra anual	En servicios que requieran dos muestras anuales, ellas se deben tomar en épocas opuestas del año (otoño y primavera o invierno y verano).
Elementos radiactivos (Tipo III)	Concentraciones máximas permitidas para 5 elementos	La Autoridad Competente determinará el volumen de la muestra, el lugar de muestreo, las condiciones de extracción de las muestras y la frecuencia de muestreo	-
Parámetros organolépticos (Tipo IV)	- Físicos: Color < 20 UC; Inodora e Inspida - Inorgánicos: Límites para 5 parámetros - Orgánicos: Límite para un parámetro	Servicios con al menos una fuente superficial: dos muestras anuales. Servicios con sólo fuentes subterráneas: una muestra anual	En servicios que requieran dos muestras anuales, ellas se deben tomar en épocas opuestas del año (otoño y primavera o invierno y verano).
Parámetros de desinfección (Tipo V)	- Conc. máxima: 2,0 mg/l - 0,2 mg/l: < 10% muestras - 0,0 mg/l: 1 muestra para < de 100 análisis o 3 muestras para más de 100 análisis	Muestras mensuales de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 30 muestras para < 28.000 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio durante 30 días según el número de habitantes abastecidos
Parámetros críticos (Tipo II o Tipo IV)	Una muestra puede exceder el límite de la respectiva tabla si se analizan menos de 10 muestras o el 10% de las muestras si se analizan 10 o más muestras	Muestras mensuales de acuerdo a número de habitantes: Mínimo 4 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 50 muestras para > 2.060.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio y en cada uno de los sectores afectados por el parámetro crítico
Col: colonias de coliformes totales - mg: miligramos - l: litro - ml: mililitro NTU: unidades nefelométricas de turbiedad - UC: unidad de color			

## 2) Fuente: Parámetros de calidad de agua

**Métodos de medición o análisis**  
**Standard Methods for the Examination**  
**of Water and Wastewater**

- Físicos
- Químicos
- Biológicos
- Otros constituyentes de interés



**Lectura:** Unidad 5.3 Masters

## 2) Fuente: Parámetros físicos

**Sólidos:**

	Sólidos Totales (residuo a 103 C)	Sólidos Inorgánicos (residuo 550 C)	Orgánicos (pérdida 550 C)
Sin filtrar (suspendidos + disueltos)	Sólidos totales (ST)	Sólidos fijos totales	Sólidos volátiles totales
Filtrado (disueltos)	Sólidos disueltos totales (SDT)	Sólidos fijos disueltos	Sólidos volátiles disueltos
Por diferencia	Sólidos suspendidos (SS)		Sólidos suspendidos volátiles (SSV)



## 2) Fuente: Parámetros biológicos

Los microorganismos propios del agua mantienen el equilibrio de los nutrientes (C, N, P, S) en el sistema.

Bacterias  $10^6/L$  y Algas  $10^4 - 10^3/L$

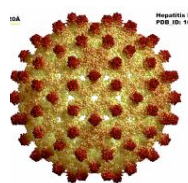
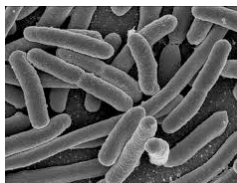
Fitoplacton



Rhizobia sp.



## Patógenos



Microorganismos portadores de enfermedades que crecen y se multiplican en un huésped.

- Bacterias : Son las más comunes, existiendo una gran diversidad (Salmonella)
- Protozoos : *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* sp.
- Virus : Según la OMS se han descrito más de 150 tipos rotavirus
- Helmintos : Se eliminan como huevos de gran persistencia en el ambiente (Ova)



## Ej: El gusano de Guinea



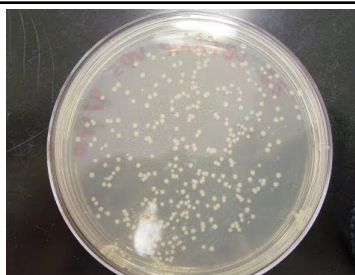
## Organismos indicadores

- En general, los indicadores son bacterias no patógenas, que están siempre presentes en el intestino de animales de sangre caliente. Estas bacterias son fáciles de aislar y cuantificar por métodos simples.
- La detección de estas bacterias en el agua significa que se ha producido una contaminación fecal y sugiere que podrían estar presentes patógenos entéricos.

### Indicadores de contaminación fecal

- **Bacterias coliformes:** grupo de bacterias en forma de bacilo que habitan principalmente en el intestino de humanos y animales de sangre caliente. Tienen la capacidad de fermentar lactosa con producción de gas en 48 horas a 37°C.
- Coliformes fecales fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 °C +/- 0.2 °C (termo-tolerantes) dentro de las 24 +/- 2 horas.

## Patógenos Entéricos Excretados



Organismo	Concentración org./g heces *
<b>Bacterias</b>	
■ <i>E. coli</i> enteropatógeno	10 <sup>7</sup> – 10 <sup>8</sup>
■ <i>Salmonella typhi</i>	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>8</sup>
■ <i>Shigella</i>	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>8</sup>
■ <i>Vibrio cholerae</i>	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>6</sup>
<b>Virus</b>	
■ <i>Echovirus</i>	10 <sup>8</sup>
■ <i>Virus polio</i>	10 <sup>7</sup>
■ <i>Adenovirus</i>	10 <sup>11</sup>
■ <i>Enterovirus</i>	1
■ <i>Rotavirus</i>	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>7</sup>
<b>Parásitos</b>	
■ <i>Giardia</i>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>
■ <i>Cryptosporidium</i>	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>7</sup>
■ Helmintos (ovas de <i>Ascaris</i> )	10 <sup>4</sup> – 10 <sup>5</sup>



fcj

\* (peso seco)

Tipo de Control	Requisitos de Calidad	N° Mínimo de Muestras	Distribución
Microbiológicos (Tipo I)	- 1 col/100 ml: < 10% muestras - 5 col/100 ml: < 5% muestras - Control por sectores - Exentas de <i>Escherichia coli</i>	Control mensual de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 8 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio y en cada uno de los sectores durante el mes
Turbiedad (Tipo I)	- Media mensual < 2 NTU - 4 NTU: < 5% muestras - Ninguna muestra > 20 NTU - Entre 10 y 20 NTU: no consecutivas	Control mensual de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 8 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio durante el mes
Elementos o sustancias de importancia para la salud (Tipo II)	Concentraciones máximas permitidas para 31 elementos o sustancias	Servicios con al menos una fuente superficial: dos muestras anuales. Servicios con sólo fuentes subterráneas: una muestra anual	En servicios que requieran dos muestras anuales, ellas se deben tomar en épocas opuestas del año (otoño y primavera o invierno y verano).
Elementos radiactivos (Tipo III)	Concentraciones máximas permitidas para 5 elementos	La Autoridad Competente determinará el volumen de la muestra, el lugar de muestreo, las condiciones de extracción de las muestras y la frecuencia de muestreo	-
Parámetros organolépticos (Tipo IV)	- Físicos: Color < 20 UC; Inodora e Inspida - Inorgánicos: Límites para 5 parámetros - Orgánicos: Límite para un parámetro	Servicios con al menos una fuente superficial: dos muestras anuales. Servicios con sólo fuentes subterráneas: una muestra anual	En servicios que requieran dos muestras anuales, ellas se deben tomar en épocas opuestas del año (otoño y primavera o invierno y verano).
Parámetros de desinfección (Tipo V)	- Conc. máxima: 2,0 mg/l - 0,2 mg/l: < 10% muestras - 0,0 mg/l: 1 muestra para < de 100 análisis o 3 muestras para más de 100 análisis	Muestras mensuales de acuerdo a número de habitantes abastecidos: Mínimo 30 muestras para < 28.000 habitantes. Mínimo 500 muestras para > 4.690.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio durante 30 días según el número de habitantes abastecidos
Parámetros críticos (Tipo II o Tipo IV)	Una muestra puede exceder el límite de la respectiva tabla si se analizan menos de 10 muestras o el 10% de las muestras si se analizan 10 o más muestras	Muestras mensuales de acuerdo a número de habitantes: Mínimo 4 muestras para < 7.600 habitantes. Mínimo 50 muestras para > 2.060.000 habitantes	Uniformemente en todo el servicio y en cada uno de los sectores afectados por el parámetro crítico

Col: colonias de coliformes totales - mg: miligramos - l: litro - ml: mililitro  
NTU: unidades nefelométricas de turbiedad - UC: unidad de color

## Contaminantes emergentes

Hacen referencia a aquellos compuestos que están caracterizados por su toxicidad y persistencia en el medio ambiente, y cuya identificación y efectos han sido facilitados por avances tecnológicos en metodologías de detección e instrumentación

Podemos destacar:

- Disruptores endocrinos (EDCs – endocrine disrupting chemicals) → Ej: 17β-Estradiol
- Contaminantes orgánicos persistente (COPs o POPs por sus siglas en inglés) → Ej: Poly-chlorinated biphenol o PCBs
- Pesticidas y herbicidas → DDT y DDE
- Nuevos agentes patogénicos → Ej: genes resistente a antibióticos, etc.
- Nanopartículas



## Otros constituyentes orgánicos del agua

Origin	Categories of Sources of Chemical Substance	Examples of Specific Chemical Substances
<b>Industrial</b>	Pesticides, preservatives, flame retardants, perfluorochemicals, nanoparticles	Plasticizers, heat stabilizers, biocides, epoxy resins, bleaching chemicals, solvents, dyes, polymers, hydrocarbons, phthalates, atrazine, DEET
<b>Domestic</b>	Personal care products, surfactants	Laundry detergent, ammonia, bleach, antifreeze, lotions, perfume
<b>Human-based</b>	Steroidal hormones, pharmaceutical residues	Oestradiol, oestrone, testosterone, trimethoprim, caffeine, ibuprofen, gemfibrozil, sulfamethoxazole, carbamazepine
<b>Formed during WW treatment</b>	Disinfection by-products	THMs, HAAs, NDMA, NDEA, aldehydes, bromate, chlorate

<https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>  
[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/potablereusecompendium\\_3.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/potablereusecompendium_3.pdf)<sup>46</sup>

## Contaminantes orgánicos

### DDT (*diclorodifeniltricloroetano*)

- Usado ampliamente a través del mundo como insecticida.
- Persistente. Poco soluble en agua, pero muy soluble en grasa y tejidos animales → se puede acumular en las grasas y tejidos de muchas especies, incluyendo los seres humanos.
- Síntomas de envenenamiento por DDT incluye desórdenes nerviosos y descensos anormales del conteo de glóbulos blancos en la sangre.

### Dioxinas

- Familia de compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de combustión que implican al cloro.
- Incluye uno de los compuestos químicos más letales producidos por el hombre (TCDD o *2,3,7,8-tetraclordibenzoparadioxin*).
- Son estables químicamente, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena trófica.
- El dioxin es un compuesto teratogéno, es decir puede producir defectos de nacimiento, y es también un conocido cancerígeno.



La exposición a dioxina incluye cambios en órganos internos, cloroacne, desórdenes nerviosos y muerte en el caso de exposición a elevadas concentraciones.



Ex-presidente de Ucrania, Viktor Yuschenko, fue envenenado durante su campaña política con dioxinas tipo TCDD (Dioxina Tetrachlorodibenzo)

