

MÁSTER UNIVERSITARIO EN CONTAMINACIÓN, TOXICOLOGÍA Y SANIDAD AMBIENTALES

“CALIDAD DE LAS AGUAS Y ESTADO ECOLOGICO DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES”

Daniel Morant

daniel.morant@uv.es

1. Introducción: el **agua**, propiedades físicas y ciclo del agua. **Régimen hidrológico** de los ecosistemas acuáticos.
2. **Directivas y Reglamentos** Europeos y estatales que afectan a ecosistemas acuáticos. Planificación hidrológica.
3. Evaluación de la **contaminación**. Indicadores físico-químicos y métodos de determinación. Indicadores químicos y microbiológicos.
4. Evaluación del **estado ecológico**.
5. Evaluación del **estado de conservación**.
6. Normativa sobre **calidad del agua y salud** de los ecosistemas acuáticos
7. **Restauración** de los ecosistemas acuáticos.

**3.
EVALUACIÓN
DE LA CONTAMINACIÓN.
INDICADORES
FÍSICO-QUÍMICOS
Y MÉTODOS DE DETERMINACIÓN.
INDICADORES
QUÍMICOS
Y MICROBIOLÓGICOS.**

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

- Contaminación de los sistemas acuáticos epicontinentales, conceptos básicos.
- Bioacumulación en las redes tróficas. Matrices: agua, sedimentos y biota.
- Procesos contaminantes y sus efectos en los ecosistemas acuáticos:
 - Eutrofización
 - Acidificación
 - Metales pesados
 - Contaminación fecal
 - Xenobióticos y compuestos orgánicos complejos
- Causas, efectos, evaluación y soluciones.
- Otros tipos de contaminantes: térmica, radioactiva, etc.

Ya impartido.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

TOMA DE MUESTRAS

- 
- Representatividad y no-alteración.
 - No existe un procedimiento general.
 - ¿Donde tomar la muestra? (según tipo de ecosistema, ej, ríos, lagos, canales, embalses, fuentes de caudal regulado, dependencia del tipo de analito).
 - Muestras integradas y muestras compuestas-tiempo.
 - Recipientes (Material, lavado,...)

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

TOMA DE MUESTRAS

- 
- Llenado.
 - Codificación y libro de registro.
 - Conservación y transporte (conservantes, reactivos, procesado físico, refrigeración, oscuridad...).
 - Cadena de custodia.
 - Seguridad.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

INTERFERENCIAS

Las **interferencias** pueden deberse a que la sustancia que interfiere **reaccione** con los reactivos **de igual manera** que la sustancia a determinar, a que reaccione **con la sustancia a determinar** disminuyendo la respuesta obtenida o a **que se combine con los reactivos** bloqueándolos e impidiendo la reacción con el analito

La importancia de la interferencia puede disminuirse en muchas ocasiones mediante algo tan sencillo como la **dilución** de la muestra, si bien ello está condicionado a que la concentración del analito sea suficientemente alta como para no estar por debajo del límite de detección al diluir la muestra. Otros métodos de eliminación de interferencias se basan en la **eliminación, bloqueo o inactivación** de la sustancia que interfiere, o en impedir que reaccione (ej. variando el pH). En el caso de **color** de la muestra, se puede medir la absorbencia de la muestra sin adicionar de reactivos para corregir el resultado.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICO INSTRUMENTAL Y REACTIVOS

Para el uso general del laboratorio el material más adecuado es el **vidrio** de borosilicato.

El material utilizado en determinaciones volumétricas de precisión deberá ser de la **clase A**, con medidas y desviaciones garantizadas.

La calidad de los **reactivos** utilizados deberá ser acorde con la calidad de los resultados que se deban obtener, normalmente de calidad “**para análisis**”.

Los reactivos anhidros necesarios para la preparación de **soluciones estándar** de calibración y tituladores se secan en una estufa a 105°C durante varias horas, dejándose enfriar en un desecador eficaz y procediéndose al pesado inmediato en una balanza de precisión de la cantidad necesaria. Para la preparación de esos estándares se utilizará también material volumétrico de calidad A.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICO AGUA DE USO ANALÍTICO

Uno de los aspectos más importantes del análisis es la preparación del **agua de calidad** para preparación de reactivos, patrones y dilución de las muestras, que no debe contener sustancias que interfieran con los métodos analíticos.

Cualquier **método** de obtención de agua de calidad es aceptable si se cumplen los requisitos adecuados y manteniéndolo en perfectas condiciones de funcionamiento.

Diversos **sistemas de obtención** de este agua son la destilación, la desionización, ósmosis inversa, la ultrafiltración, o el tratamiento con luz ultravioleta, aunque los sistemas más modernos de producción de agua de calidad asocian varias de estas técnicas.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

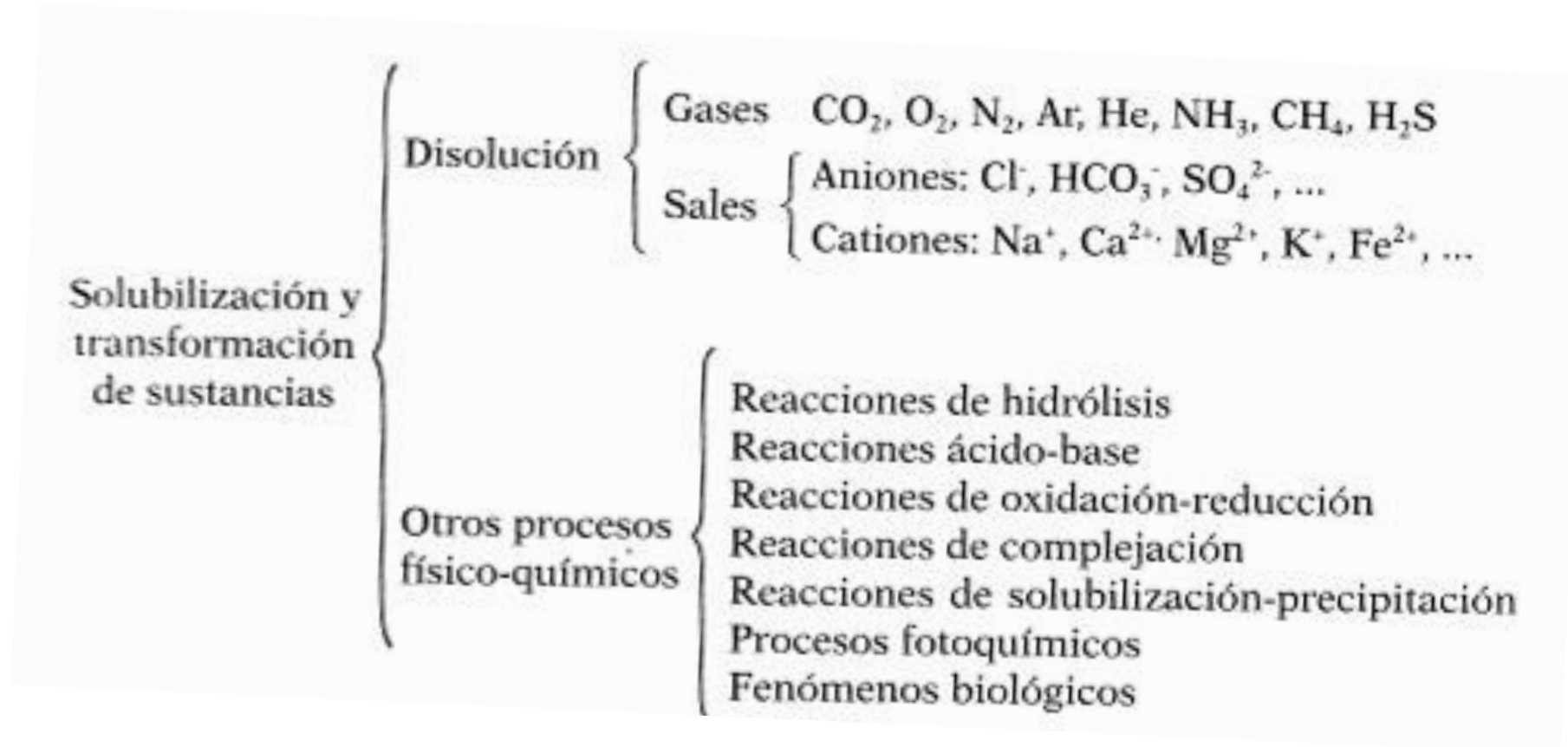
ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

- PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS MEDIDOS IN SITU
- ASPECTO Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS
- COMPONENTES DE PROPORCIONALIDAD CONSTANTE Y MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS
- NUTRIENTES INORGÁNICOS
- ESTIMADORES DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
- OTROS CONTAMINANTES ORGÁNICOS
- METALES
- OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y MÉTODOS DE DETERMINACIÓN

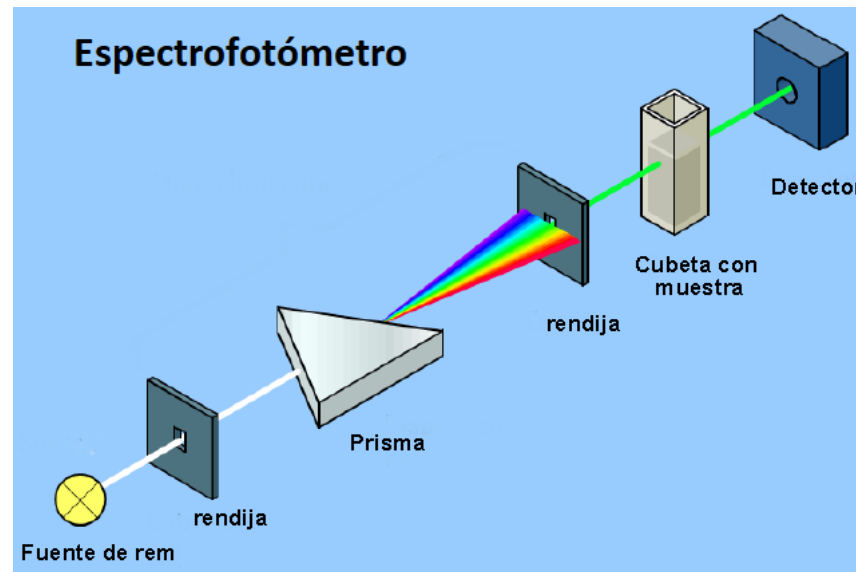


3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Espectrofotometría de absorción molecular (colorimetria).** Medición del color frente a un blanco y patrones al hacer reaccionar con un reactivo (concentración, dilución, turbidez).

Una molécula absorbe energía luminosa de longitudes de onda específicas, pasando de un estado fundamental a estados de mayor energía .



3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Espectrometría de absorción atómica.** Es una técnica de análisis elemental, determinándose la absorción específica de cada uno de los elementos presentes en la muestra. Hay distintos tipos de métodos de absorción atómica según el procedimiento de atomización, estos son: Llama – modo absorción o emisión-; generación de vapor (Hg, As), horno de grafito.

Mide la cantidad de energía de luz UV/visible absorbida por un elemento. La longitud de onda de la luz absorbida corresponde a la energía necesaria para promover sus electrones desde el estado fundamental a un nivel de energía superior. Por su elevada sensibilidad la técnica permite analizar concentraciones que van desde mg/L (ppb) hasta ng/L (ppt).

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

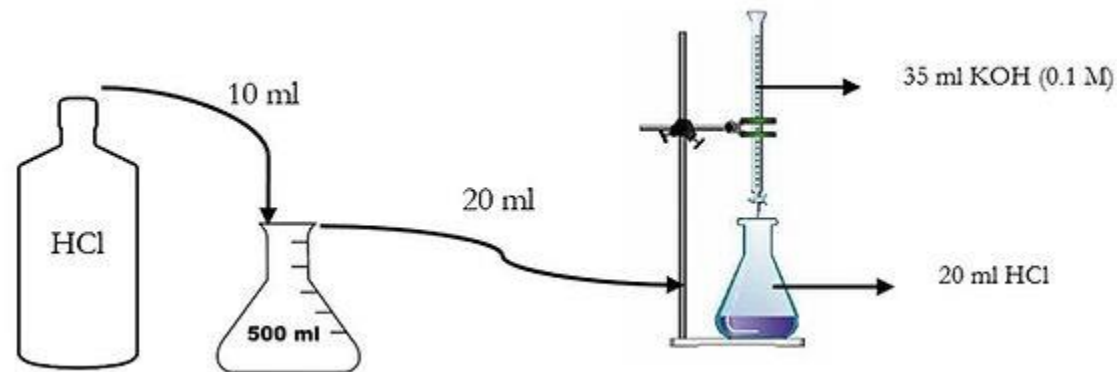
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS **MÉTODOS DE ANÁLISIS**

- **Plasma de acoplamiento inductivo.** También es una técnica de análisis elemental. Se basa en el uso de una corriente de gas ionizado (plasma) de argón por la acción de un campo magnético, alcanzándose temperaturas muy altas (6000-8000 °K) como consecuencia de los choques de las partículas. La muestra nebulizada se lleva al plasma, que a esas temperaturas disocia eficazmente todas las moléculas. La ionización de un elevado porcentaje de átomos produce un espectro de emisión, que es medido. También puede acoplarse con un sistema de detección basado en la discriminación por carga/masa (ICP-MS).

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Volumetría.** Se basa en la valoración de un componente de la muestra utilizando un compuesto químico, utilizando normalmente un indicador que marca el final de la valoración. Estas volumetrías pueden ser de neutralización de ácidos o bases (ej. alcalinidad), de formación de complejos o precipitados (ej. argentimetría de los cloruros) o de cambios en el estado de oxido-reducción.



3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Gravimetría.** Basado en la recogida de un componente precipitado para su posterior pesado. Se puede realizar con compuestos ya precipitados (ej. sólidos en suspensión), tras volatilización (ej. materia orgánica particulada), por tamizado (ej. granulometría) o por extracción y secado (ej. aceites y grasas).



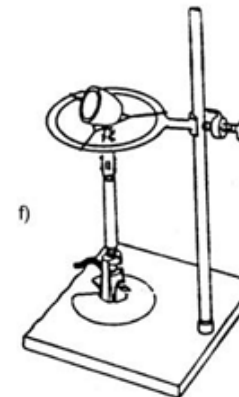
Colocación del papel de filtro en el embudo



Filtración



Doblado del papel para su introducción en el crisol



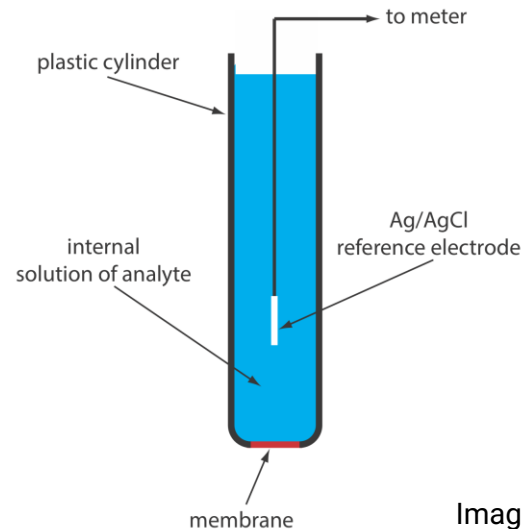
Calcinación del papel

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Electrodos selectivos de iones.** Existen electrodos selectivos que permiten una rápida valoración de los componentes del agua. En su mayoría, los electrodos operan bajo el principio de intercambio iónico. Dado que los electrodos selectivos sufren distintos grados de interferencia de otros iones debe considerarse cuidadosamente las condiciones para evitar esas interferencias.

Son sensores que miden la concentración de iones específicos en una solución. Trabajan usando una membrana que selectivamente permite que solo ciertos iones pasen a través, mientras que bloquea otros.



3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

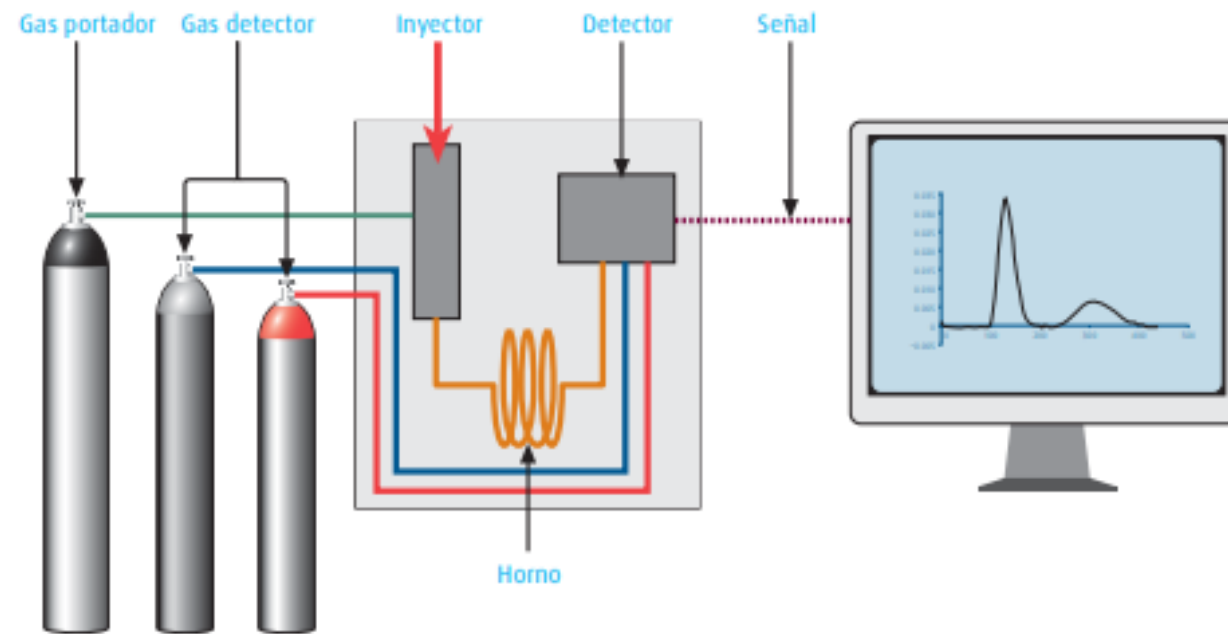
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Métodos cromatográficos.** Se realiza una separación previa de los analitos moléculas en función de las propiedades de estos, y después se determina su concentración con diversos tipos de detectores. Los principales tipos son:
 - **Cromatografía de gases (GC) y cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC-MS).** Se utiliza principalmente para la determinación de sustancias orgánicas complejas, entre otras los pesticidas organoclorados, los componentes de gases digestores, fenol, compuestos causantes de olores y en general compuestos orgánicos volátiles.
 - **Cromatografía líquida de alta resolución(HPLC).** Sistema separativo de alta resolución utilizado fundamentalmente en la determinación de sustancias orgánicas complejas.
 - **Cromatografía iónica.** Se utiliza para la determinación escalonada de aniones o cationes utilizando columnas de intercambio iónico y detectores de conductividad, compatible con parte del aparataje de la HPLC.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

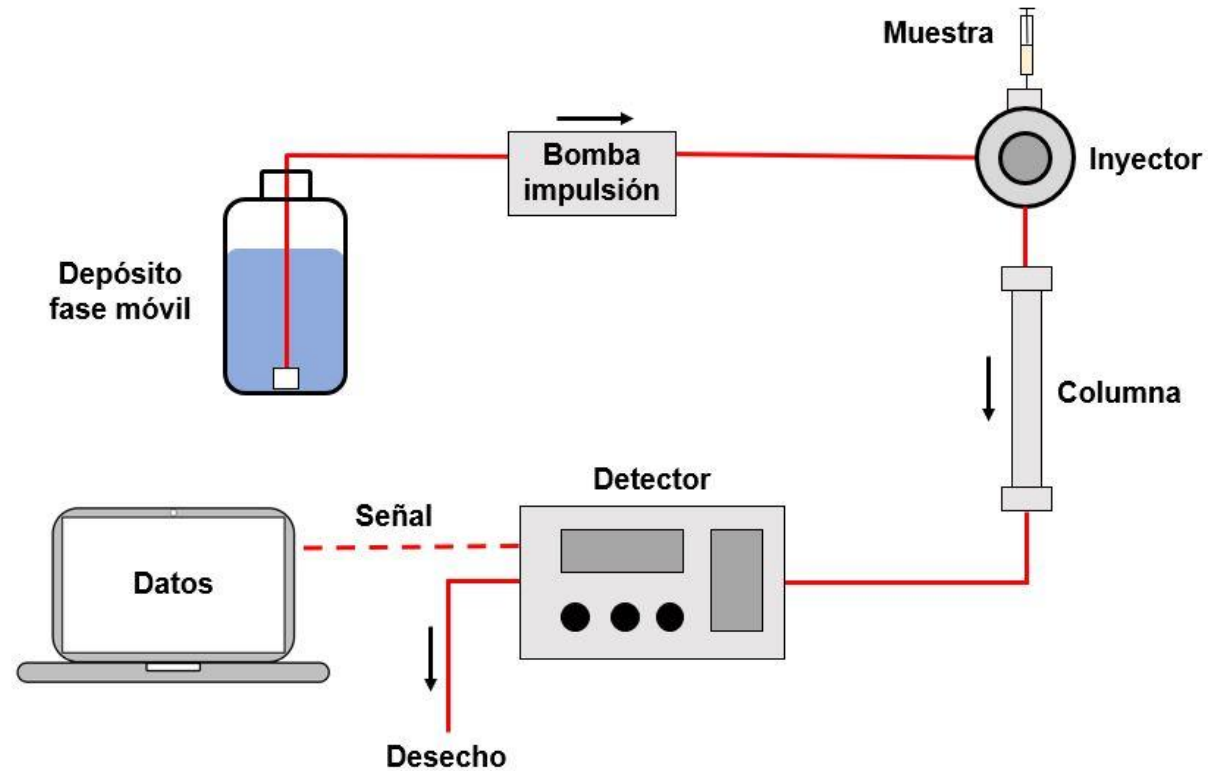
- **Cromatografía de gases (GC)**



3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)



3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS MEDIDOS *IN SITU*

- TEMPERATURA
- OXIGENO DISUELTO
- pH
- Eh
- PENETRACIÓN LUMINOSA

ASPECTO Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

- COLOR
- OLOR
- SABOR
- TURBIDEZ

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

COMPONENTES DE PROPORCIONALIDAD CONSTANTE Y MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS

- CONDUCTIVIDAD.
- CATIONES (CALCIO, MAGNESIO, SODIO, POTASIO). DUREZA.
- ANIONES (SULFATO, CLORURO, BICARBONATO).

TABLA 2.2. Especies iónicas presentes en los diferentes tipos de aguas.

Iones principales	Agua de mar promedio (g/kg)	Agua fluvial promedio (g/kg)	Agua lacustre promedio (g/kg)
Cl ⁻	19,35 *	0,008	0,026
SO ₄ ²⁻	10,76	0,011	0,027
HCO ₃ ⁻	0,14	0,059 *	0,155 *
Br ⁻	0,07	—	—
Na ⁺	10,76 *	0,006	0,012
Mg ²⁺	1,29	0,004	0,006
Ca ²⁺	0,41	0,015 *	0,043 *
K ⁺	0,39	0,002	0,0015

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

COMPONENTES DE PROPORCIONALIDAD CONSTANTE Y MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS

EQUILIBRIO IÓNICO

Las sumas de aniones y cationes, cuando se expresan en miliequivalentes por litro, deben estar equilibradas. El examen se basa en la diferencia porcentual definida del siguiente modo:

$$\text{diferencia(\%)} = 100 \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}}$$

y los criterios de aceptación son:

Suma de aniones (meq/l)	Diferencia aceptable (%)
0 - 3	± 0.2 %
3 - 10	± 2 %
20 - 800	± 2 - 5 %

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS **NUTRIENTES INORGÁNICOS**

- NITRÓGENO (AMONIO, NITRATO, NITRITO). PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN.
- FÓSFORO (ORTOFOSFATO)
- SILICE
- OTROS (Fe,...)

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS **ESTIMADORES DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA**

- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)
- OXIDABILIDAD AL PERMANGANATO
- DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO)
- CARBONO ORGÁNICO TOTAL (TOC)
- HALÓGENOS DISUELTOS TOTALES
- NITRÓGENO KJELDAHL
- FÓSFORO TOTAL
- MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS **OTROS CONTAMINANTES ORGÁNICOS**

- ACEITES Y GRASAS
- HIDROCARBUROS TOTALES
- SURFACTANTES (DETERGENTES)
- FENOLES TOTALES
- PLAGUICIDAS Y HERBICIDAS

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS **METALES**

- **Metales disueltos.** Son los componentes metálicos de una muestra no acidificada que pasan a través de un filtro de 0,45 mm, realizándose la filtración inmediatamente después de la recogida de la muestra.
- **Metales suspendidos.** Son los componentes metálicos de una muestra no acidificada que son retenidos por un filtro de 0,45 mm, realizándose la filtración inmediatamente después de la recogida de la muestra.
- **Metales totales.** Se determinan tras una digestión en condiciones extremas de temperatura y acidez.
- Las muestras se conservan añadiendo ácido nítrico concentrado hasta llevar el pH por debajo de 2.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS **OTROS PARÁMETROS DE INTERÉS**

- SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN
- MATERIA SEDIMENTABLE
- BORO
- CIANURO
- CLORO RESIDUAL
- SULFURO

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

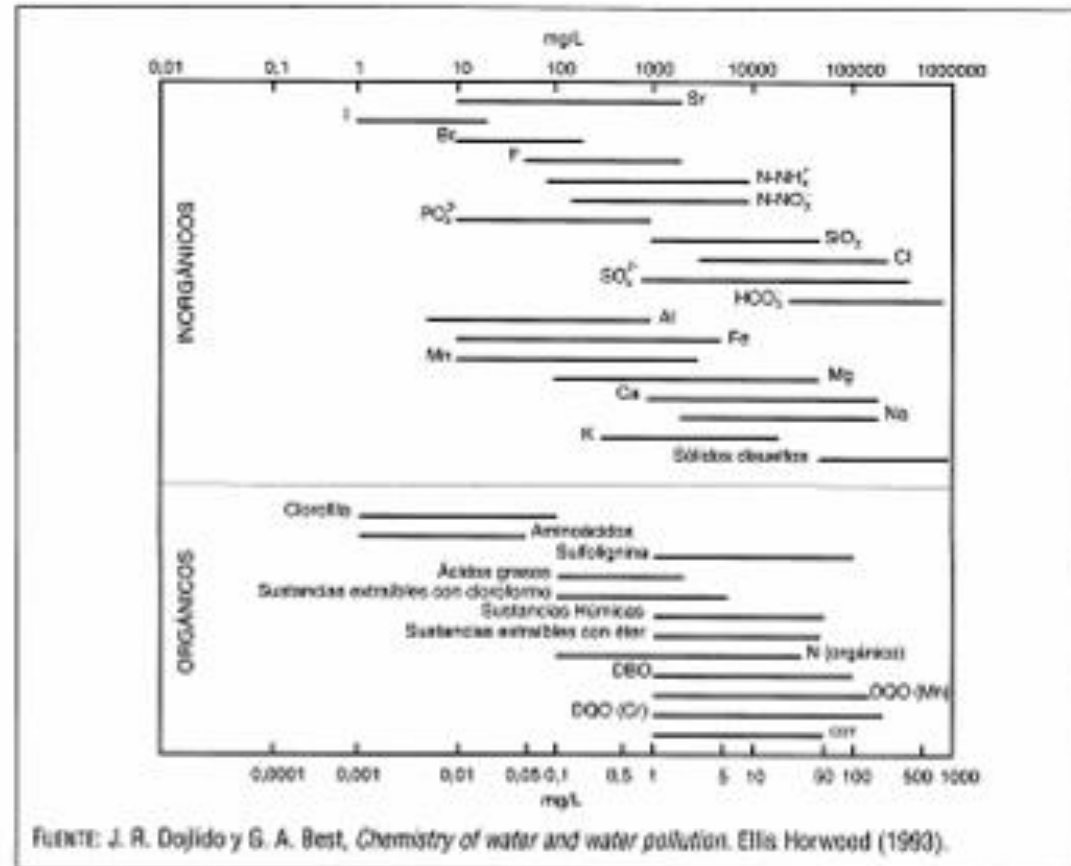


FIGURA 2.2. Abundancia de las especies mayoritarias en aguas naturales.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

- Siglo XIX.- Relación transferencia enfermedades - contaminación fecal del agua.
- Búsqueda de patógenos - Búsqueda de indicadores.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL **CARACTERÍSTICAS**

- Debe estar presente cuando haya una fuente de patógenos y ausente en las aguas no contaminadas.
- Debe estar presente en números mucho mayores que los patógenos.
- Debe responder a las condiciones naturales de manera similar que el patógeno
- Debe ser fácil de aislar, identificar y contar.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL MICROORGANISMOS EN HECES

Especie o grupo	Ocurrencia (% individuos)	Log (Abundancia) / g heces
PATÓGENOS		
<i>Staphylococcus</i>	31-59	2-4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	26 - 30	6 - 8
<i>Mycobacterium</i>	43	0 - 2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (pat.)	3 - 15	3 - 5
<i>Candida albicans</i>	14 - 31	0 - 4
INDICADORES		
Coliformes totales	87 - 100	7 - 9
Coliformes fecales	96 - 100	7 - 9
Estreptococos fecales	100	5 - 6

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

INDICADORES

Ningún indicador satisface totalmente todos los requisitos

Los habitualmente utilizados son:

Coliformes totales. Bacterias bacilares gram negativas, aerobias o anaerobias facultativas, no formadoras de esporas , que fermentan lactosa con formación de gas al ser incubadas hasta 48 horas a 35°C.

A pesar de ser los mejores indicadores disponibles, presentan algunos problemas:

- Su supervivencia y respuesta a la desinfección difiere bastante de la de los patógenos no bacterianos.
- Su crecimiento difiere del de los patógenos entéricos.
- Otros microorganismos interfieren en su crecimiento.

Coliformes fecales.

Streptococos fecales. Menos abundantes en humanos que en animales.

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

Otros, que no se utilizan pero podrían ser usados son:

- ***Pseudomonas***. Más asociada a heces humanas, aunque también de vida libre, multiplicándose en el medio natural.
- ***Clostridium perfringens***. Esporas resistentes.
- ***Bifidobacterium***. Satisface casi todos los criterios, pero está poco estudiado. Buen diferenciador contaminación humana/animal.
- **Levaduras**. *Candida albicans*, poco estudiado.
- **Bacteriofagos**. Poco usados.
- **Heterótrofos totales**. No indicador .

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

SUPERVIVENCIA

- Existe relación con la temperatura.
- Estudios en condiciones de laboratorio, falta información en condiciones naturales.
- Respuesta de los indicadores y patógenos a la desinfección. Virus entéricos muy resistentes. Quistes de protozoos y gusanos también resisten, se eliminan por filtración (filtros de arena).

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

TÉCNICAS

- MPN (técnica del número más probable). se cultivan porciones replicadas de la muestra original para determinar la presencia o ausencia de microorganismos en cada porción.
- Filtración en membrana. Se pasar una muestra de agua a través de un filtro de membrana (0,45 μ tamaño de poro y 47 mm de diámetro). Se transferir el filtro con las bacterias atrapadas a la superficie de un medio sólido (con agar) o a un soporte absorbente, conteniendo el medio líquido deseado (sin agar).

MEDIOS DE CULTIVO

- Endo (coliformes totales), m-FC (coliformes fecales), Slanetz-Bartley (Streptococos fecales)

RELACIONES

- FC/TC.- No está clara.
- FC/FS.- > 4 Humano <0,7 animal (no aves)

3. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

