

TEMA 2 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

2. 1. CONTAMINACIÓN. TIPOS

2. 2. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

2.2.1. Gérmenes patógenos

2.2.2. Materia orgánica (M.O.). AUTODEPURACIÓN

2.2.3.- Sólidos

2.2.4. Nitrógeno. EUTROFIZACIÓN

2.2.5. Detergentes

2.3. AGUAS RESIDUALES PECUARIAS

2.4.- CONTAMINACIÓN DE ORIGEN AGRÍCOLA

2.5.- AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

2.6.- AGUAS DE ESCORRENTÍA URBANA

2.7.- AGUAS RESIDUALES URBANAS (A.R.U.)

CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS: AGUAS RESIDUALES

CONTAMINACIÓN

La contaminación de las aguas naturales puede ser considerada como una impurificación artificial, ya directa o indirecta, producida por el hombre o sus actividades.

Atendiendo a **LAS CAUSAS O ACTIVIDADES** que la originaron:

- Aguas residuales domésticas.
- Aguas residuales pecuarias.
- Contaminación de origen agrícola.
- Aguas residuales industriales.
- Aguas de escorrentía urbana.
- Aguas residuales urbanas.

2.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD)

Son las aguas generadas en las **viviendas o en instalaciones comerciales, públicas y similares.**

Composición → **aguas fecales y aguas de lavado y limpieza.**

PRINCIPALES CONTAMINANTES: gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno y fósforo, además de otros en menor proporción.

2.2.1. GÉRMENES PATÓGENOS

Desde un punto de vista de ingeniero sanitario:

- + interesan los microorganismos de origen fecal → producen enfermedades (enfermedades hídricas).
- + una parte pueden ser patógenos.
- + no deben estar en ambientes naturales

MEDIDA

- Directa : **IMPRACTICABLE**
- Indirecta :
 - Son técnicas presuntivas.
 - Indicadores de contaminación.
 - Microorganismos deben ser fecales exclusivamente
 - Fáciles de detectar y medir
 - Aparezcan en grandes cantidades

TIPOS DE INDICADORES: COLIFORMES

ESTREPTOCOCOS FECALES (EF)

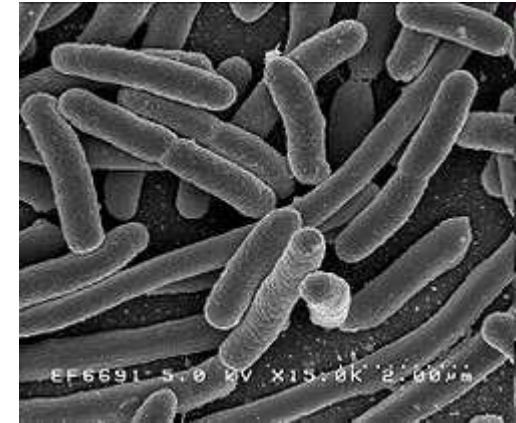
CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTORES

COLIFORMES

Son bacterias con forma de bastoncillo.

* **Coliformes totales.**

* **Coliformes fecales, CF** → *Escherichia coli*



DETERMINACIÓN:

En laboratorio, mediante siembras en medios nutritivos específicos

RESULTADOS:

- Ud/100 mL (Ud se refiere a *unidades formando colonias*)
- NMP/100 mL (NMP es el *número más probable*) cuando la técnica de tubos múltiples es la utilizada.

Fórmula de **distribución de Poisson**

Ecuación de **Thomas**:

$$\text{NMP} / 100 \text{ mL} = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{mL de muestra en los tubos negativos}}{\text{mL de muestra en todos los tubos}} \right) \left(\frac{\text{mL de muestra en todos los tubos}}{\text{mL de muestra en los tubos negativos}} \right)}}$$

ESTREPTOCOCOS FECALES (EF)

Son microorganismos estrictamente fecales

Relación CF/EF \approx 4.4 \rightarrow contaminación es de origen humano.

Relación CF/EF $<$ 0.4 o 0.6 \rightarrow contaminación es de origen animal.

Producción media estimada de microorganismos indicadores

ANIMAL	DENSIDAD MEDIA DE INDICADOR/ g HECES		PRODUCCIÓN MEDIA / INDIVIDUO.DÍA		CF/EF
	CF (*10 ⁶)	EF (*10 ⁶)	CF (*10 ⁶)	EF (*10 ⁶)	
Hombre	13.0	3.0	2000	450	4.4
Pollo	1.30	3.4	240	620	0.4
Vaca	0.23	1.3	5400	31000	0.2

CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTORES

Indicador de contaminación lejana (en el tiempo), ya que todos los demás microorganismos fecales podrían haber desaparecido

COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA TÍPICA DE UN ARD

Tipos y número de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas ^a

Organismo	Concentración, número/ml
Coliformes totales	10^5 - 10^6
Coliformes fecales	10^4 - 10^5
Streptococos fecales	10^3 - 10^4
Enterococos	10^2 - 10^3
<i>Shigella</i>	Presentes ^b
<i>Salmonella</i>	10^0 - 10^2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10^1 - 10^2
<i>Clostridium perfringens</i>	10^1 - 10^3
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Presentes ^b
Cistos de protozoos	10^1 - 10^3
Cistos de giarda	10^{-1} - 10^2
Cistos de cryptosporidium	10^{-1} - 10^1
Huevos de helmintos	10^{-2} - 10^1
Virus entéricos	10^1 - 10^2

^a Adaptado parcialmente de la bibliografía [3, 7].
^b Los resultados de estos ensayos se suelen clasificar como positivos o negativos en lugar de ser ensayos cuantitativos.

Concentración de microorganismos: 10^8 - 10^9 /100 mL “**número más probable**”(NMP) de coliformes fecales

Desinfección: unidades log concentración

BACTERIAS PATÓGENAS EN AGUA

Género	Especie	Anfitrión	Enfermedad	Ruta
<i>Salmonella</i>	<i>S. typhi</i> <i>S. enteritides</i> <i>S. typhimurium</i>	Intestino humano y animal; agua o comidas contaminadas	Fiebre tifoidea	Agua y alimentos procesados con agua contaminada.
<i>Shigella</i>	<i>S. sonnei</i> <i>S. flexneri</i> <i>S. boydii</i> <i>S. dysentericae</i>	Hombre	Shigelosis	Como arriba, más persona a persona.
<i>Miobacteria</i>	<i>M. tuberculosis</i> <i>M. balnei</i> <i>M. bovis</i>	Hombre Ganado	Tuberculosis	Por el aire o por agua contaminada.
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholera</i>	Hombre	Cólera	Agua contaminada, o persona a persona.
<i>Leptospira</i>	<i>L. pomona</i> <i>L. autumnalis</i> <i>L. australis</i>	Humanos infectados	Leptospirosis	Trasmitido al torrente sanguíneo por animales portadores; agua contaminada.
Entero patógenos <i>E. coli</i>	Variedad	Animales de sangre caliente	Infecciones urinarias	Agua o alimentos contaminados por aguas residuales.

Adaptado de Montgomery, 1985.

2.2.2. MATERIA ORGÁNICA (MO)

“ **Compuestos que contienen Carbono, C, Oxígeno, O, e Hidrógeno, H; combinado con Nitrógeno, N, Fósforo, P, o Azufre, S “**

Podemos encontrar viva o muerta, en forma de residuos.

M.O. viva → es aprovechada por los depredadores

M.O. muerta → es aprovechada por los saprófagos (detritívoros, recicladores).

TIPOS

- **Compuestos nitrogenados (CHONS):** proteínas, aminoácido, urea

Coloidal

ARD → 40 - 60% MO

- **Carbohidratos (CHO):** azúcares (glucosa), almidón, celulosa.

Disuelta

ARD → 25 -50% MO

- **Grasas y aceites (CHO):**

Interfase

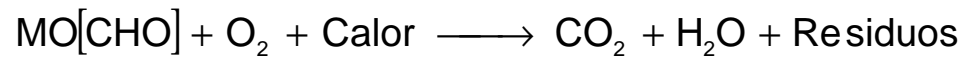
ARD → 10% MO.

MEDIDA DE LA MATERIA ORGÁNICA (MO)

DIRECTA: Grasas → poco práctico

INDIRECTA: Oxidación térmica, química y bioquímica

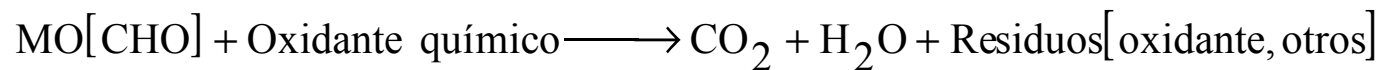
→ **Oxidación térmica (900 °C)**



COT, o Carbón Orgánico Total (mg C/L)

DTO, o Demanda Total de Oxígeno (mg O₂/L)

→ **Oxidación química (mg O₂/L)**



DQO, o Demanda Química de Oxígeno → dicromato potásico

MO, "Materia orgánica" u Oxidabilidad al Permanganato (MnO₄K).

→ **Oxidación bioquímica**

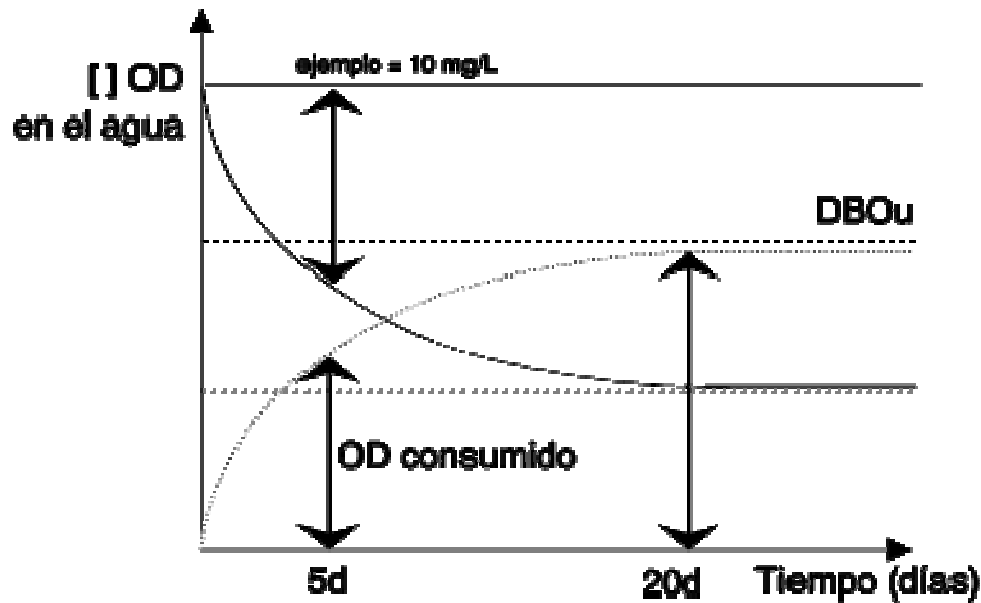
La oxidación se realiza mediante microorganismos.

DBO, o Demanda Bioquímica de Oxígeno

ENSAYO DE LA DBO

La DBO mide el oxígeno consumido por las bacterias mientras oxidan la MO

- * Método de incubación a 20 °C :
- * Medida en la muestra de la evolución del OD con el tiempo.



$DBO_u \rightarrow 20$ días

$DBO_5 \rightarrow 5$ días.

ARD: DBO_5 supone un 65% de la MO.

DBO es una reacción de primer orden

$$\frac{dL}{dt} = -KL$$

L = concentración de DBO (MO) presente, mg/L.

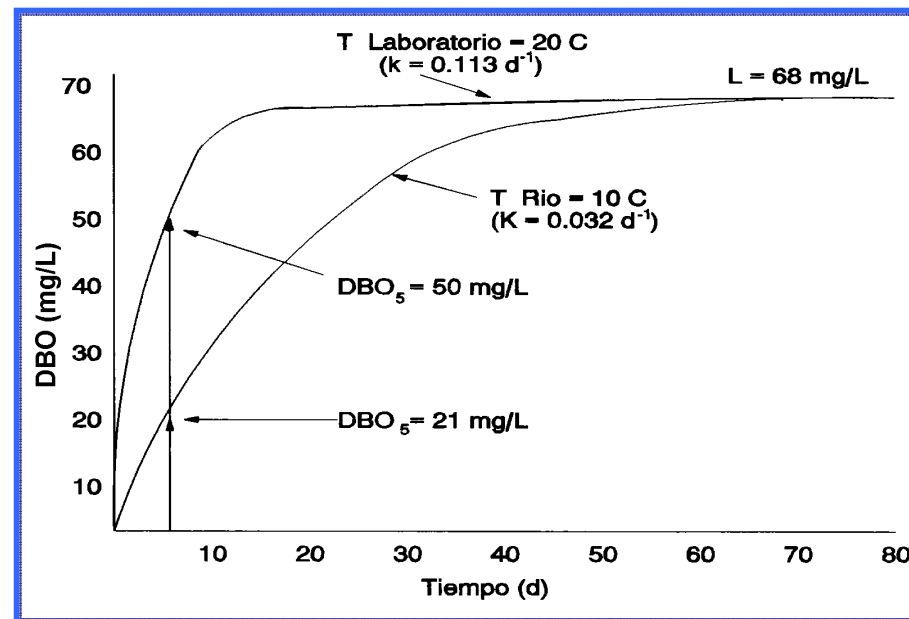
t = tiempo, d

K = constante cinética de orden 1 del proceso, d^{-1} .

FACTORES QUE AFECTAN AL ENSAYO DE LA DBO

- Temperatura

- Condiciona la actividad biológica
- La constante de DBO debe ser determinada para la T^a del agua.
- Incubación en el laboratorio se trabaja a 20 °C:

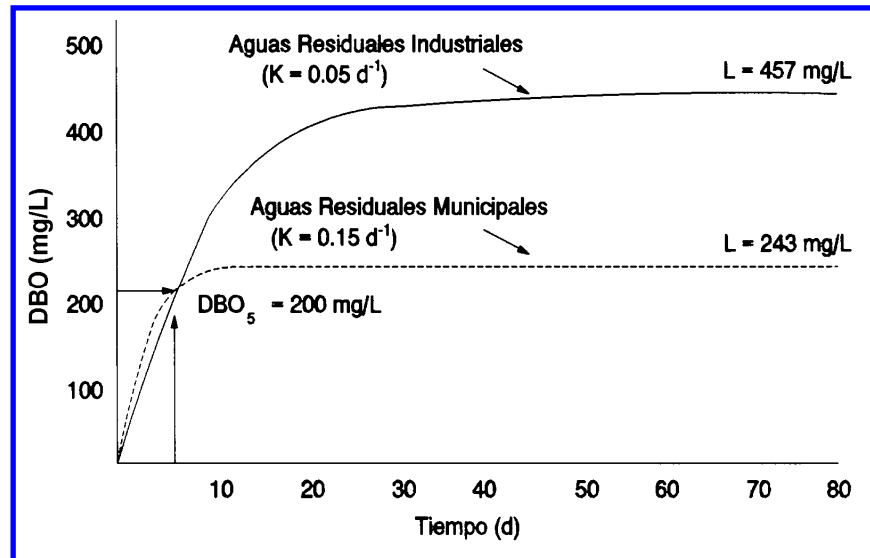


FACTORES QUE AFECTAN AL ENSAYO DE LA DBO

- Naturaleza del agua

- + Los compuestos orgánicos no todos son igualmente degradables.
- + Afecta al valor de la k (constante de DBO)

Muestra	k (20 °C) día ⁻¹
Agua residual bruta	0.35-0.60
Agua residual tratada	0.10-0.15
Agua de río poco contaminada	0.10-0.12



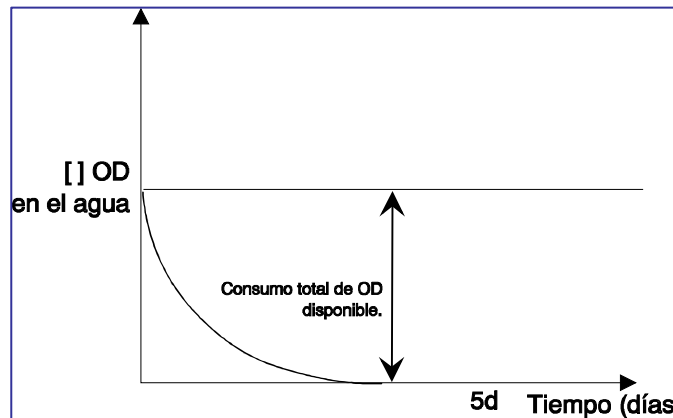
FACTORES QUE AFECTAN AL ENSAYO DE LA DBO

- Luz

Ensayo en oscuridad

- Dilución

- OD disponible puede llegar a agotarse antes de oxidar toda la MO
- Para la dilución se utiliza agua destilada, con OD a saturación (8-10 ppm).



- Microorganismos

- Necesidad de microorganismos capaces de metabolizar la MO
- Si no, es necesario realizar una siembra o inoculación.
- En ARD no suele ser necesario realizar siembras.

FACTORES QUE AFECTAN AL ENSAYO DE LA DBO

- Nutrientes (N, P)

- Las sustancias presentes en la prueba deben ofrecer un balance nutricional razonable.
- En el ensayo sólo debe ser limitante la presencia de MO.
- N o P deben estar en las proporciones necesarias → añadir

Proporciones necesarias:

$$N \geq \frac{DBO_5}{20} \quad P \geq \frac{DBO_5}{100}$$

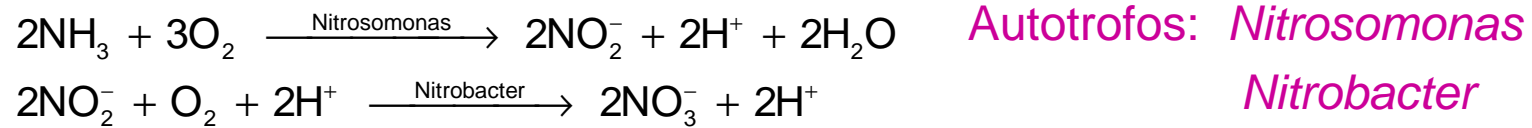
ARU → cumplen estas proporciones habitualmente.

ARI → suelen presentar problemas en este aspecto

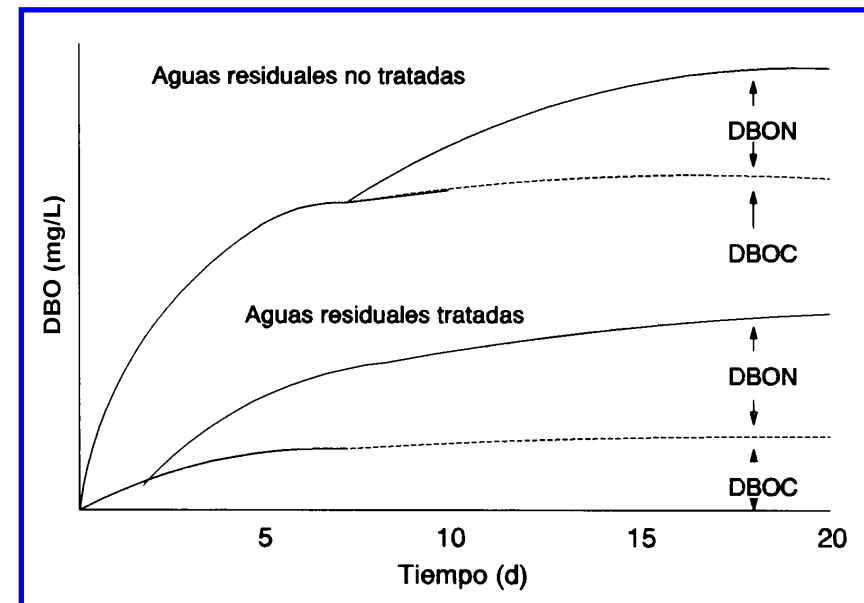
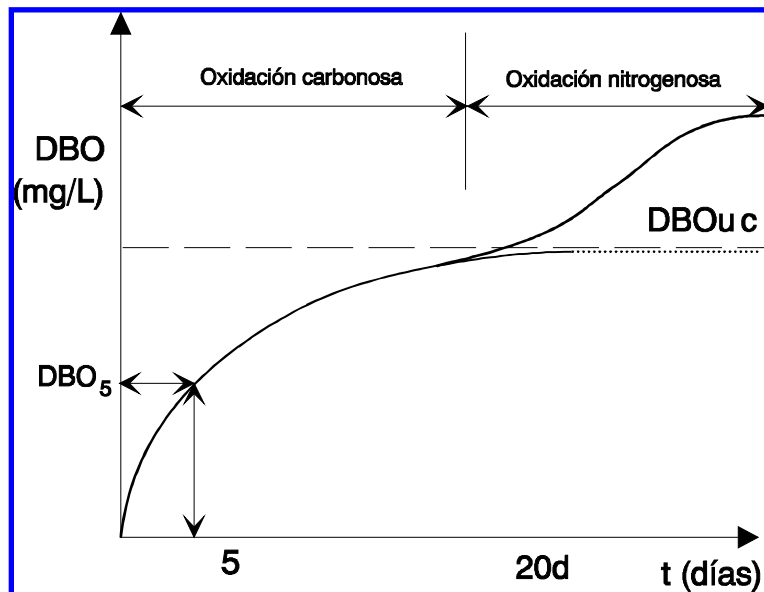
FACTORES QUE AFECTAN AL ENSAYO DE LA DBO

- Nitrificación

Demanda de oxígeno de los compuestos nitrogenados



- **ARU bruta** → velocidad de crecimiento de las bacterias nitrificantes es lenta → el efecto importante transcurridos **8 a 10 días**.
- **Efluentes tratada** → grandes cantidades de bacterias nitrificantes en el efluente → efecto de la nitrificación aparece en **1 o 2 días**



MEDIDA DE LA MATERIA ORGÁNICA (MO)

- DBO y DQO ensayos usados tradicionalmente
- DQO muy superior a DBO

$$\text{DQO/DBO} = 5 \rightarrow \text{ARI}$$

$$\text{DQO/DBO} = 1.5 \text{ a } 2 \rightarrow \text{ARD}$$

- El valor de DBO al cabo de 5 días (DBO5) → elegido como **valor estándar**
- La DBOu es, actualmente → mejor indicador de **la fuerza total** de AR
- Para cada tipo de agua: DBO final/ DBO5 = constante
- **DBO5 indica la fuerza relativa del agua residual.**

COT → uso generalizado debido a su fiabilidad y rapidez

EJEMPLOS DE MEDIDA DE LA MATERIA ORGÁNICA (M.O.)

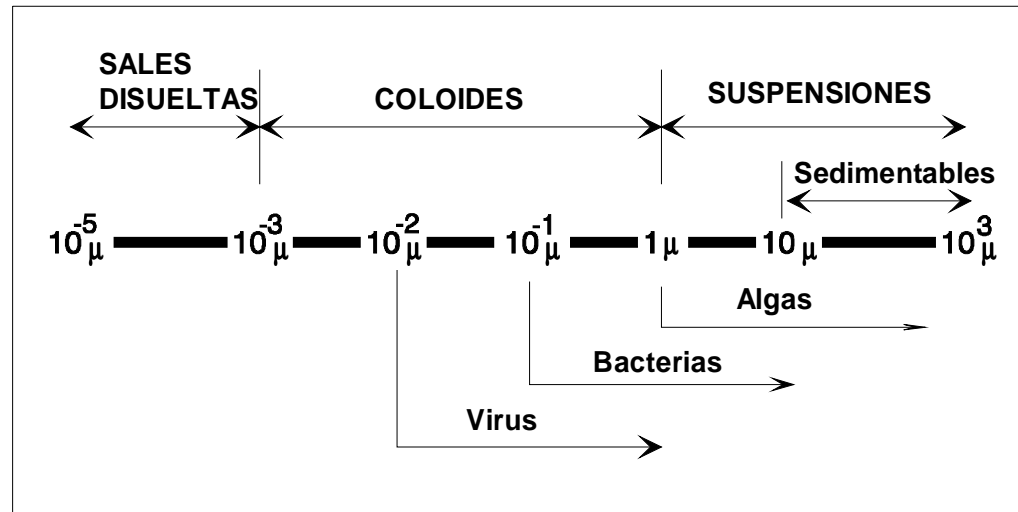
Compuesto (conc.: 1 M)	Carbono Total (g C/L)	C. Orgánico Total (g C/L)	D.Q.O. (g O ₂ /L)
Metano CH ₄	12	12	64
Metanol (CH ₃ OH)	12	12	48
Formaldehído (CHOH)	12	12	32
Ácido Fórmico (HCOOH)	12	12	16



Uso de filtración por papel y por membrana para la determinación de diferentes fracciones de la DQO de un agua residual

2.2.3. SÓLIDOS

Suelen estar como: sales disueltas (ST), coloides y Sólidos en Suspensión (SS).



TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN (mg/L)

- **Evaporación:** **ST** o el residuo seco. → Secado a T^a entre 103 y 105 °C
- **Filtrando:** **SS, SD**, → filtración por (0.45 y 1.2 μ m) y secado posterior
- **Sedimentando:** **SSs** → Cono Imhoff, durante un período de 1 hora (ml/L)
- **Calcinando:** **SF** (material inorgánico) y **SV** (material orgánico). **STF**, **SSV, SDF** → Calcinado a T^a de 550 °C \pm 50 °C

2.2.4. NITRÓGENO

Nitrógeno amoniacal (disuelta) y orgánica (disuelta y en suspensión).

N orgánico en suspensión → incorporado en la MO y en los microorganismos.

→ ARD/ARU puede contener hasta 60 mg/L de N amoniacal.

Nitrógeno oxidado (nitritos y nitratos) en el AR es casi siempre nula

2.2.5. DETERGENTES

Son sustancias tensoactivas sintéticas, que producen espuma en el agua

✓ B.A.S. o Sulfonato Alquilo Benceno → NO BIODEGRADABLES.

✓ L.A.S., o Sulfonato Alquilo Lineal → BIODEGRADABLES

MEDIDA

M.B.A.S., o "sustancias activas al azul de metileno"

✓ Fósforo → EUTROFIZACIÓN

COMPOSICIÓN TÍPICA DE UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD)

Composición típica de agua residual doméstica bruta (Metcalf-Eddy, 1985)

CONSTITUYENTE	CONCENTRACIÓN		
	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
SÓLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos (SD)	850	500	250
SD fijos (SDF)	525	300	145
SD volátiles (SDV)	325	200	105
En Suspensión (SS)	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SS volátiles SSV	275	165	80
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (ml/L)	20	10	5
DBO₅	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITRÓGENO (total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacó libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FÓSFORO (total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALINIDAD (como CO₃Ca)	200	100	50
GRASA	150	100	50

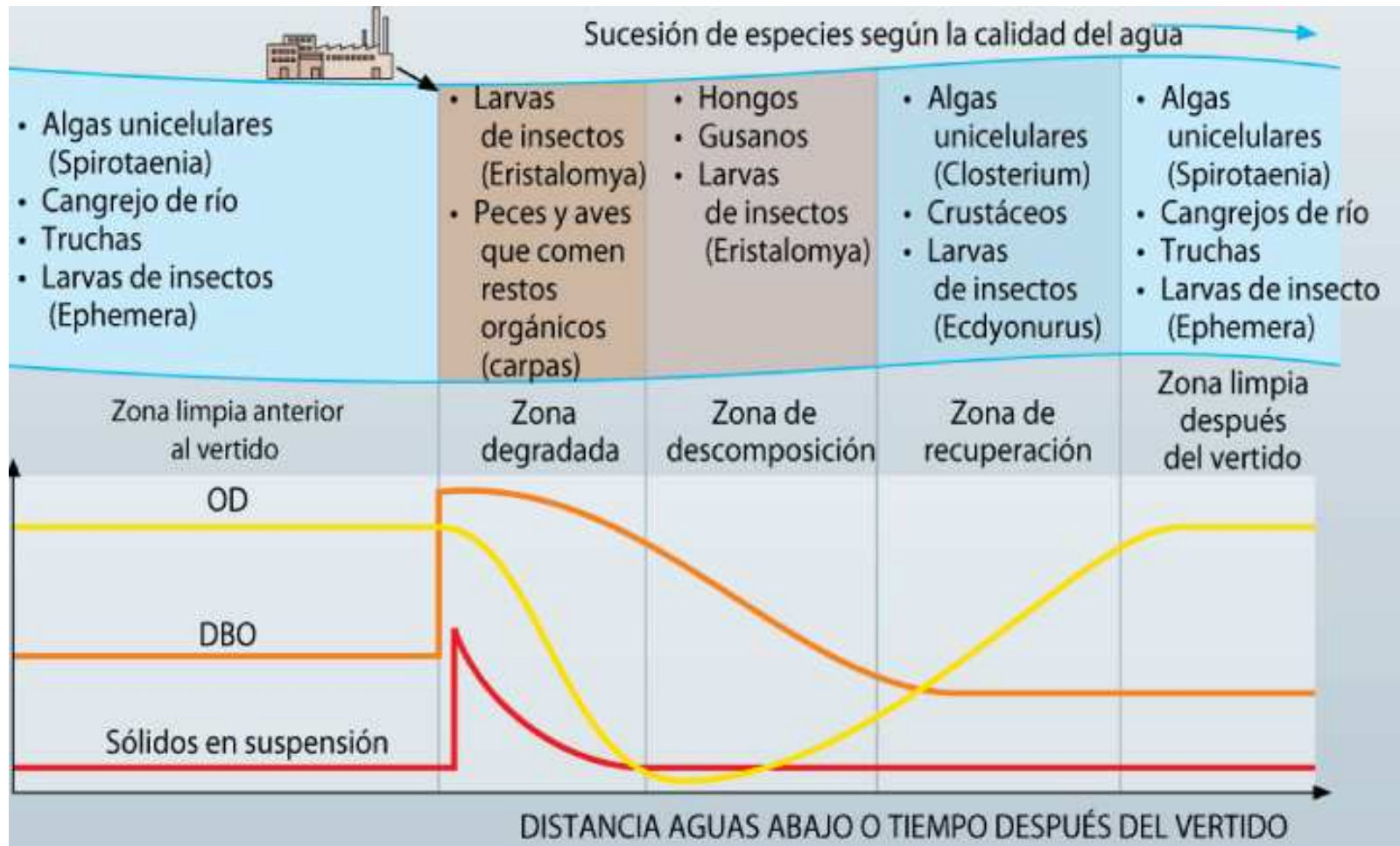
(todas la unidades en mg/L menos los Sólidos Sedimentables)

AUTODEPURACIÓN

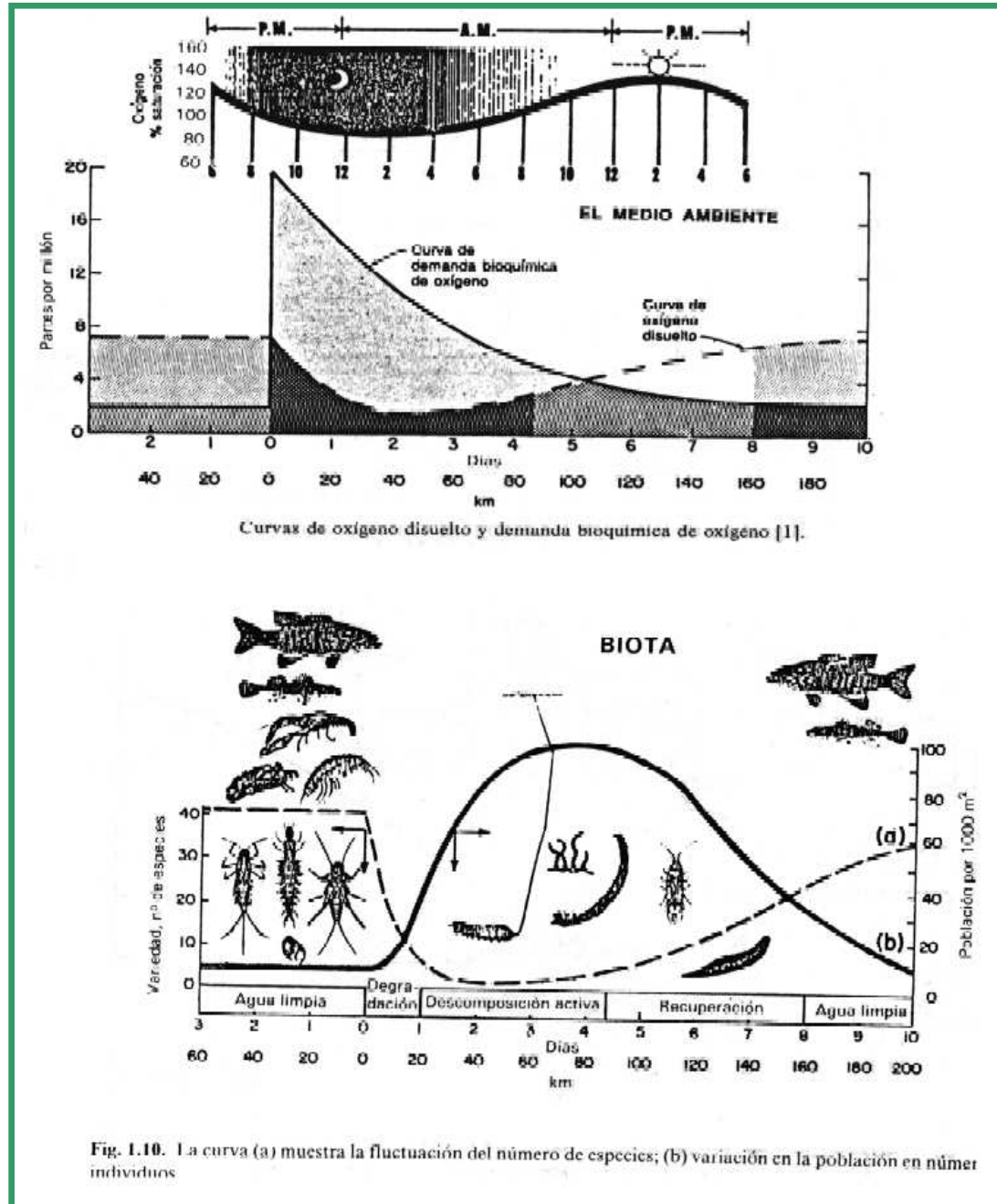
“**Conjunto de procesos físicos (sedimentación y flotación), químicos y biológicos, que se dan en un sistema fluvial para la eliminación del contaminante”**

- **Elementos flotantes o productos tensioactivos** → retenidos por la vegetación y el propio terreno de las orillas.
- **Elementos pesados** (densidad, vel. corriente) → depositados en el fondo del cauce, más en los remansos y menos en las zonas rápidas.
- **Especies ácidas y básicas** de los vertidos → se neutralizan debido a la homogenización.
- **Los microorganismos** de aguas o incorporados por los vertidos (bacterias, algas, protozoos, hongos, rotíferos, insectos, etc..) → utilizan y transforman la MO en materia viva.
- **Los compuestos orgánicos** → **mineralización** por acción de los microorganismos aerobios y anaerobios y facultativos.

AUTODEPURACIÓN



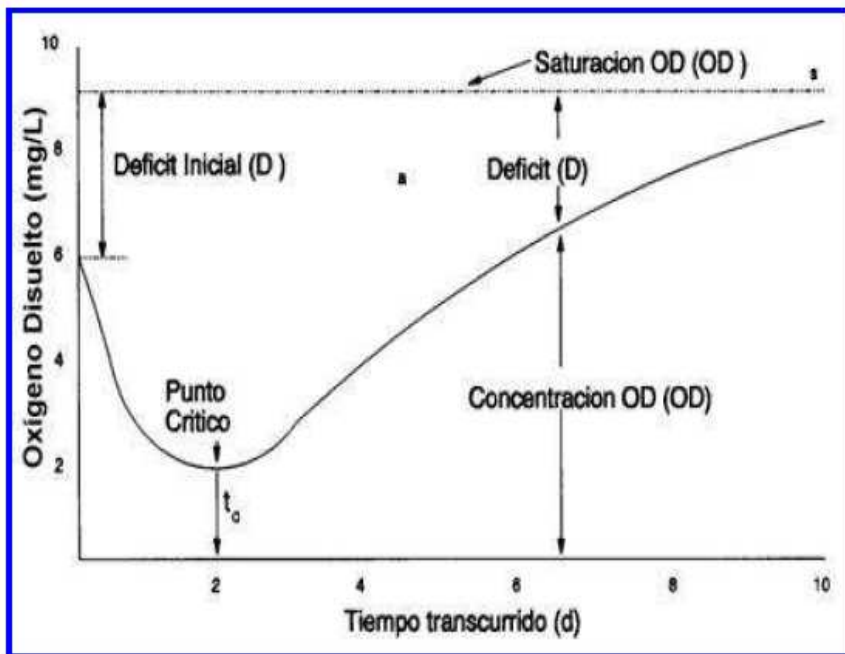
AUTODEPURACIÓN



AUTODEPURACIÓN

Los efectos de un determinado vertido se ven aguas abajo en el río, con descenso de los niveles de OD (**contaminantes de efecto diferido en el espacio**)

La curva de OD: considerando solamente la reducción inicial de OD (D_0), la DBOC y la reaireación atmosférica.



Déficit inicial (D_0): al comienzo de la curva de oxígeno disuelto (OD), es el punto donde la descarga se mezcla con el río.

$$D_0 = OD_s - OD_0 \quad OD_s = \text{oxígeno disuelto a saturación}$$

(temperatura del río)

OD_0 oxígeno después de la mezcla (río + AR)

D crítico (D_c): Se calcula para $dOD/dt = 0$ el punto crítico de OD, t_c , x_c
OD estándar (mínimo) → mayor impacto, se elige para proteger la mayor cantidad de especies en el río

$$OD \text{ río (mínimo)} = OD_{\text{río}} - D_c > 3 \text{ mg/L peces}$$

Control fijo: (L_0), (D_0)

Flujos bajos en el río reducen la dilución de las descargas que entran en el río causando altos valores de L_0 y D_0

EUTROFIZACIÓN

“Enriquecimiento, normal o anormal, de un agua en nutrientes (principalmente en nitratos y fosfatos)”

- Este fenómeno se va a producir principalmente en los lagos.
- Esta producido por **contaminantes de efecto diferido en el tiempo**
- Este fenómeno se va a producir principalmente en los lagos
- Sujeto a fenómenos de acumulación y a la aparición de ciertas condiciones en el medio acuático, que pueden ser interanuales
- Asociado a la **estratificación de los lagos**

EUTROFIZACIÓN

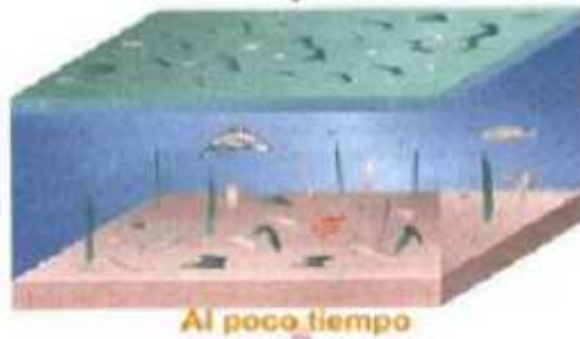
OLIGOTRÓFIA	EUTRÓFICA
<ul style="list-style-type: none">- Pobre en nutrientes- Poses aguas claras- La luz penetra bien- El crecimiento de las aguas es pequeño- Mantiene la vida con pocos animales	<ul style="list-style-type: none">- Se carga de nutrientes- Crecen algas → el agua se enturbia- Las bacterias descomponen los organismos muertos → consumen mas O₂- El agua está poco ventilada → se producen putrefacciones anaeróbicas- El fondo se llena de sedimentos → profundidad disminuye

EUTROFIZACIÓN

Paso de Oligotrófico a Eutrófico



- Agua clara
- La luz penetra
- Prospera la vegetación acuática sumergida



- Agua turbia
- La vegetación acuática sumergida queda en la oscuridad



- Agotamiento de oxígeno
- Muerte de vertebrados por sofoco

Tipos de eutrofización

a) Eutrofización natural

Es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes



a) Eutrofización de origen humano

Asociada a los vertidos humanos.

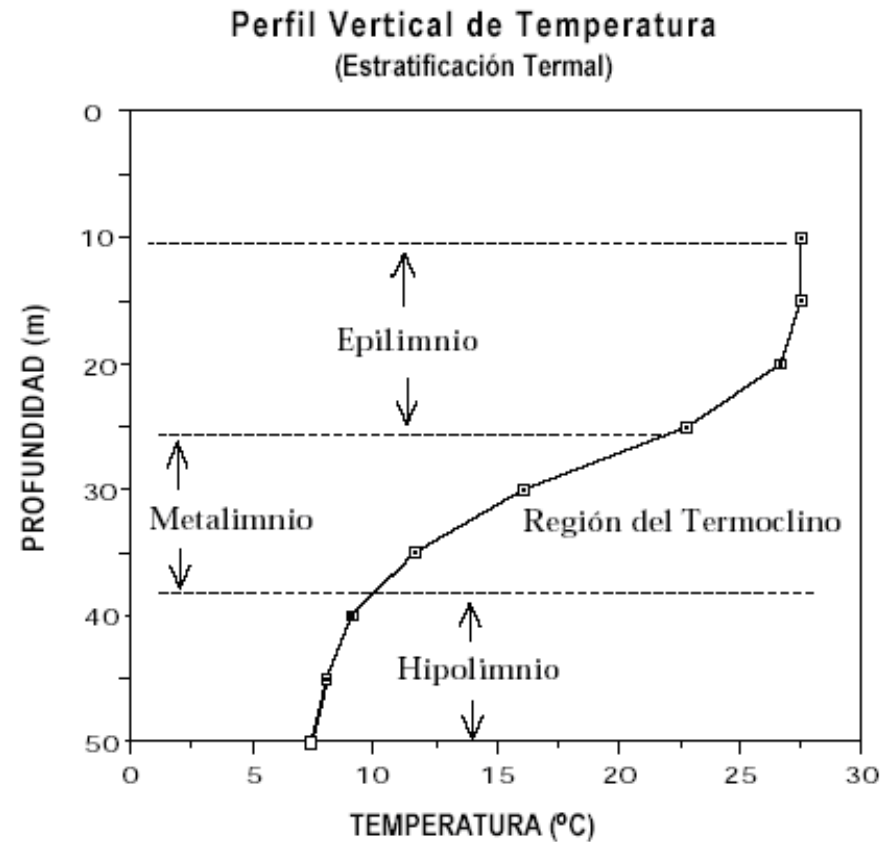
- Vertidos urbanos, llevan detergentes y desechos orgánicos
- Vertidos ganaderos y agrícolas, con fertilizantes, desechos orgánicos, fosfatos y nitratos



Estratificación de lagos y embalses

⇒ Efecto de la temperatura en la densidad y la estratificación termal

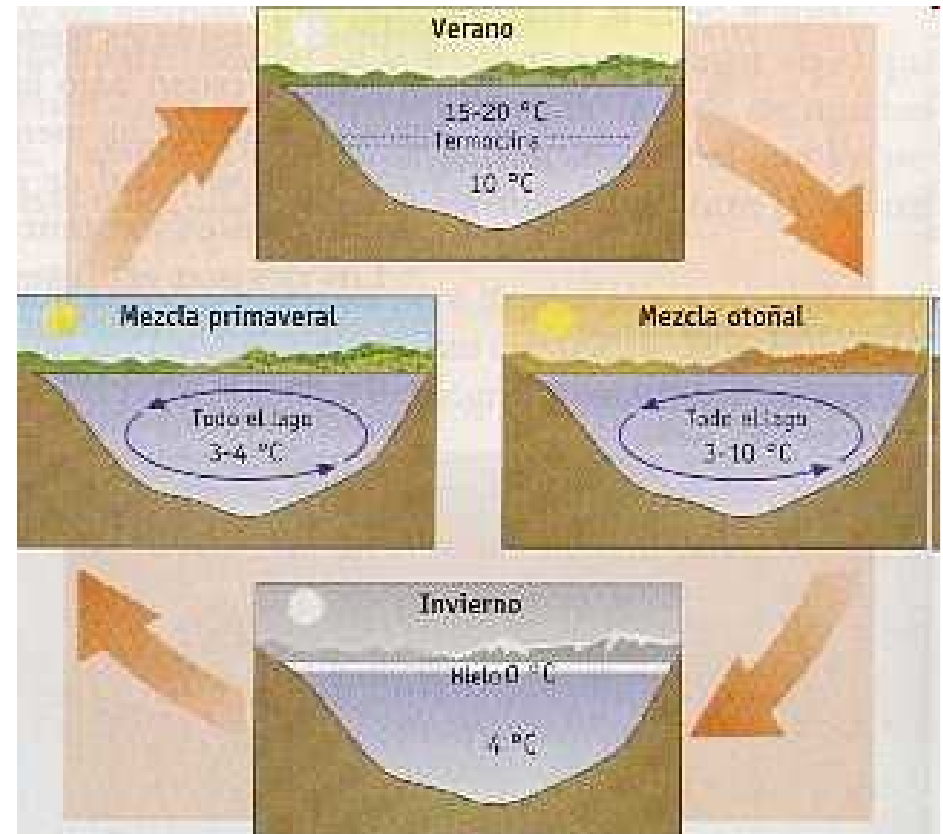
- Hipolimnio → aguas profundas a temperatura cte = 4 °C
- Termoclina → zona intermedia que actúa como barrera ante el intercambio de materiales.
- Epilimnio → agua superficial más caliente, cambios asociados a la temperatura aire.



Estratificación de lagos y embalses

Según la **estratificación de la masa de agua** y los posibles procesos de mezcla:

- **En invierno** no hay mezcla y el hipolimnio está muy estable → N y P altos
- **En el otoño** se produce la mezcla de todas las aguas y el N y P llega a la superficie → altas concentraciones en todo el agua.
- **En el cambio estacional** de primavera a verano, con abundancia de luz y temperaturas más altas → crecimiento desorbitado de algas (“floración de algas” o “bloom de algas”) → empezaría de nuevo el ciclo.



- **El año siguiente**, no existe apenas salida de nutrientes → la disponibilidad es mayor → el fenómeno se va agravando sino se eliminan las entradas

2.3 AGUAS RESIDUALES PECUARIAS

“Aguas residuales pecuarias son las que proceden de la actividad ganadera”.

TIPOS DE VERTIDOS

- **VERTIDOS DIRECTOS**: Intensiva. Localizados, constantes y concentrados.
- **VERTIDOS DIFUSA**: ganado libre, transporte asociado a los fenómenos hidrológicos (escorrentía superficial, subsuperficial, etc.) y su **control es difícil**. *Uso del estiércol*

CARACTERÍSTICAS

- Similares a las ARD
- Contaminación bacteriológica: Coliformes fecales/ estreptococos fecales menor o igual que **0,4 - 0,6** (varía según la especie)
- El volumen de agua **menor** que en el caso de ARD
- **Mayores concentraciones** de MO o de SS → condicionan los sistemas de **CONDUCCIÓN, TRANSPORTE, TRATAMIENTO DE LAS AGUAS**

2.4. AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN AGRÍCOLA

ORIGEN

- Arrastre, por las aguas de lluvia y las de riego, de productos usados en la agricultura.
- Escorrentía superficial, subsuperficial, subterránea, etc → **CONTAMINACIÓN** de acuíferos, ríos y embalses.

TIPOS

→ USO DE ABONOS

Orgánicos: Abonos, fertilizantes o acondicionadores (compost procedente RSU), estiércol, fangos de estación depuradora de ARU
materia orgánica, gérmenes patógenos, nitrógeno, fósforo

Inorgánicos: Fertilizantes (N, P, K, etc.). **nitrógeno y fósforo**

- **USO DE PESTICIDAS** (insecticidas, rodenticidas, plaguicidas, herbicidas, fungicida.): **Órgano - clorados:** DDT, aldrín,
Órgano - fosforados: Malatión,
Órgano – metálicos

BIOACUMULABLES

2. 5. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales proceden de la variada actividad industrial.

Aguas de proceso

Aguas de limpieza

Aguas asimilables a domésticas

Aguas de refrigeración y calefacción

* **Alta variedad**

* **Alta variabilidad** → volúmenes y caudales
continuos o periódicos

CONTROL → **DIFÍCIL** → conocer tipo de industria, sus procesos y costumbres

PRINCIPALES CONTAMINANTES DE ARI

- ✓ **Materia orgánica:** disuelta, ARI (80%), ARD (20% - 40%).

1.000 y 100.000 mg/L de DBO5

N y el P menor cantidad ARD.

DQO/DBO5 >2.5 → problemas con los tratamientos biológicos.

papeleras, azucareras, mataderos, fábricas de curtidos, de conservas, lecherías y sus subproductos, fábricas de alcoholes, levaduras, de aceites, de bebidas, lavanderías, etc.

- ✓ **Temperatura:**

ARI central térmica, aguas residuales de refrigeración, industria alimentaria

- ✓ **Productos químicos inorgánicos.**

- **tóxicos**, como metales pesados (Hg, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb) de la **industria metalúrgica** o cianuros (CN⁻). bioacumulables.

- **Ácidos y bases** → **industria química**.

- **sales** → **calderas o sistemas de refrigeración**.

- **Aceites e hidrocarburos** → **maquinaria y de los talleres**.

- **contaminación radiactiva** → **centrales nucleares**

PRINCIPALES CONTAMINANTES DE ARI

✓ **inorgánicos.**

industria de limpieza y recubrimiento de metales, las explotaciones mineras y salinas, las químicas, etc.

✓ **materia orgánica como inorgánica**

refinerías y petroquímicas, coquerías y fábricas de textiles

✓ **sólidos en suspensión**

Lavaderos de carbón y mineral, instalaciones de corte y pulido de mármoles, e instalaciones de laminación en caliente y colada continua

✓ **metales pesados**

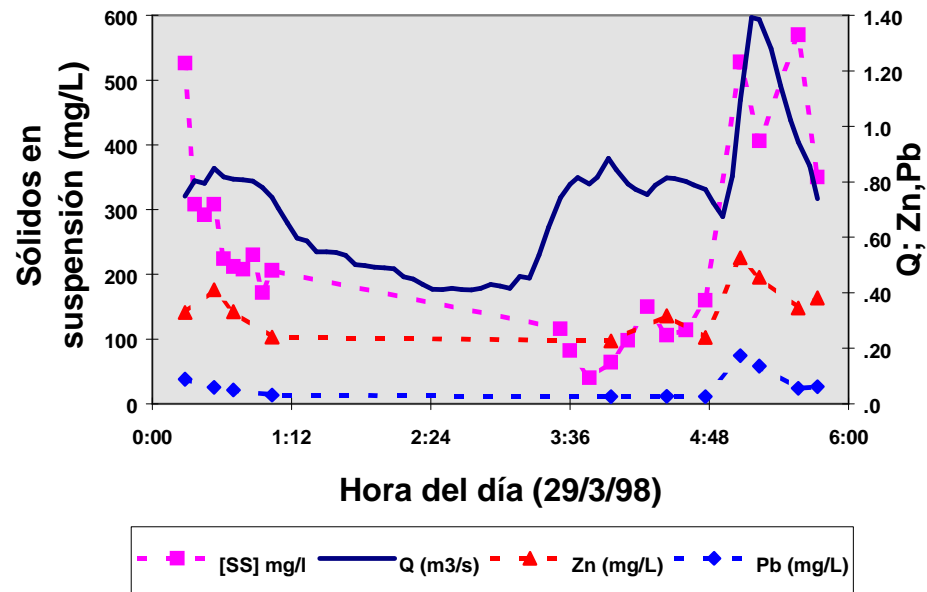
- **Minería:** As, Cu, Cd, Pb, Mn, Hg.
- **Tratamiento de superficies:** Cd, Cr, Cu, Ag, Zn.
- **Industria en general:** B, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Zn, Ni.
- **Aguas residuales urbanas:** Cu, B, Al, Fe, Pb, Zn, Ni.

2.6. AGUAS DE ESCORRENTÍA URBANA

- carácter intermitente → DIFUSA

- **Los caudales mayores:** en un área urbanizada suelen ser del orden de 50 a 200 veces superiores en volumen a los de vertidos domésticos, comerciales e industriales.

- aguas NO LIMPIAS



2.7. AGUAS RESIDUALES URBANAS (A.R.U.)

Son las aguas que circulan por las redes de alcantarillado de los núcleos urbanos

- aguas residuales domésticas (ARD)
- de aguas residuales industriales (ARI)
- aguas de infiltración → 0.01 y 1.0 m³/mm.km
- de aguas de escorrentía superficial urbana → **escorrentía**
reboses de RAU

* **redes unitarias:** mismo conducto para todas las aguas citadas.

* **redes separativas :** se separan las aguas pluviales del resto.

A la red de alcantarillado llega del orden del 80 % de las aguas del abastecimiento .

CAUDALES Y CARGAS DE CONTAMINACIÓN EN LAS A.R.U

Caudales de ARU

La medida fundamental al proyectar las instalaciones de tratamiento y evacuación.

Estimación del caudal: a partir del consumo de agua potable

- Según dotación: 250 L/hab.d (12000-50000 hab)
- Variaciones de caudal: horarias, diarias, semanales
- Caudales mínimos, máximos
- Fluctuaciones de volumen: factores punta
- Infiltraciones y conexiones incontroladas, que penetran en la red de alcantarillado → 0,01 y 1 m³/d.mm.km

CAUDALES Y CARGAS DE CONTAMINACIÓN EN LAS A.R.U

Estimación a partir del consumo de agua potable (L/hab.día)

Habitantes	Dotación (L/hab*día)
< 1000	100
1000-6000	150
6000-12000	200
12000-50000	250
50000-250000	300
> 250000	400

Caudal medio diario:

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

Caudal máximo (caudal punta) se podría calcular:

$$Q_{\text{max}} = Q_m \left(1,15 + \frac{2,575}{Q_m^{1/4}} \right)$$

Q_m = caudal medio en m³/día

$$Q_{\text{miz día}} = C_{md} \cdot Q_{\text{medio}} \quad \text{donde } C_{md}: \text{ coeficiente de demanda máxima diario (1.2-2.0)}$$

$$Q_{\text{miz hora}} = C_{mh} \cdot Q_{\text{miz día}} \quad \text{donde } C_{mh}: \text{ coeficiente de demanda máxima horaria (1.4-3.0)}$$

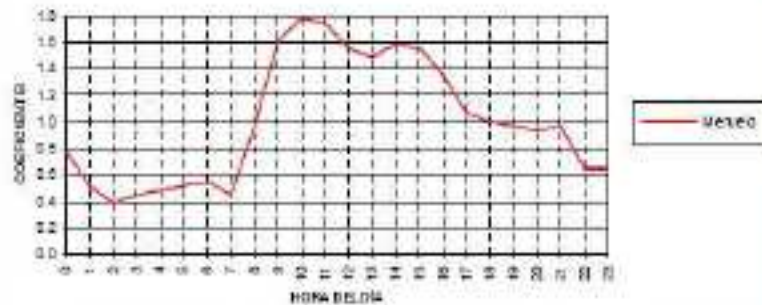
CAUDALES Y CARGAS DE CONTAMINACIÓN EN LAS A.R.U

Cargas contaminantes de ARU

En ARU, sin una gran incidencia de la industria, se pueden adoptar las siguientes dotaciones de contaminación, en g/h/d:

		DBO ₅	SS
RED SEPARATIVA	Zona residencial	50	50
	Núcleo de población	60	75
RED UNITARIA	Núcleo de población	75	90

COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE CAUDALES SOBRE EL Q_{medio} DURANTE UN DÍA



→ Evolución similar de caudales y concentraciones de contaminantes de ARU, a lo largo del día

→ Coeficientes puntas de valor 1.5 en las concentraciones de DBO5

COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE DBO SOBRE LA DBO₅media DURANTE UN DÍA

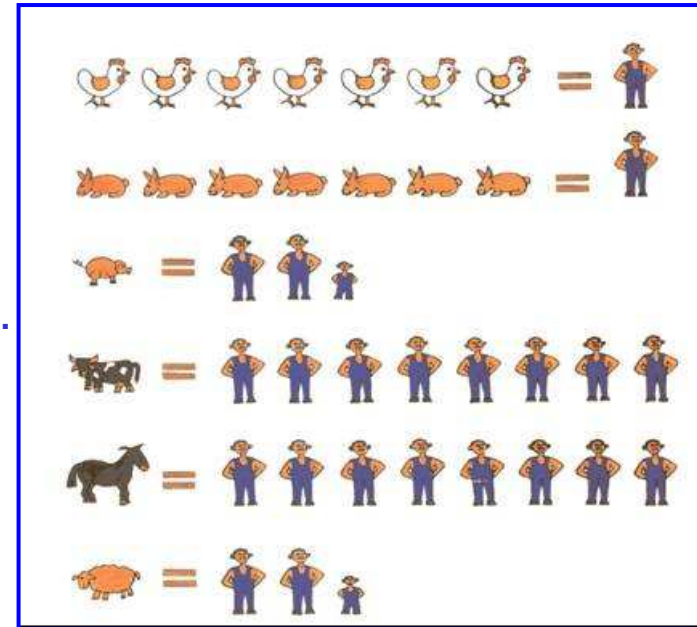


→ Valores puntas más marcados en poblaciones pequeñas

HABITANTE EQUIVALENTE (h-e)

Objetivos:

- evaluar la carga contaminante que llega al EDAR procedente de industrias, granjas, etc.
- trabajar con unidades homogéneas a la hora de estimar cargas de contaminación



Directiva 91/271/CEE

1 h-e (equivalente habitante): “la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO₅) de 60 g de oxígeno por día”.

MOPTMA → cargas contaminantes utilizadas como orientativas

DBO₅ de 50-75 g/hab.día y SS de 50-90 g/hab.día