



UNCUYO



FACULTAD DE
INGENIERÍA

Fundamentos Ambientales en Ingeniería

UNIDAD II:

EL AGUA COMO FACTOR AMBIENTAL. CONTAMINACIÓN.

Dr. Prof. Ing. Civil Juan Pablo Ojeda

FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA

2A AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

El agua en la Tierra

71 % de la superficie terrestre está cubierta con agua

Solo 2,5% del agua es dulce.

De ella, el 69% se encuentra en glaciares y casquetes polares, el 30% en forma subterránea y solo el 1,2% en forma superficial, tanto líquida como permafrost.

La calidad limita su utilización, por esto se deben tener en cuenta parámetros físicos, químicos y biológicos.

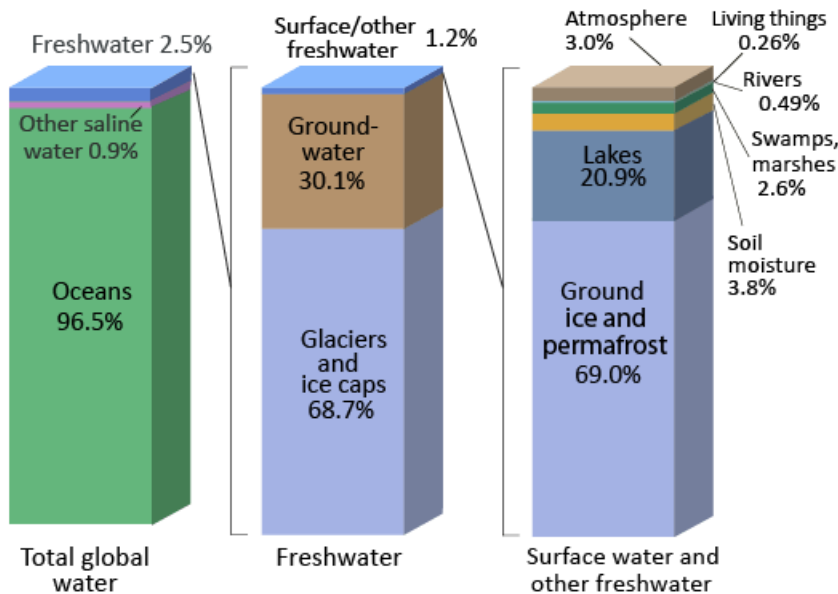
Fuente: U.S. Geological Survey

<http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>



Datos generales del agua en la Tierra

Where is Earth's Water?

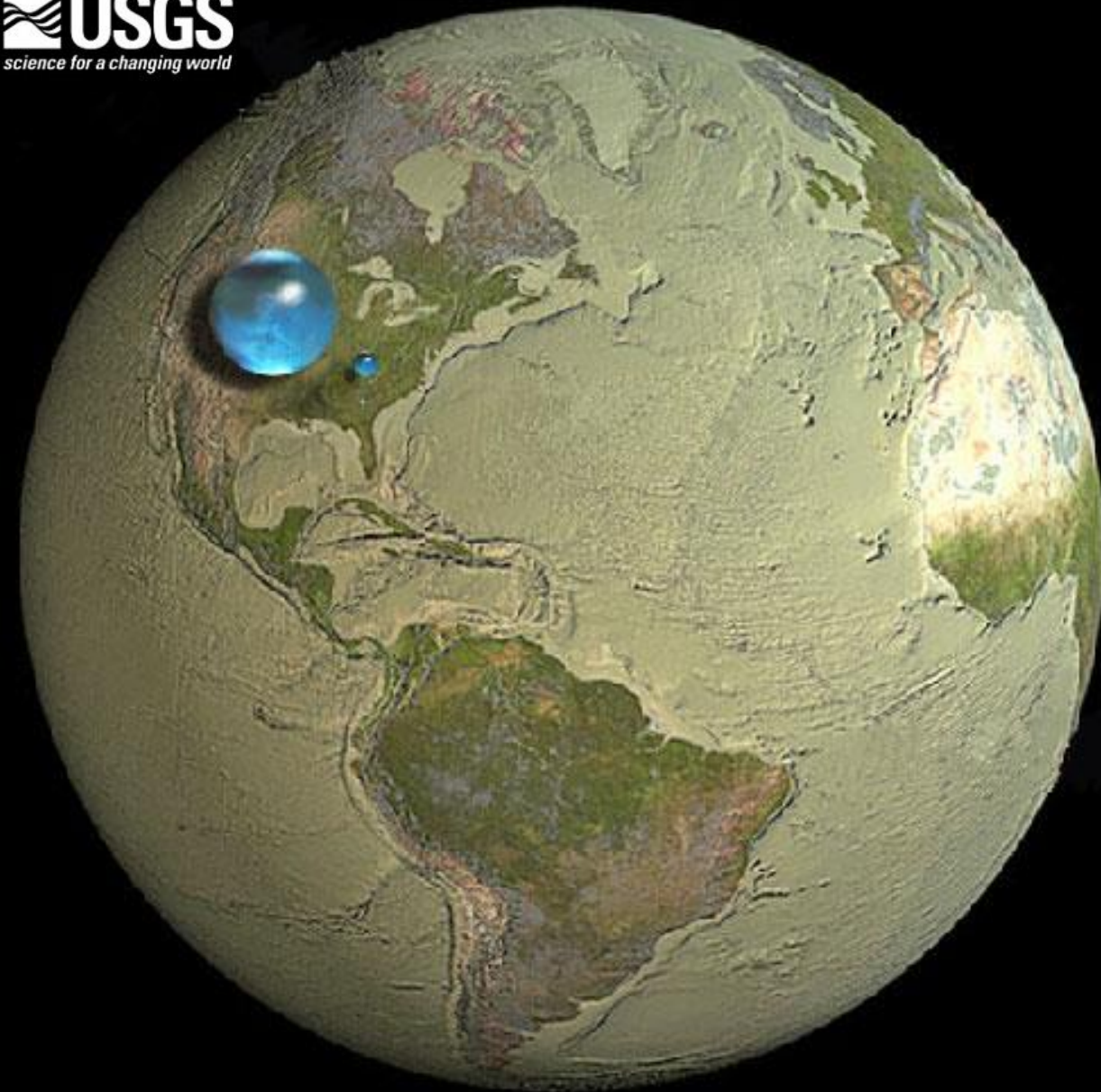


Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*.

NOTE: Numbers are rounded, so percent summations may not add to 100.

Fuente: U.S. Geological Survey

<http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>



Water in, on, and above the Earth



- Liquid fresh water
- Freshwater lakes and rivers

Howard Perlman, USGS
Jack Cook, Adam Nieman
Data: Igor Shiklomanov, 1993

Propiedades y características del agua

Propiedades físicas/organolépticas

Organoléptico/a: cualidad de la materia que se puede percibir con los sentidos, como el **sabor**, el **olor** y el **color**

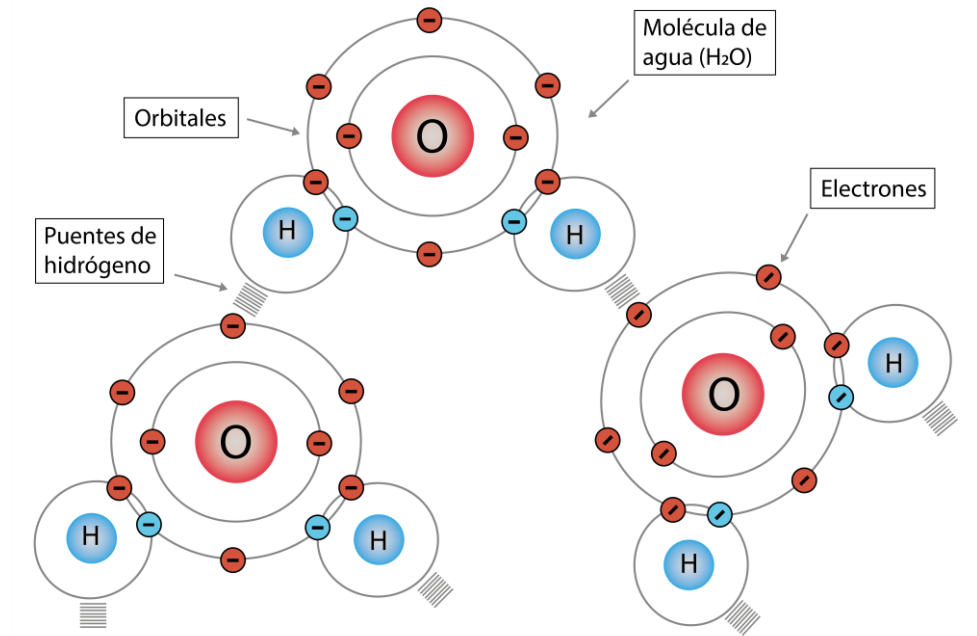
- **COLOR:** generado por minerales disueltos
- **CONDUCTIVIDAD:** producida por la presencia de sales y iones disueltos que permiten el paso de la electricidad.
- **OXÍGENO DISUELTO:** indica la cantidad de gas oxígeno disuelto.
- **TURBIDEZ:** por presencia de partículas en suspensión.
- **OLOR:** por presencia de microorganismos o compuestos químicos en descomposición.
- **SABOR:** por presencia de microorganismos y sustancias minerales.
- **TEMPERATURA:** varía naturalmente en función de la exposición al aire y al sol.
- **CONTENIDO DE SÓLIDOS:** presencia de materia orgánica.



Fuente: <https://www.contextoganadero.com/internacional/unos-2000-millones-de-personas-utilizan-agua-potable-con-materias-fecales>

Propiedades Químicas

El agua es una sustancia líquida, transparente, sin olor ni sabor, formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), y es indispensable para la vida en la Tierra.



- **ALCALINIDAD:** capacidad del agua para aceptar los iones H^+
- **METALES PESADOS:** Pb, Cu, Zn, Sn
- **pH (ACIDEZ-ALCALINIDAD):** va del 0 al 14, con un valor neutro de 7. El agua pura es neutra (pH 7), el agua potable debe estar entre 6,5 y 8,5.
- **DUREZA:** provocada por la acumulación de sales de calcio y magnesio (Ca^{2+} Mg^{2+}).

El descubrimiento de la composición química del agua

Henry Cavendish fue un físico y químico, de la aristocracia británica del siglo XVIII. En 1766 descubrió el hidrógeno al hacer reaccionar zinc con ácidos, y lo llamó "aire inflamable" al notar que ardía con facilidad. Años más tarde realizó un experimento donde quemó este gas en un recipiente cerrado con oxígeno y observó que en las paredes se formaba agua. Así demostró por primera vez que el agua no era un elemento indivisible de la naturaleza como se creía hasta el momento. También calculó la constante G mediante su balanza de torsión o aparato de Cavendish.

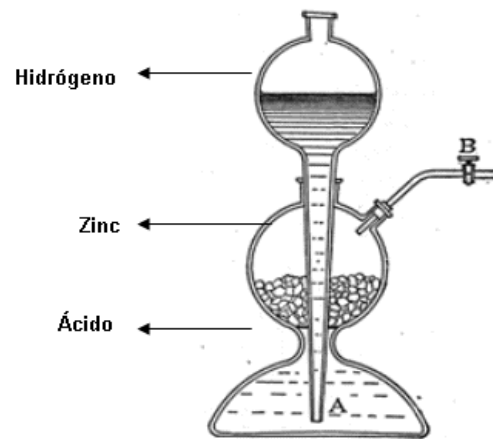
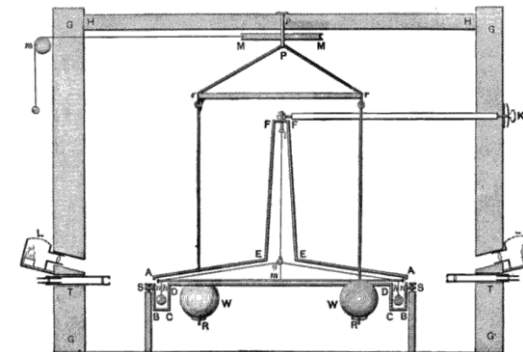
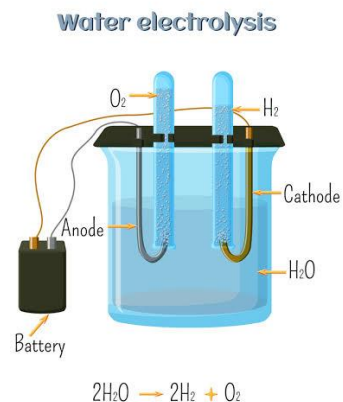


Fig. 15



FÓRMULA DE LA
LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

constante de gravitación universal

masa del cuerpo 1

masa del cuerpo 2

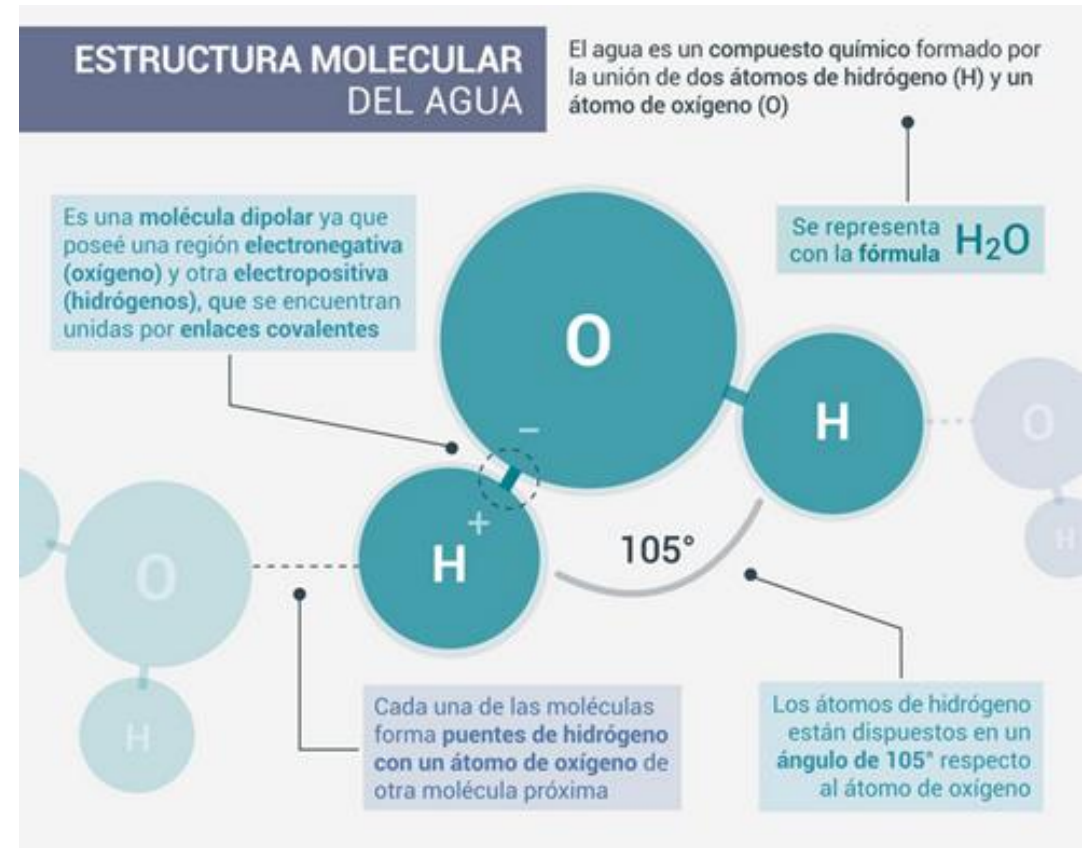
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

fuerza de atracción

distancia entre cuerpos

Molécula del agua

La molécula de agua tiene una estructura no lineal. La distribución de los átomos y la electronegatividad del oxígeno generan un dipolo que da polaridad al agua. Esta característica hace que el agua tenga una buena conductividad eléctrica, sea un solvente natural de sustancias polares y forme enlaces de hidrógeno (intermoleculares, fuerzas de Van der Waals).



El agua y la vida:

El agua es un medio donde habitan miles de especies

También es componente vital y alimento de las formas de vida terrestres.

Es recurso para el saneamiento (APyS), la higiene y el consumo.

Puede ser un medio de transmisión de enfermedades.

Es un solvente y medio de transporte de efluentes urbanos e industriales.

Es necesaria para la supervivencia vegetal, tanto en forma de lluvia y napas como mediante el riego agrícola, de espacios verdes y forestales.

Es usada en recreación y turismo humano.



El ciclo hidrológico

Fuente: U.S. Geological Survey
<http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>



El agua circula en un ciclo continuo. Sube a la atmósfera como vapor de agua proveniente tanto de la **transpiración** de las plantas, como de la **evaporación** del agua de los suelos, ríos, lagos, etc. y particularmente de los océanos, esto debido a la acción constante de la radiación solar; todo este vapor queda retenido en las nubes, que al enfriarse se **condensa** alrededor de partículas de polvo formando pequeñas gotas que se **precipitan** a la superficie terrestre como lluvia, granizo, nieve, aguanieve o también como neblina.

El agua que llega a la superficie de la Tierra puede tomar varias rutas: regresar directamente o por escurrimientos al mar, quedar contenida en lagos y estanques (aguas quietas), así como en ríos y arroyos (aguas corrientes); o también puede filtrarse en el suelo formando aguas subterráneas.

Recursos hídricos

Los recursos hídricos se refieren al agua disponible o que se puede usar en cantidad y calidad suficientes para satisfacer las necesidades humanas y mantener los ecosistemas.

1. Agua líquida:

1. **Ríos:** son corrientes naturales de agua, continuas, que fluyen por gravedad en la superficie terrestre. Se nutren de la lluvia, el deshielo de montañas, manantiales subterráneos o de otros ríos menores.
2. **Lagos y lagunas:** son acumulaciones de agua dulce estancada o que fluye lentamente.
3. **Aguas subterráneas:** depósitos de agua bajo la superficie.

2. **Agua sólida:** es aproximadamente el 1.75% de toda el agua del planeta, pero casi el 69% del agua dulce del mundo.

3. **Agua gaseosa:** si bien es tan solo el 0.001% de toda el agua del planeta, equivale a unas siete veces todos los ríos del mundo juntos.



Fuentes de provisión de agua

- **Fuentes superficiales:** ríos, lagos, lagunas y embalses artificiales que captan agua de lluvia o deshielo.
- **Fuentes subterráneas:** aguas libres (freáticas), acuíferos confinados y las semi-confinadas.
- **Fuentes pluviales:** sistemas de recolección directa de agua de lluvia en techos y otras superficies y cisternas.
- **Fuentes marinas:** el agua de mar debe pasar por procesos de desalinización para volverse apta para el consumo.
- **Fuentes del aire:** aprovechan la humedad ambiental en forma de vapor de agua y gas. En los desiertos, donde las lluvias y los ríos son casi inexistentes, capturar el agua suspendida en el aire puede ser vital.
- **Aguas residuales regeneradas:** se trata de aguas con un uso previo que reciben tratamiento avanzado para reutilizarse en riego o industria.



2.C Clasificación de los lagos

Lagos glaciares

Se forman en lugares donde antiguamente hubo glaciares.

Lagos tectónicos

Ocupan depresiones generadas por fenómenos relacionados con el movimiento (fallas, sistemas de fallas, cabalgamientos) y con la deformación (pliegues) de las [rocas](#) y de los estratos rocosos.

Lagos volcánicos

Se producen en los cráteres volcánicos.

Lagos cársticos

Los lagos cársticos se encuentran en cavidades subterráneas por la acción química de disolución de rocas calcáreas o yesos.

Lagos de llanura o lagunas

Se forman en zonas de poca depresión con agua de manantiales o por desbordamiento de un río.

Lagos costeros

Los lagos costeros se forman como consecuencia del aislamiento de agua marina debido a la presencia de bancos de arena próximos a la costa.

Lagos de barrera

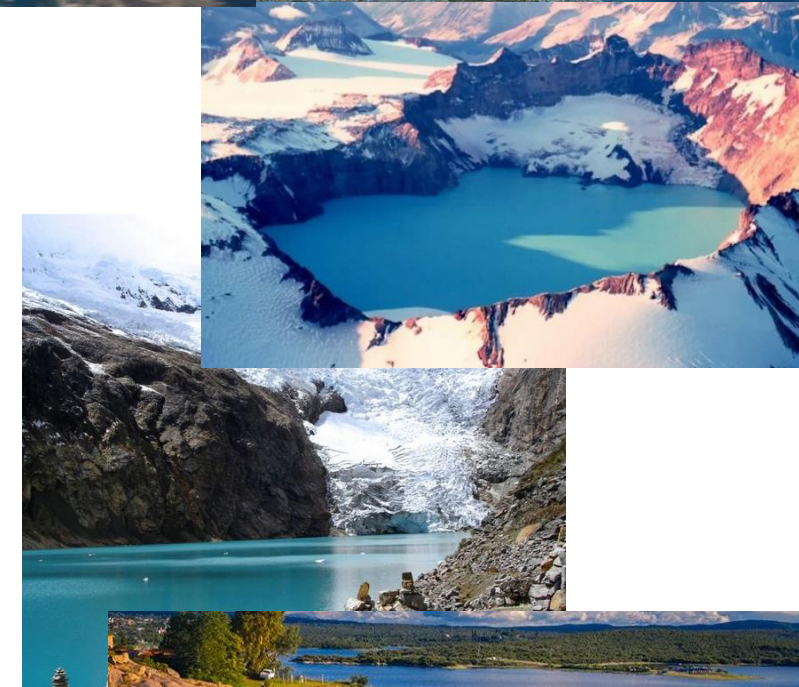
Los lagos de barrera son causados por desprendimientos, depósitos fluviales o glaciares, o coladas de lava que cierran un valle o un tramo de valle.

Lagos relictos

Son antiguas cuencas marinas aisladas en el interior de continentes (mar Caspio).

Lagos artificiales

Los lagos artificiales deben su origen a barreras creadas por los humanos (presas) con fines industriales o para la captación y almacenamiento de agua, producción hidroeléctrica, etc.



¿Qué hay en el agua?

Categoría	Ejemplos Comunes	Descripción
Minerales e Iones (Inorgánicos)	Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Sodio, Cloruros, Sulfatos	Proviene del contacto con rocas y suelos. Determinan la dureza del agua y su conductividad eléctrica.
Gases Disueltos	Oxígeno (O_2), Dióxido de carbono (CO_2), Nitrógeno (N_2)	Absorbidos de la atmósfera o de procesos biológicos. El oxígeno disuelto es vital para la vida acuática.
Compuestos Orgánicos	Ácidos húmicos, restos vegetales, pesticidas	Material derivado de la descomposición de seres vivos o introducido por la actividad humana.
Sólidos en Suspensión y	Arcillas, limos	Partículas que no se disuelven. Causan la turbidez del agua y dictan los tratamientos de potabilización.
Seres vivos (micro y macro)	Microorganismos, plantas, animales	Los microorganismos pueden ser nocivos o benéficos para el ecosistema y el aprovechamiento del recurso.
Contaminantes.... (Unidad 2B y C)		



Índices de calidad de agua y parámetros

Conceptos:

Un índice es un indicador que resume información compleja en una sola cifra, más fácil de interpretar. Permite medir, comparar y evaluar la evolución de un fenómeno a lo largo del tiempo o entre diferentes lugares. Cuidado, la síntesis da origen a una pérdida de información con respecto a los resultados analíticos originales.

Un parámetro es una variable o propiedad medible.

Índices de calidad del agua:

WQI (Water Quality Index / Índice de Calidad del Agua)

Mide el estado general del agua superficial o subterránea comparando varios parámetros con normas oficiales, como oxígeno disuelto, pH, turbidez, temperatura y coliformes fecales.

Escala: Generalmente va de 0 a 100, donde valores altos indican agua pura y óptima, y valores bajos reflejan alta contaminación.

ISQA (Índice Simplificado de la Calidad del Agua)

Es una versión más directa del WQI creada para agilizar cálculos de monitoreo ambiental rápido. Parámetros: temperatura, demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y conductividad.

Escala: también va de 0 a 100.

Indicadores de desempeño para uso sustentable del agua

El agua es escasa. Existe una demanda y una oferta. Es ideal que exista un sistema que gestione ambas. En Mendoza se adoptó el enfoque de gestión sobre la oferta, priorizando usos esenciales. Hoy se avanza en la gestión de la demanda: Eficiencia en la red, reducir pérdidas en las cañerías, medición del consumo, flexibilización del riego agrícola, riego tecnificado.

Los indicadores para el uso sustentable del agua miden qué tan eficiente, justa y segura es la administración del recurso hídrico, evaluando tanto la disponibilidad natural como el impacto del consumo humano e industrial.

Ejemplos: consumo, cobertura de redes de agua potable, cobertura de redes cloacales, porcentaje de reutilización, etc.

El ODS 6: Agua limpia y saneamiento, busca garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todas las personas antes del año 2030.



Balance hídrico

El balance hídrico es la contabilidad del agua, mide la diferencia entre lo que ingresa y lo que se utiliza y con ello las reservas para determinar o predecir la disponibilidad real de agua en una cuenca o región.

Tipos de usos:

Consuntivos (el agua se consume): Riego agrícola (se infiltra y evapotranspira), agua potable urbana, algunos procesos industriales como bebidas, alimentos, y aquellos que implican la evaporación del agua.

Usos no consuntivos (el agua se devuelve): generación hidroeléctrica, procesos de enfriamiento.



FUNDAMENTOS DEL AMBIENTE EN INGENIERÍA

2B DEFINICIÓN Y TIPOS DE CONTAMINACIÓN

Efluentes domésticos e industriales

Los efluentes domésticos son aguas residuales generadas en los hogares. Incluyen aguas de baños, cocinas y otros usos domésticos. Estos efluentes contienen una variedad de sustancias contaminantes, como grasas, detergentes, restos de comida, productos químicos y microorganismos patógenos.

Los desagües pluviales no son parte de los efluentes.

Los efluentes industriales son las descargas residuales derivadas de los vertidos originados por distintos usos del agua industrial. La composición de estos efluentes varía muy fuertemente con el tipo de industria, el proceso que se lleva a cabo, la existencia de unidades de pretratamiento, la época del año, el correcto funcionamiento de las maquinarias, etc.

La gestión adecuada de los efluentes busca prevenir la contaminación del ambiente y proteger la salud pública.



Compuestos contaminantes del agua

❖ Compuestos órgano halogenados: contiene uno o más átomos de un halógeno (flúor, cloro, bromo o yodo) unidos covalentemente al carbono.

- Compuestos organoclorados: se caracterizan por su extrema persistencia ambiental y bioacumulación (como el DDT, Dioxinas y Furanos)
- Organofluorados: PFAS (químicos artificiales conocidos como químicos eternos debido a que no se descomponen fácilmente en el medio ambiente, antimanchas, antiadherentes), CFC (Gases de refrigeración), Teflón.
- Organobromados: PBDE (retardantes de llama), bromuro de metilo: fumigante de suelos agrícola altamente tóxico.
- Organoyodados: Iodometano, medios de contraste para resaltar órganos en tomografías.

❖ Sustancias cancerígenas o mutagénicas

❖ Hidrocarburos: son neurotóxicos y afectan sistema respiratorio y digestivo.

❖ Cianuros: es un asfixiante químico celular.

❖ Arsénico: es un metaloide. En su forma inorgánica comúnmente en el agua subterránea combinado con oxígeno, cloro o azufre. Produce lesiones en la piel, intoxicación y cáncer.

❖ Biocidas y productos fitosanitarios.

Halógenos

H																		He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Alteraciones químicas del agua

Sustancias químicas inorgánicas

Como son los ácidos, sales y metales tóxicos. En concentraciones elevadas pueden causar graves daños en los seres vivos, bajo rendimiento de las producciones agrícolas y corrosión en los equipos de trabajo.

Compuestos orgánicos

Como el petróleo, la gasolina, los plásticos, los plaguicidas, etc. Son sustancias que pueden permanecer largos periodos de tiempo en el agua, al ser difíciles de degradar por los microorganismos.

Acidificación y lluvia ácida

Empieza en el aire con los óxidos de azufre y nitrógeno emitidos por industrias y vehículos. Estos gases se mezclan con la humedad y forman la lluvia ácida. La lluvia cae y, si el suelo no logra neutralizarla, se produce la acidificación. El pH del agua baja drásticamente destruyendo la ecología acuática y quemando o dañando las plantaciones.

La acidificación oceánica es el descenso continuo del pH de los océanos de la Tierra, causado principalmente por la absorción del dióxido de carbono (CO_2) atmosférico procedente de la quema de combustibles fósiles

Contaminación térmica

Es provocada por las centrales de energía u otras industrias que liberan agua a altas temperaturas, pudiendo disminuir la capacidad de mantener oxígeno afectando gravemente a los organismos acuáticos.



Efectos de la contaminación del agua

La contaminación del agua tiene como consecuencia múltiples impactos:

1. Sobre la salud humana: por su acción tóxica y cancerígena.
2. Sobre la producción de alimentos.
3. Sobre el valor estético y recreativo: limitación del uso.
4. Sobre el aprovechamiento industrial y agropecuario.
5. Sobre los ecosistemas.
6. Sobre las infraestructuras: canales, presas, centrales hidroeléctricas.

El agua como vehículo transmisor de enfermedades

El agua contaminada y el saneamiento deficiente contribuyen a la transmisión de enfermedades como el cólera, otras enfermedades diarreicas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

Si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población se expone a riesgos para su salud que, en realidad, se pueden prevenir.

Esta prevención se podría conseguir especialmente en los establecimientos de salud sin servicios de suministro de agua, saneamiento e higiene, donde tanto pacientes como profesionales corren más riesgo de contraer infecciones y enfermedades.

Organismos patógenos

Protozoos:

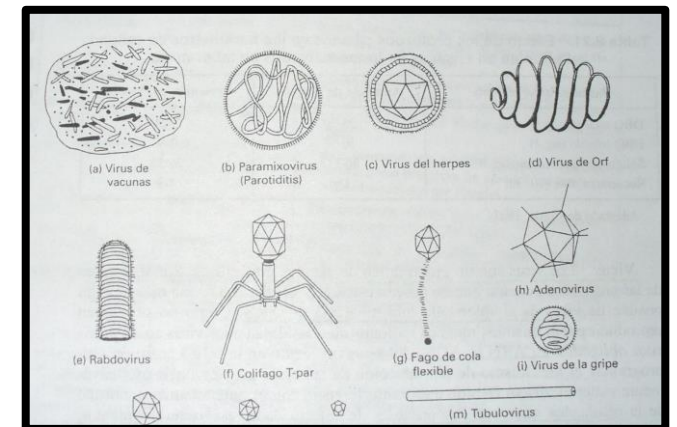
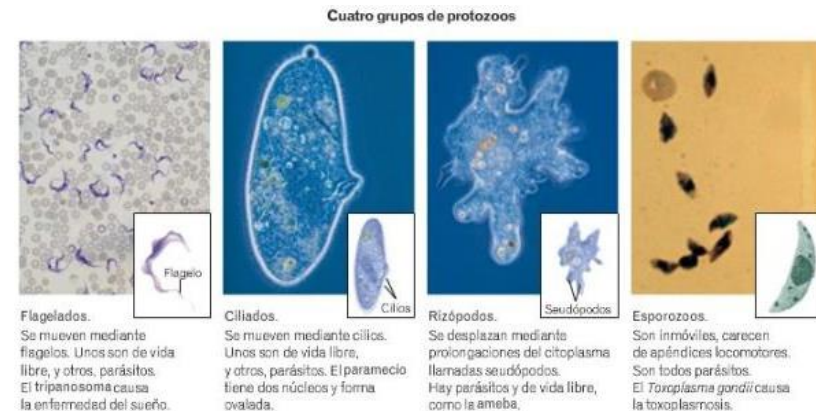
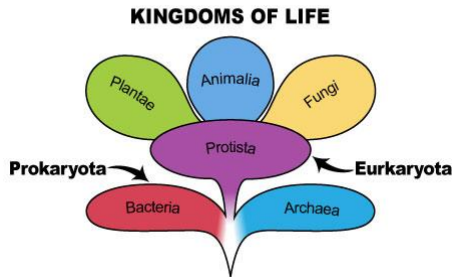
- De amplios tamaños y formas, sobreviven en condiciones adversas. Producen graves enfermedades como la malaria y la enfermedad del sueño. Actúan como predadores de bacterias, se les encuentra en muchas instalaciones de depuradoras de aguas residuales tales como los procesos de fangos activos y filtros percoladores.

Virus

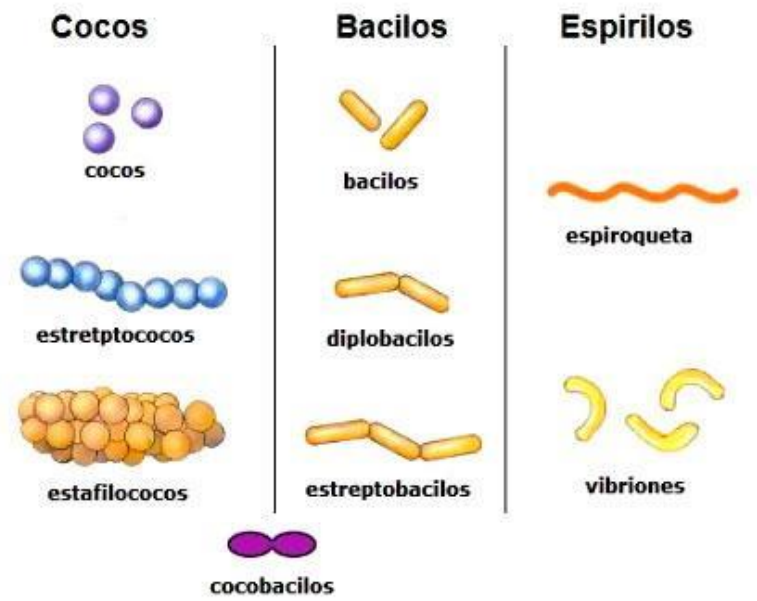
- Agente infeccioso microscópico compuesto por material genético (ADN o ARN) dentro de una cubierta de proteína. Son responsables de enfermedades en todos los seres vivos: bacterias, hongos, plantas, animales. Son extremadamente pequeños entre 5 y 10 nm de diámetro y 800 nm de largo. Requieren de células para reproducirse y liberarse. ante luz ultravioleta.

Bacterias

- Son los microorganismos dominantes en el tratamiento biológico de aguas residuales y en muchos sistemas ecológicos, incluyendo también las aguas corrientes y estancadas, en suelos y también en la atmosfera. Se describen por su morfología y su relación con el oxígeno.



Bacterias



CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS	FORMA GENERAL	COCOS, BARRA, ESPIRILO
	DISPOSICION DE CELULAS	CADENAS, RACIMOS , PARES O PAQUETES
CARACTERISTICAS FISIOLOGICAS	COMPATIBILIDAD CON EL OXIGENO	AEROBIAS. ES DECIR EN PRESENCIA DEL OXIGENO ANAEROBIAS :ES DECIR CRECEN EN AUSENCIA DE OXIGENO FACULTATIVAS: AEROBIAS/ANAEROBIAS ES DECIR EN LAS DOS CONDICIONES OBLIGADAS AEROBIAS/ANAEOBIAS: CRECEN EN ALGUNA DE LAS DOS CONDICIONES

Concepto de DBO y de DQO

- **DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)** : Se utiliza para medir la cantidad de materia orgánica biodegradable. Mide la cantidad de oxígeno que consume una población microbiana en crecimiento para convertir (oxidar) la materia orgánica en CO₂ y H₂O en un sistema cerrado.
- **DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)**: Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes



Mediciones en el agua

La medición analítica se hace atendiendo a las características químicas, físicas y biológicas del agua.

- Concentración de oxígeno disuelto
- Concentración de materia oxidable por vía biológica (DBO)
- Concentración de amonio
- Salinidad
- Temperatura
- Bacterias nocivas
- concentración de materia oxidable por vía química (DQO),
- turbiedad,
- pH, etc.

EN CAMPO

Temperatura del agua y del aire (°C)

pH

Amonio (mg/l)

Nitritos (mg/l)

Oxígeno Disuelto (mg/l)

EN LABORATORIO

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Materia en suspensión (mg/l)

Materia decantable (mg/l)

Grasas

Nitratos (mg/l)

Fosfatos (mg/l)

Detergentes

Concentración de materia orgánica oxidable por vía química (DQO) (mg/l)

Concentración de materia orgánica oxidable por vía biológica (DBO) (mg/l)

Bacterias nocivas NMP

Estudios biológicos

FUNDAMENTOS DEL AMBIENTE EN INGENIERÍA

2C CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Residuos en cauces

La escasez de agua dulce de buena calidad se acentúa en el mundo y es una realidad que afecta a Mendoza.

El Departamento General de Irrigación y la Dirección de Hidráulica destinan amplios presupuestos a la limpieza de canales. Esta contaminación es 100% evitable.



2.C CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Este tipo de obstrucciones impide que el cauce cumpla su función de conducción y evacuación de las aguas, provocando inundaciones, desperdiciando el recurso y contaminándolo.



Pasivos ambientales

Son el conjunto de daños ambientales, deterioro de los recursos naturales y de los ecosistemas producidos por cualquier tipo de actividad durante su funcionamiento ordinario o por hechos imprevistos, que constituyen un riesgo permanente y/o potencial para la salud de la población, el ecosistema y que ha sido abandonado por el responsable.



Contaminación de lagos y ríos. Zonas de degradación

Frente a la presencia de un contaminante existen mecanismos naturales de autodepuración.

Se distinguen cuatro zonas según su contaminación y fase de depuración:

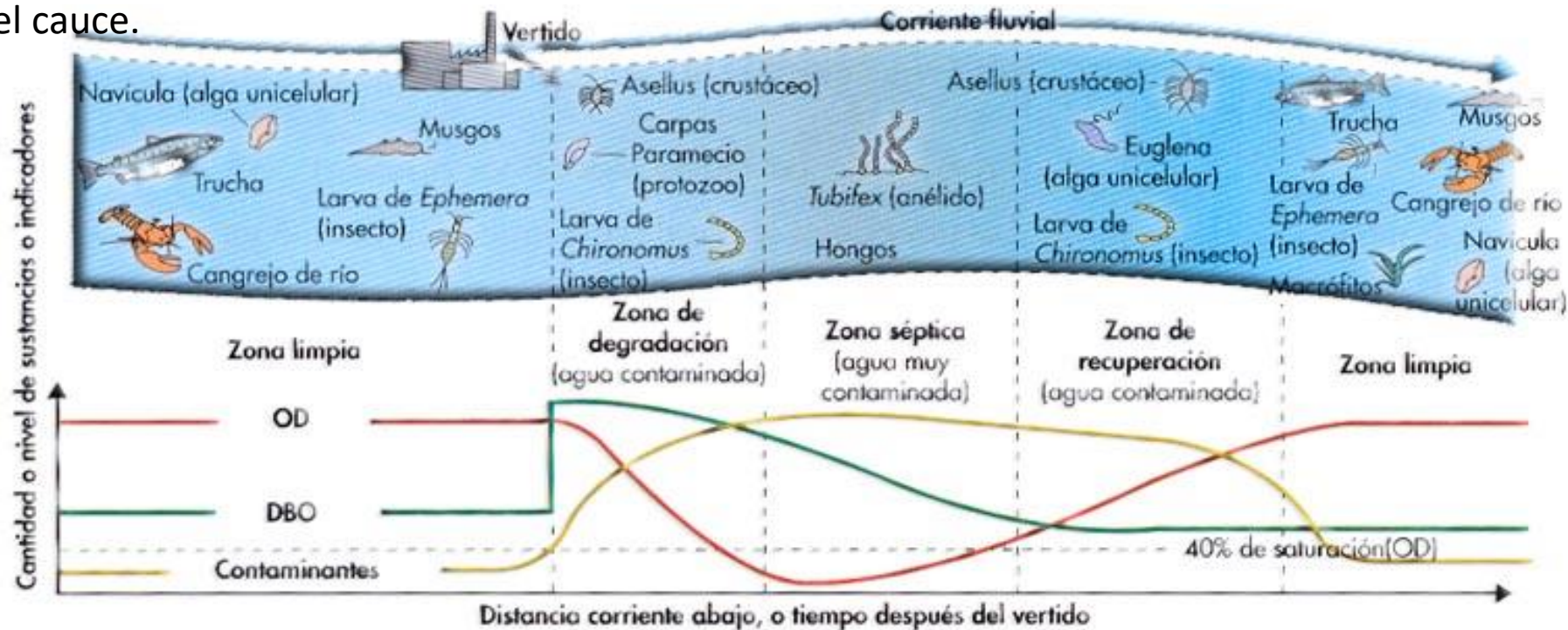
- ❖ **Zona de degradación próxima al vertido.**
- ❖ **Zona de descomposición activa o séptica.**
- ❖ **Zona es la de recuperación.**
- ❖ **Zona de aguas limpias.**

Zona de degradación próxima al vertido: Desaparecen las formas de vida más delicadas; algunos peces y algas, y aparecen otras más resistentes. El aspecto del agua es sucio, disminuye el contenido en oxígeno y aumenta la DQO. Comienza la degradación por parte de la flora microbiana.

Zona de descomposición activa: aparecen aguas sucias, ennegrecidas, con espumas, y malolientes. Existe una descomposición anaerobia que provoca un desprendimiento de gases.

Zona de recuperación: Reaparecen los vegetales y el agua se clarifica. Todo ello debido a la presencia de oxígeno disuelto o procedente de la actividad fotosintética de los vegetales, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes.

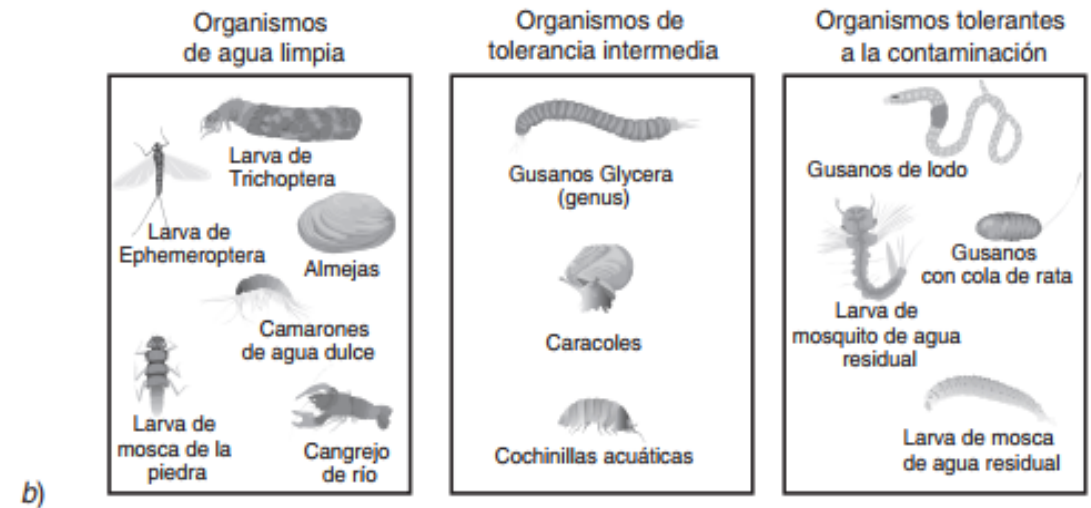
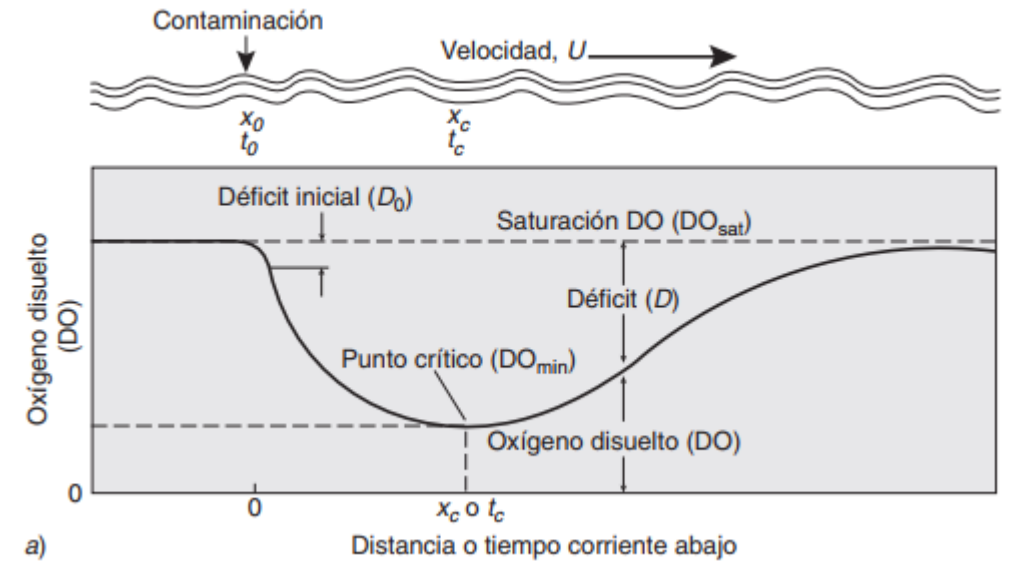
Zona de aguas limpias: Se dan las características físico-químicas y la presencia de animales y vegetales acorde con la naturaleza del cauce.



Curvas características

El oxígeno disuelto se requiere para mantener una comunidad balanceada de organismos en lagos, ríos y el océano. Cuando un contaminante demandante de oxígeno (medido como DBO) se añade al agua, la velocidad a la que el oxígeno es consumido al oxidar dicho desperdicio (desoxigenación) puede exceder la velocidad a la que el oxígeno se vuelve a suplir desde la atmósfera (reaereación). Esto puede llevar al agotamiento de los recursos de oxígeno, con concentraciones muy por debajo de los niveles de saturación.

Cuando los niveles de oxígeno caen por debajo de los 4 a 5 mg O₂/l, la reproducción de los peces y los macroinvertebrados es desproporcionada. El agotamiento del oxígeno con frecuencia es lo suficientemente severo como para desarrollar condiciones anaeróbicas, turbidez y olor.



Eutrofización

El fósforo en general se considera como el nutriente limitante del crecimiento de plantas en los ambientes de aguas frescas. Debido a que los minerales de fósforo naturalmente ocurrentes son escasamente solubles, las entradas antropogénicas pueden afectar en forma dramática la velocidad de crecimiento de algas y con ello la producción de materia orgánica.

Clasificación de cuerpos de agua basada en sus estados tróficos

Oligotrófico	Pobres de nutrientes; bajos niveles de algas, macrófitos y materia orgánica; buena transparencia; oxígeno abundante.
Eutrófico	Rico en nutrientes; altos niveles de algas, macrófitos y materia orgánica; pobre transparencia; con frecuencia con agotamiento de oxígeno en el hipolimnion.
Mesotrófico	Zona intermedia; con frecuencia con abundante vida de peces debido a sus elevados niveles de producción de materia orgánica y provisión adecuada de oxígeno.



Estratificación térmica

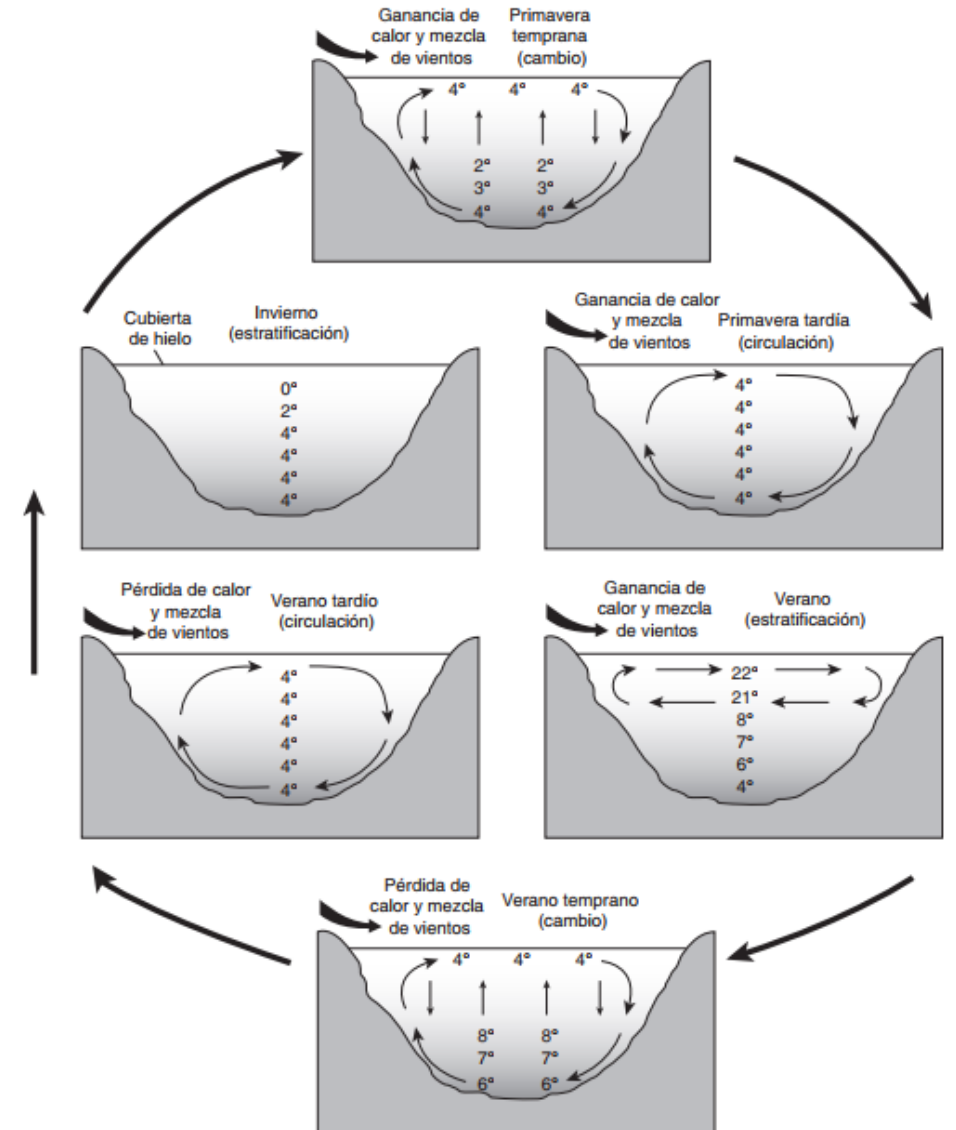
Una gran diferencia entre los lagos y los ríos yace en los medios de transporte de masas. Los ríos están completamente mezclados, mientras que en las latitudes templadas, los lagos se someten a estratificación térmica, dividiendo el sistema en capas.

Esto influye en el ciclo de hierro, oxígeno y fósforo y puede tener efectos profundos sobre la calidad del agua.

En invierno, dado que la densidad máxima del agua se da a 3.94° y el hielo flota, los lagos se enfrían y congelan de arriba hacia abajo.

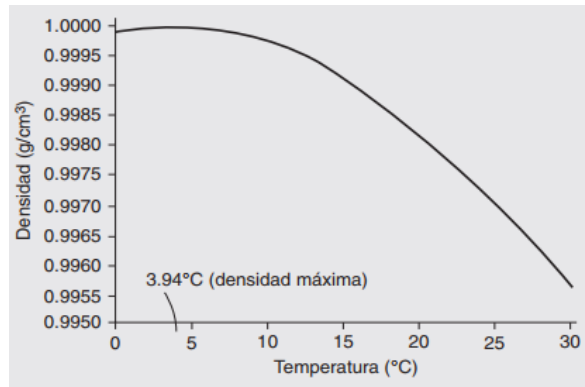
Durante la estratificación del verano, una capa superior de agua tibia, menos densa, flota sobre una capa de agua fría, más densa.

En otoño y primavera se producen mezclas convectivas.

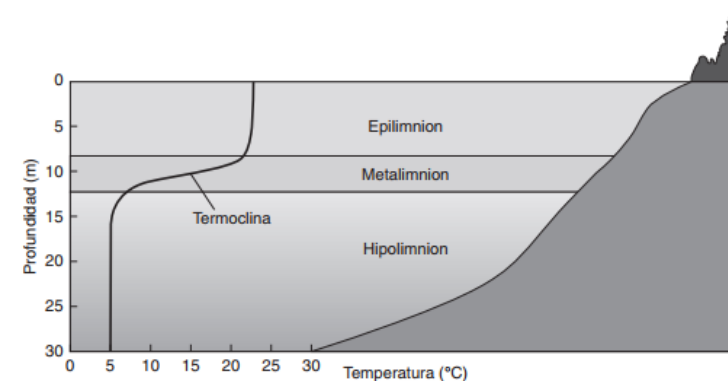


A las capas se les asignan tres nombres como se muestra en la figura:

- 1) el **epilimnion**, una capa superficial tibia, bien mezclada
- 2) el **metalimnion**, una región de transición en donde la temperatura cambia al menos 1°C con cada metro de profundidad y
- 3) el **hipolimnion**, una capa de fondo fría bien mezclada. El plano en el metalimnion en donde la gradiente de temperatura-profundidad está más empinada se llama termoclina.



Densidad máxima del agua La densidad máxima se da a los 3.94°C . Por lo tanto, el agua a aproximadamente 4°C se encontrará por debajo de las aguas más frías (hielo a 0°C) en el invierno y las más calientes (20°C) en el verano.



Perfil de temperatura de mitad de verano para un lago estratificado térmicamente Advierta el epilimnion, el metalimnion (con una termoclina) y el hipolimnion.

Afectación de las reservas subterráneas por actividades y usos

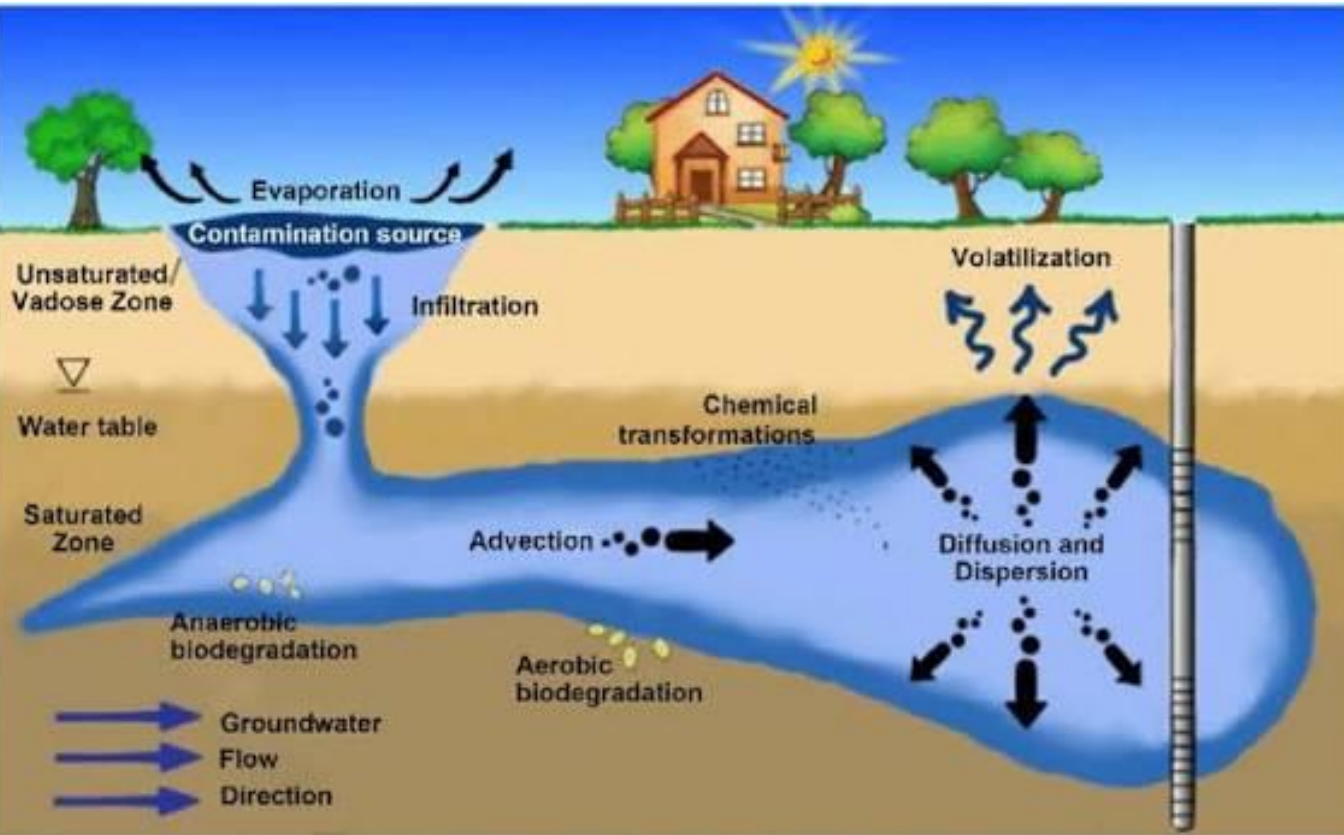
Los **contaminantes de las aguas subterráneas** se originan de una amplia variedad de fuentes naturales y antropogénicas. Las liberaciones de contaminantes pueden suceder en un lapso corto, como las asociadas con un vertido químico sencillo, esencialmente instantáneo, o en un lapso más grande (incluso décadas) como la fuga de desperdicios químicos mal almacenados. El conocimiento de la extensión de área y de temporada de la liberación de un químico es requerido en el diseño de los planes de remediación y las medidas preventivas.

Fuentes seleccionadas de contaminación de aguas subterráneas

Tanques sépticos	Fuga de tanques de almacenamiento subterráneo
Actividades de agricultura	Actividades industriales
Rellenos sanitarios: doméstico y peligroso	Actividades mineras
Derrames químicos	Extracción de petróleo
Disposición inapropiada de desperdicio peligroso	Cuidado del césped doméstico



Destino y transporte de los contaminantes en el agua subterránea



El transporte de contaminantes en el agua subterránea ocurre por advección y dispersión, siendo la advección el movimiento del contaminante junto con el flujo del agua y la dispersión su esparcimiento por difusión y mezcla mecánica.

FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA

FIN

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**