

Tecnologías actuales para la purificación de agua.

Análisis de las ventajas y desventajas de cada una desde el punto de vista económico y tecnológico

Dra. Albana Marchesini
Esp. En Higiene y seguridad Laboral
Docente investigador FIQ-UNL
albana@fiq.unl.edu.ar



Contenidos

- El agua
- La contaminación del agua
- Métodos para producción de agua potable
- Métodos avanzados de obtención de agua potable o agua para usos industriales
- Conclusiones generales

El agua

- Esencial para la vida y el progreso socioeconómico...
- Elemento escaso y muy vulnerable...
- Es el único recurso natural que compromete la vida en **TODOS** sus aspectos
- Disponibilidad ...

Importancia del agua

Para el ser humano

- 70% del cuerpo es agua
- En CN el cuerpo pierde 2L (sudor, respiración, orina, defecaciones) deben recuperarse!!!
- Sed... cuerpo pierde 2% de agua (1L)
- Alucinaciones, piel se contrae.... 10% (5 o 6L)
- 15% (8 o 9 L) se puede morir....
- Importancia:
 - Fabricación de células
 - En todos los procesos digestivos, señales eléctricas, elimina desechos....etc



En 1992, la Asamblea General de la ONU aprobó una resolución que declaró el 22 de marzo de cada año como **Día Mundial del Agua.**

Importancia del agua

Importancia de las aguas oceánicas

- 5 océanos
- En su interior millones de animales marinos (peces, crustáceos, mamíferos, aves que sobrevuelan su superficie y toman su alimento de allí.... Pero los que mas aprovechamos estos cuerpos de agua sin dudas somos **NOSOTROS**)



Importancia del agua

Importancia en la industria

- Síntesis... purificaciones...Productos....
- Limpiar
- Generar energía eléctrica
- La industria consume mas agua que la que emplean los seres humanos en sus vidas....



Importancia en el medio ambiente

- Regula el clima
- El agua de lluvia limpia...
- Se encuentra en todas las actividades cotidianas....

Disponibilidad de agua

Del 100% de agua mundial:

- 97% No Apta para el consumo
- 3% Agua dulce

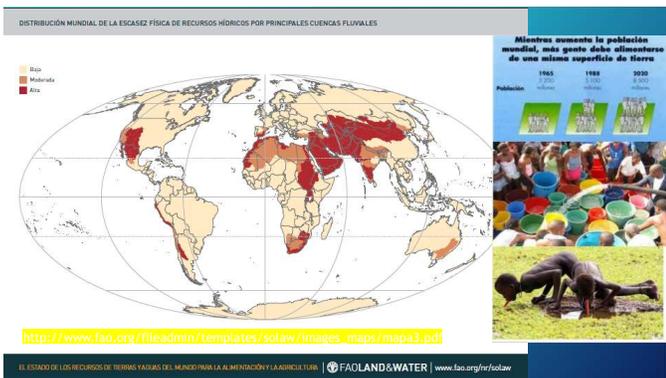
Según su localización se clasifica en:

- 70% agua subterránea
 - Acuíferos, Pozos, manantiales (uso zonas rurales), Generalmente de mejor calidad física y bacteriológica.
- 30% agua superficial
 - Casquetes polares y glaciares Solo 0.3%
 - De fácil acceso: Ríos, lagos, embalses, mayor volumen

Disponibilidad

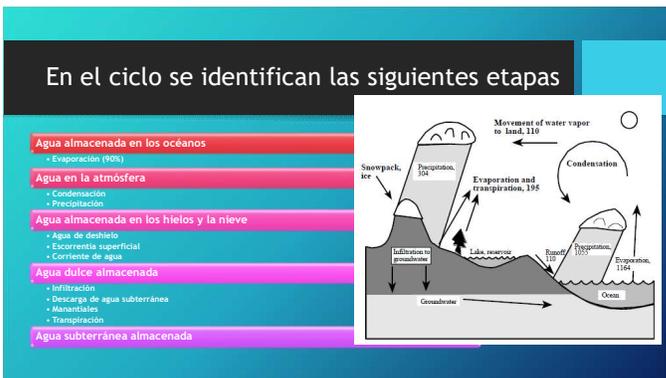
Distribución de los recursos hídricos mundiales (FAO 2002)

	Volumen de agua (millones km ³)	Porcentaje total de agua dulce	Porcentaje del total de agua
Agua total	1386	-	100
Agua dulce	35	100	2,53
Glaciares y capas polares	24,4	69,7	1,76
Agua subterránea	10,5	30,0	0,76
Lagos, ríos y atmosfera	0,1	0,3	0,01
Agua salada	1351	-	97,47



Usos

- Bebida y alimentos
- Riego y explotación agrícola
- Navegación y comercio
- Deporte y juegos
- Evacuación de residuos
- Producción de energía



Características de los distintos tipos de masas de aguas

Las condiciones físicas de los cuerpos de agua están FUERTEMENTE influenciadas por los procesos químicos y biológicos que ocurren en el agua.....

- Agua Superficial**
Ríos, lagos, embalses
- Humedales**
hábitats interiores costeros temporarios
- Estuarios**
desembocadura de un río en un ecosistema marino
- Océanos**

Composición de los distintos tipos de masas de agua

OCEANO

- 1,1 M aniones y cationes
- Otros sólidos (casi todos los constituyentes de la corteza terrestre)

Constituyente	Ppm (mg/L)
Sodio (Na ⁺)	10500
Magnesio (Mg ²⁺)	1350
Calcio (Ca ²⁺)	400
Potasio (K ⁺)	380
Cloruro (Cl ⁻)	19000
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	2700
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	142
Bromuro (Br ⁻)	65
Otros sólidos	34
Sólidos disueltos totales	34500
Agua (balance)	965517

Fuente: Chemistry of the oceans as a chemical system, Gøberg (1963)

Composición del agua de lluvia

Variable depende de la composición de la sup. Terrestre, de la actividad biológica y naturaleza de la actividad.

Tiempo y tipo de contacto.

constituyente	1 nieve	2 lluvia	3 lluvia	4 lluvia	5 Lluvia
SiO ₂	Nd		1.2	0.3	
Al (III)	0.01				
Ca	Nd	0.65	1.2	0.8	3.2
Mg	0.2	0.14	0.7	1.2	0.36
Na	0.6	0.56	Nd	9.4	0.97
K	0.6	0.11	Nd	Nd	0.23
NH ₄ ⁺	Nd				0.42
HCO ₃ ⁻	3		7	4	Nd
SO ₄ ²⁻	1.6	2.10	0.7	7.6	6.1
Cl ⁻	0.2	0.57	0.8	17	2.0
NO ₂ ⁻	0.02		Nd	0.02	
NO ₃ ⁻	0.1	0.62	0.2	Nd	2.2
Sólidos dis. Tot.	4.8		8.2	38	
pH	5.6		6.4	5.5	4.4

Ej. composición aguas según origen

Definición: Las aguas subterráneas se forman a partir de la infiltración de las lluvias y los aportes de los cursos superficiales. Mueven en forma vertical por la fuerza de la gravedad, generalmente hasta encontrar un suelo impermeable, y luego discurren horizontalmente hasta desaguar en los colectores mayores que la llevarán al mar para replicar su ciclo.

Constituyente (ppm)	A (granítica- presa Pardee, Oakland)	B (rio Niagara)	C (subterránea, agua de pozo Ohio)
SiO ₂	9.5	1.2	10
Fe (III)	0.07	0.02	0.09
Ca ²⁺	4.0	36	92
Mg ²⁺	1.1	8.1	34
Na ⁺	2.6	6.5	8.2
K ⁺	0.6	1.2	1.4
HCO ₃ ⁻	18.3	119	339
SO ₄ ²⁻	1.6	22	84
Cl ⁻	2.0	13	9.6
NO ₃ ⁻	0.41	0.1	13
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	34	165	434
DUREZA TOTAL (CaCO ₃)	14.6	123	369

Composición promedio de la atmósfera inferior

Gas	%volumen
N ₂	78.1
O ₂	20.9
Ar	0.93
H ₂ O	0.1-2.8
CO ₂	0.03
Ne	1.8×10^{-3}
He	5.2×10^{-4}
CH ₄	1.5×10^{-4}
Kr	1.1×10^{-4}
CO	$(0.06-1) \times 10^{-4}$
SO ₂	1×10^{-4}
N ₂ O	5×10^{-5}
H ₂	5×10^{-5}
O ₃	$(0.1-1.0) \times 10^{-5}$
Xe	8.7×10^{-6}
NO ₂	$(0.05-2) \times 10^{-5}$
Rn	6×10^{-18}

Fuente: Gaseous composition of the atmosphere and its analysis, S.A. MINTOP (1961)

El agua de precipitación se equilibra con los gases de la atmósfera.



Hasta el momento no hemos tenido en cuenta el efecto de las plantas y animales (en particular el hombre) sobre la composición de los cuerpos de agua...

La contaminación del agua

Naturaleza y tipo de contaminantes de agua... introducción

22

INCAPE

La calidad del agua ha sido un factor de bienestar humano.

Agua contaminada con materia fecal...

Agua contaminada con sustancias naturales...

Epidemias ocasionales de enfermedades bacterianas o virales... actualmente controladas?!!!!...

Actualmente el mayor problema de las naciones industrializadas es la eliminación de sustancias químicas tóxicas del agua...

Si bien es claro la contaminación concierne a todos, entender las fuentes, interacciones, efectos es esencial para poder controlar los contaminantes... esto quiere decir que se requiere el conocimiento básico del medio acuático...

Y que es el agua potable?

23

Es el agua potable o dulce que cumple con las propiedades organolépticas y fisicoquímicas establecidas por la OMS.

Aquella empleada en el consumo humano y animal.

Puede encontrarse en estado natural o bien requerir un proceso de purificación.

Prof. Dra. Albana Marchesini

Y que es la calidad de agua?

24

Los valores que alcanzan las diferentes características del agua la hacen propia para determinado uso y le imprimen una calidad específica que le permiten una clasificación.

Estas características de calidad que deben alcanzar las aguas según el uso, llevan a manejar diferentes tratamientos de adecuación para alcanzar los valores propios.

- La calidad de las aguas en el país esta regida en sus valores mínimos para cada uso

Prof. Dra. Albana Marchesini

Y que es la contaminación del agua...

25

La contaminación consiste en una **modificación**, generalmente provocada por el hombre, **sobre la calidad del agua**, haciéndola **impropia** o **peligrosa** para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y actividades recreativas así como también para animales domésticos y vida natural... (Carta del agua, Consejo de Europa, 1968)

Un agua esta contaminada cuando se ve alterada en su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural (ONU, 1961)

Prof. Dra. Albana Marchesini

Origen

26

- Lluvia → arrastra partículas sólidas y gases.
- Riego y lavado publico → además de las que trae el agua de lluvia, arrastra sólidos y detergentes.

Domesticas	Industriales	Agropecuarios
• Lavado: arenas, organicos, cerámica papel, minerales, hidrocarburos, etc. • Cocina: materia orgánica, residuos vegetales, aceites, detergentes. • Residuos fecales: celulosa, C ₁₂ , 1%ácidos: 30%N, 3%fosfórico, 6%KOH, coliformes	• Contaminantes físicos: calor. • Materiales en suspensión, partículas, sales, óxidos metálicos, carbón, arcillas o aceites. • Ácidos y bases diluidos • Compuestos de S, Pb, P, Cl-	• Detergentes, sales • Hidrocarburos y derivados • Aceites minerales • Grasas • Colorantes taninos • Sulfuros • Lejías

Prof. Dra. Albana Marchesini

Fuente puntual

27

• De a

Prof. Dra. Albana Marchesini
www.wfdvisual.com
© 2005

Clases de contaminantes...

28

- Numerosos tipos de clasificaciones según sus características...

Prof. Dra. Albana Marchesini

Contaminantes del agua

29

Class of pollutant	Significance
Trace Elements	Health, aquatic biota, toxicity
Heavy metals	Health, aquatic biota, toxicity
Organically bound metals	Metal transport
Radionuclides	Toxicity
Inorganic pollutants	Toxicity, aquatic biota
Asbestos	Human health
Aquatic nutrients	Eutrophication
Acidity, alkalinity, salinity (in excess)	Water quality, aquatic life
Trace organic pollutants	Toxicity
Polyhalogenated biphenyls	Possible biological effects
Pesticides	Toxicity, aquatic biota, wildlife
Persistent wastes	Effect on wildlife, esthetics
Sewage, human and animal wastes	Water quality, oxygen levels
Biochemical oxygen demand	Water quality, oxygen levels
Pathogens	Health effects
Detergents	Eutrophication, wildlife, esthetics
Chemical carcinogens	Incidence of cancer
Sediments	Water quality, aquatic biota, wildlife
Taste, odor, and color	Esthetics

- Se pueden dividir entre algunas características generales.
- Existe una enorme cantidad de contaminantes y estos crecen anualmente....

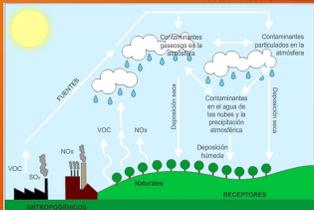
Elementos contaminantes

30

Element	Sources	Effects and Significance
Aluminum	Mining byproduct, chemical waste	Toxic? possibly carcinogenic
Beryllium	Coal, industrial wastes	Toxic
Boron	Coal, nitrogen wastes	Toxic
Chromium	Metal plating	Essential as Cr(VI), toxic as Cr(III)
Copper	Metal plating, mining, industrial waste	Essential trace element, toxic to plants and algae at higher levels
Fluorine (F ⁻)	Natural geological sources, water, waste addition	Promotes tooth decay at normal level, toxic at higher levels
Iodine (I ⁻)	Industrial wastes, natural sources, waste addition	Promotes goiter
Iron	Industrial wastes, corrosion, acid mine waste, natural sources	Essential nutrient, damages fisheries by staining
Lead	Industrial waste, mining, fuel	Toxic, harmful to wildlife
Manganese	Industrial wastes, acid mine waste, natural sources	Toxic to plants, damages fisheries by staining
Molybdenum	Industrial waste, mining, coal	Toxic, substituted as molybdenum compounds by molybdenum bacteria
Nickel	Industrial wastes, natural sources	Essential to plants, toxic to animals
Selenium	Natural sources, coal	Essential at lower levels, toxic at higher levels
Zinc	Industrial waste, natural plating, plating	Essential element, toxic to plants at higher levels

- Aquí se resumen los elementos traza encontrados en aguas naturales.
- Algunos a bajas concentraciones son necesarios para el desarrollo pero a altas son tóxicos...

Efecto de la actividad humana... incremento por el uso municipal de agua



Constituyente	Promedio (ppm)	Mínimo (ppm)	Máximo (ppm)
Na ⁺	66	8	101
K ⁺	10	7	15
NH ₄ ⁺	15	0	36
Ca ²⁺	18	1	50
Mg ²⁺	6	Trazas	15
Cl ⁻	74	6	200
NO ₃ ⁻	10	-4,7	25.9
NO ₂ ⁻	1	0.1	2
HCO ₃ ⁻	100	-44	265
SO ₄ ²⁻	28	12	57
PO ₄ ³⁻ (total)	24	7	50
PO ₄ ³⁻ (o-)	25	7,5	40
SiO ₂	15	9	22
Dureza (como CaCO ₃)	79	6	261
Alcalinidad (como CaCO ₃)	81	-36	217
Sólidos totales	320	128	241
pH	-0,6	-1,7	0

Composición de aguas negras sin tratar (efluente en Inglaterra)



Constituyente	Ppm C
Ácidos grasos	71.0
Esteres de ácidos grasos	28.2
Proteínas	31.0
Aminoácidos	5.0
Carbohidratos	55.0
Ácidos solubles	21.0
Amidas	1.5
Agentes tensoactivos aniónicos	14.0
Creatinina	3.5
Aminoazúcares	1.8
Ácidos murámicos	0.2
Total identificado	232
C orgánico total	311
Proporción identificada	75%

Efectos de compuestos orgánicos no biodegradables

- Depende del tipo de compuesto
- Degradación por MO de los compuestos húmicos: color café y reacción con iones metálicos
- Degradación de compuestos orgánicos puede originar productos más tóxicos...
- ¡HAY QUE TENER EN CUENTA DURANTE EL PROCESO DE PURIFICACION!!

Otras propiedades

- Temperatura, color, olor-sabor
- Turbidez-transparencia (residuo seco, conductividad)
- pH, O₂ Disuelto, potencial redox
- Compuestos químicos

Temperatura

- T superficial ligada a la absorción de radiación
- T aguas profundas dos períodos:
 - Mezcla térmica
 - Estratificación térmica
- Existen distintos comportamientos de la T del agua de un lago a lo largo del año:
 - Amicticos: no se T apreciable, (latitudes polares)
 - Monomicticos fríos: T < 4 °C constante, inv. Hielo.
 - Monomicticos calientes: T > 4 °C, estratificación térmica en verano y circulación en invierno.
 - Dimicticos: dos períodos de estratificación térmica una en verano y otro en inv, con dos períodos de circulación entre estos.
 - Oligomicticos: agua caliente, no hay circulación.
 - Polimicticos: vs períodos de circulación a lo largo del año (reg. intertropicales)

Temperatura

- La T de aguas subterráneas depende de:
 - T del terreno que drenan,
 - Naturaleza de rocas,
 - Profundidad de la surgencia,
 - Fenómenos magmáticos.
- Para consumo humano: 12-16 °C
- La T afecta los procesos de purificación.
- La T del efluente afecta dramáticamente el ecosistema.

Color

Se debe a sustancias coloreadas disueltas.

Propiedades organolépticas...

Aguas industriales: color según proceso

Aguas muy coloreadas mayor resistencia a la desinfección con Cl y otros agentes...

Olor - Sabor

Olor y sabor fisiológicamente relacionados.

No existe relación lineal entre estos...

Relaciones:

- Aditividad
- Sinergismo
- Antagonismo

Fuentes.

- Naturales: gases, sales, metabolitos.
- Artificiales: orgánicos e inorgánicos... se pueden identificar al poder identificar la fuente emisora.

Olor - Sabor

Sustancias más comunes que producen olor - sabor:

- Inorgánicos
 - H₂S: huevo podrido, moho
 - Sales y minerales: salado o metálico
 - Metales: Fe, Mn, Zn.
 - Aniones: F-, Cl-, SO₄²⁻,...
 - Cl o hipoclorito: fenólicos....
- Orgánicos:
 - Geosmina
 - Mucidona

¡¡El pH y T son factores muy influyentes!!!

Turbidez - Transparencia

Turbidez en el agua:

- Arena
- Limos
- Coloides
- Plancton
- Otros organismos

Desde el punto de vista del consumo humano: se asocia alta turbidez - aparición de bacterias y virus.

Turbidez - Transparencia

En aguas naturales: aumenta en la época de precipitaciones que aumenta la escorrentía. Se mide turbidez....

En embalses y lagos: aumenta durante el periodo de mezcla (inv., primav.) y baja durante el periodo de estratificación.

En aguas residuales: altos contenidos de sustancias orgánicas fundamentalmente.
Se miden los sólidos disueltos no turbidez.

Oxígeno disuelto

Sumamente importante para la dinámica de las aguas....

Su solubilidad depende de: T, P, coef. Sol., Pv, salinidad y composición fisicoquímica del agua.

% de saturación: turbulencia, sup. Contacto, contenido salino.

$$O_2 \text{ disuelto} = [0.678 (P - V_p) (1 - S \times 10^{-5}) / (T + 35)]$$

Oxígeno disuelto

- Aguas corrientes no contaminadas bien oxigenadas.
- Lagos y embalses dinámica temporal y espacial.
 - Durante período de mezcla: globalmente bien oxigenada (7ppm)
 - Durante estratificación: el agua del fondo mal oxigenada (<2ppm) *agua de la superficie altos niveles (>7-8 ppm)*
- Aguas subterráneas: poco oxigenadas
 - intercambio con la atm es nulo,
 - la fotosíntesis esta limitada por la ausencia de luz,
 - se puede producir el consumo en procesos oxidativos disueltos.
- Aguas de consumo: concentración media
- Aguas residuales: aquí hay que hacer hincapié en la evolución de la oxigenación en el cauce...

Evolución de la oxigenación en un cauce contaminado con la distancia del foco contaminante

Degradación: disminuye %O₂.

Descomposición: casi no hay O₂.

B -> punto de máxima desoxigenación.

A partir de C comienza a oxigenarse.

Potencial redox

Mide globalmente la capacidad de oxidar o reducir sustancias del agua.

Alto potencial redox: alto contenido de O₂, la mayoría de las sustancias oxidadas.

Bajo potencial redox: bajo contenido de O₂, amoniaco, H₂S, sustancias en bajo estado de oxidación....

Se expresa como:

$$rH = [E_h / 0.03] + 2 pH$$

- rH bajo → condición oxidante
+ rH alto → condición reductora

Otras propiedades

- Temperatura, color, olor-sabor
- Turbidez-transparencia (residuo seco, conductividad) *Agua Turbia*
- pH, O₂ Disuelto, potencial redox
- Compuestos químicos

Compuestos químicos

- Compuestos del C
- Compuestos del S
- Compuestos Nitrogenados
- Compuestos Fosforados
- Sílice
- Halógenos
- Metales en Agua
- Compuestos orgánicos

Metales en agua

Aluminio Al	Antimonio Sb	Arsénico Ar	Bario Ba	Berilio Be	Boro B
Cadmio Cd	Calcio Ca	Cobalto Co	Cobre Cu	Cromo Cr	Estaño Sn
Hierro Fe	Litio Li	Magnesio Mg	Manganeso Mn	Mercurio Hg	Molibdeno Mo
Níquel Ni	Plata Ag	Plomo Pb	Potasio K	Selenio Se	Sodio Na
	Vanadio V	Zinc Zn			

Arsénico

Inquieta en muchos metales, especialmente de Cu, Pb, Zn y Co. Proviene soluble y la de sus complejos provenientes de emisiones volcánicas. Arseno muy solubles. Aguas residuales de procesos metalúrgicos. Contaminación

En aguas bajo condiciones oxidantes encontramos As^{5+} y en muy oxidante $0.001ppm$, en aguas subterráneas contaminadas $>1ppm$. En aguas superficiales la mayoría de los países. En Argentina entre 0.9 y 3.4ppm.

Puede ser bioacumulado en organismos acuáticos, induce aberraciones cromosómicas y es cancerígeno.

CMP

- Agua de consumo: 0.010 ppm
- Agua para potabilizar: 0.1 ppm
- Riego: 1ppm
- Vertidos: 1 ppm.



Mapa de distribución de Arsénico en Argentina

HACRE: hidroarsenicismo crónico regional endémico

Hierro

Mayoritariamente como di y tri valente (hidróxidos, carbonatos, sulfuros). Ocupa el 4to lugar en abundancia en la corteza terrestre. Proviene de la disolución de las rocas.

Fe^{2+} → complejos con aminas, orgánicos hidroxilos, hipofosfitos, oxalatos y cianuros. Sales moderadamente solubles con carbonatos, cianuros, oxalatos, fosfatos y sulfuros.

Fe^{3+} → complejos con cloruro, sulfato, tiocianato y acetato ligeramente estables y con F⁻, pirofosfato, fosfatos, compuestos orgánicos, oxalato mucho mas estables.

Naturalmente proviene de la disolución de los minerales que lo contienen, de las aguas residuales procedentes de la producción de acero y otros materiales. En aguas superficiales se encuentra Fe^{+3} con concentraciones entre 0.01 y 0.3 ppm.

CMP

- Aguas consumo: 0.2 ppm
- Agua para potabilizar: 2 ppm
- Agua para riego: 10 ppm
- Vertidos: 2 ppm



Mercurio

Se encuentra como sulfuro. Accede al medio líquido a través de las emisiones volcánicas y sobre todo ligado a efluentes residuales de la industria del cemento, combustión de fuel, fabricación de baterías, producción de NaOH y Cl_2 , y de otros procesos que tienen Hg en su composición.

El Hg existente en los efluentes se vertían en el mar.

Este era consumido y acumulado por el fitoplancton del agua costera.

Este era consumido por el zooplancton.

Posteriormente los peces consumían este fitoplancton.

• Agua de consumo: 0.01 ppm

• Agua para potabilizar: 0.05 ppm

• Vertidos: 0.5 ppm

• Riego: 10 ppm



Diagrama de bioacumulación de Mercurio

Plomo

Naturalmente formando carbonatos y sulfuros. Es muy empleado como aditivo de combustibles, pero su uso ha estado disminuyendo paulatinamente debido a que contamina el ambiente y a su poder toxicológico.

El Pb^{2+} forma complejos de cierta estabilidad con nitratos, cloruros y cianuros, y menos estables con el ácido acético, orgánicos hidroxilados. Forma sales ligeramente solubles con Cl^- , Br^- , I^- , F^- , SO_4^{2-} y CO_3^{2-} .

El Pb^{4+} es complejo por Cl^- , por SO_4^{2-} , mientras que el PbO_2 es insoluble.

Niveles en aguas superficiales el Pb total coloidal oscila entre 0.05 a 10 ppm mientras que el Pb disuelto no supera las 0.01 ppm. Si se encuentran valores mas altos, es indicativo de fuente exógena, además actualmente la fuente ppal es el agua de lluvia contaminada por los gases de escape de los automóviles.

Provoca **Saturismo**.

CMP:

- Agua de bebida: 0.01 ppm
- Agua para potabilizar: 0.05 ppm
- Vertidos: 0.5 ppm
- Riego: 10 ppm



Compuestos químicos

Compuestos del C	Silice
Compuestos del S	Halógenos
Compuestos Nitrogenados	Metales en Agua
Compuestos Fosforados	Compuestos orgánicos

Compuestos orgánicos

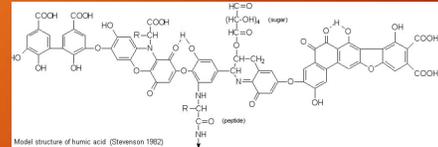
- Numerosos y variados.
- Su origen es natural y artificial.
- Agua natural no contaminada: metabolitos orgánicos.
- Aguas residuales: detergentes, grasas, fibras, pesticidas, insecticidas, fenoles, HC, etc.
- Ahora veremos un resumen de cada uno de ellos...

Compuestos orgánicos

Sustancias húmicas	Trihalometanos	Fenoles	Detergentes
Insecticidas, herbicidas	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Acrilamida	Benceno
1,2-dicloroetano	Epiclorhidrina	Tetracloroetano	Tricloroetano
Cloruro de vinilo			

Sustancias Húmicas

- 2 grupos: álcali solubles o álcali insolubles



Model structure of humic acid (Stevenson 1982)

- Actúan como precursores en la formación de los Trihalometanos.

Trihalometanos

Los THMs son compuestos monocarbonados con sustituyentes halogenados.

Los THMs mas frecuentes son: cloroformo, dicloro-bromometano; dibromo-clorometano y bromoformo.

Las [] totales no suelen superar 1ppm

Los THMs son depresores del SNC, provocan enf. Hepáticas y renales.

La OMS recomienda... THMs<0.46 ppm en agua de consumo

Fenoles

- Compuestos orgánicos derivados del benceno.
- Típico C_6H_5-OH
- No son comunes: salvo en aguas que fluyen a través de turbera y aguas ricas en materias húmicas.
- Los contenidos de monoPh, diPh, tri y tetraPh oscilan entre 0.001 y 0.010 ppm aportando a este gusto medicamentoso.
- Toxicologicamene: 1ppm resulta nocivo para los peces y [] < afectan organismos acuáticos, algas, bacterias, etc.
- Los fenólicos pueden ser degradados por Pseudomonas...
- Están en bajas [] por lo que no afectan al ser humano!

Detergentes

3 grupos: anionicos, cationicos, no ionicos.

El grupo polar es el componente tensoactivo.

Formulaciones variadas: [tensoactivo] <35% con > % de coadyuvantes (agentes complejantes, secuestrantes, dispersantes, enzimas, aditivos, etc).

Tipos→

- Otras sustancias: fosfatos, carbonatos, silicatos, sulfatos, perboratos.
- Espumas...
- [anionico] en aguas residuales domesticas oscilan entre 1 y 30 ppm, en aguas superficiales 0.5ppm.

Detergentes comerciales	
ANIONICOS	
Alquilatos primarios	$R_1-RO_2-CH_3$
Alquilatos secundarios	$R_1-CH_2-CH_2-SO_2-CH_3$
Alquil sulfonatos	$R_1-SO_3^-CH_3$
Sulfatos de amonio grasos	$R_1-CO-NH_2-R_2-SO_3^-CH_3$
Alquilbenzulfonatos de cadena ramificada (ABS)	$NaSO_3^- \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C(CH}_3\text{)}_2 \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C(CH}_3\text{)}_2 \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{SO}_3^-$
Alquilbenzulfonatos de cadena lineal (LAS)	$NaSO_3^- \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{SO}_3^-$
NO IONICOS	
Alcoholes polioxisulfonatos	$R_1-O-(CH_2-CH_2O)_n-CH_2-CH_2-OH$
CATIONICOS	
Derivados de amonio cuaternario halogenados	$R_1-N^+(R_2)_3 \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} X^-$

Insecticidas y herbicidas

Orgánicos o inorgánicos para luchar contra parásitos de los cultivos, del ganado, de animales domésticos, del hombre y su ambiente.

- Insecticidas
- Herbicidas
- Acaricidas
- Fungicidas
- Antibióticos
- Fitofitocidas
- Tb: atrayentes, repelentes y esterilizantes de insectos

El producto activo 75 y 98 %, el resto completa formulación.

Características...

- Toxicos
- Elevada persistencia
- Acumulativos

Los plaguicidas le dan cierto sabor y color al agua y sólo en [] < a micro g/L... los mas usados son:

- Organoclorados
- Organofosforados
- Carbamatos

Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPAs)

Compuestos orgánicos con 2 o mas grupos bencenos acoplados entre si o junto a otros ciclos.

Típicos: naftaleno, fluranteno, benzofluorantenos, benzopireno, benzoperileno e indenopireno (los mas comunes)

Proceden de:

- Combustión Incompleta de compuestos orgánicos.
- Biosíntesis llevada a cabo por algunas bacterias algas e incluso plantas superiores

Tienen escasa solubilidad en agua, se acumulan adsorbidos sobre sedimentos y arcillas del fondo de los cauces.

Lugo sufren foto descomposición UV, siendo además degradados total o parcialmente por algunos microorganismos.

Las [] en aguas superficiales de los mas comunes oscila entre 0.12 y 3.1 microg/L

En agua de bebida < 0.05microg/L, llegando a 0.11microg/L.

Resumiendo...

Las reacciones químicas de la atmosfera y los solidos en las rocas de la superficie de la tierra forman soluciones minerales diluidas a las cuales se las llama AGUAS SUPERFICIALES y AGUAS SUBTERRANEAS.

Estas aguas y los minerales degradados que se obtienen de su flujo al océano constituyen una reacción inversa a la que se produce durante el envejecimiento de las mismas. Se obtiene un OCEANO con una composición tal como la que tiene actualmente y se producen nuevas rocas.

Las actividades del hombre y las de los organismos que se desarrolla dentro y alrededor de las aguas naturales modifican tanto la composición inorgánica como la orgánica de tales soluciones.

Tipos de contaminantes

63

Conservativos	No conservativos
<ul style="list-style-type: none"> • Prevalcen en la cuenca, • Se diluyen, • Ej: sólidos disueltos o cloruros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se degradan, • $dC/dt = -kC$ • Ej: temperatura, microorganismos, radioisótopos.

Prof. Dra. Albana Marchesini

Cargas contaminantes

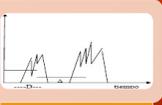
64

• La cantidad de un contaminante debe evaluarse para poder manejarlo y controlarlo, su carga dependerá de la concentración y caudal de vertido que se genere, y depende de la fuente de donde provenga...



FLUJO CONTINUO
W=Q.C

W=Carga continua (kg/día)
Q=caudal (m³/día)
C=concentración continua (ppm)



FLUJO INTERMITENTE
Qc= C.I.A

Qc= caudal (L/s)
C= coeficiente volumetrico de escorrentia (0.1-0.3 rural; 0.4-0.6 urbano; 0.7-0.9 ind. y comercial)
A= área que cubre la escorrentia (m²)

Prof. Dra. Albana Marchesini

Parámetros generales indicadores de contaminación

65

<ul style="list-style-type: none"> • Organolépticas • Turbidez materias en suspensión • Temperatura • Conductividad <p style="text-align: center; font-size: small;">Físicos </p>	<ul style="list-style-type: none"> • Salinidad dureza • pH • O₂ disuelto • Medidores de materia orgánica (DBO y DQO...) • Materia inorgánica: cationes, aniones, metales, etc. <p style="text-align: center; font-size: small;">Químicos </p>
<ul style="list-style-type: none"> • Radiación alfa y beta totales • Elementos individuales <p style="text-align: center; font-size: small;">Radioactivos </p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias • Hongos • Virus • algas <p style="text-align: center; font-size: small;">Microbiológicos </p>

Prof. Dra. Albana Marchesini

En resumen...

66



Prof. Dra. Albana Marchesini

ORIGEN	CONTAMINANTE	EFFECTOS
Industria energética-Térmica <i>(emplea agua como refrigerante)</i> Industria energética-Hidráulica <i>(el agua de las turbinas vertida al río posee una temperatura inferior)</i>	Temperatura	- Con un aumento de 5 a 10° C se reduce la cantidad de oxígeno disuelto. - Desaparición de especies condicionadas a unos límites de temperatura u oxígeno. - Variación en los ciclos de crecimiento de algunas especies. - Reproducción anormal de algunas especies de agua fría, como la trucha o el salmón.
Industria energética-Nuclear <i>(procedente de los circuitos de refrigeración)</i> Residuos radioactivos <i>(procedentes del contacto de las cañerías con la tierra)</i>	Partícula radioactivas	- Acumulación en lodos de ríos, embalses y fondos oceánicos. - La inhalación del radón puede ocasionar diversos efectos en la salud humana, tales como el cáncer de pulmón.

67

ORIGEN	CONTAMINANTE	EFFECTOS
Aguas residuales <i>(domésticas e industriales)</i> Erosión del suelo Infiltraciones incontroladas	Sólidos en suspensión - Inorgánicos (are-nas finas y grue-sas, lodos, gra-vas) - Orgánicos (res-tos de animales y vegetales)	- Aumento de la turbidez que impide el paso de la luz y afecta a la actividad fotosintética. - Alteraciones en las cadenas tróficas. - Dificultad en la movilidad y respiración de organismos acuáticos. - Alteraciones respiratorias producidas por la degradación y emisión de gases tóxicos. - Modificación de las propiedades físicas del agua: olor, color, sabor.
Aguas residuales <i>(domésticas e industriales)</i> Actividades agrícolas Vertidos industriales	- Carbohidratos - Grasas animales y aceites - Pesticidas - Fenoles Proteínas	- Olores. - Variaciones en el color. - Alteraciones en las cadenas tróficas.

68

ORIGEN	CONTAMINANTE	EFFECTOS
Aguas residuales Agua de suministro	Alcalinidad	- Variaciones de pH, tóxico para las comunidades de peces
Intrusiones marinas	Cloruros	- Variaciones de pH, tóxico para las comunidades de peces
Vertidos industriales	Metales pesados	- Las sales de los metales tienen efectos muy graves dada su bioacumulación y persistencia. - Envenenamiento por Hg. - Cd produce alteraciones en el riñón.
Vertidos agrícolas Vertidos ganaderos Vertidos industriales Aguas residuales	Nitrógeno y compuestos nitrogenados	

69

Saben que?

Cada día mueren aproximadamente 30.000 personas por causa de enfermedades "hídricas". En los países en vías de desarrollo, el 80% de todas las enfermedades son de origen hídrico. Una cuarta parte de los niños que nacen en dichos países mueren antes de cumplir los cinco años, la gran mayoría por este tipo de enfermedades hídricas...



70

Métodos para la obtención del agua potable

- ### Métodos convencionales.... Métodos no convencionales....
- Los métodos convencionales aplican a la potabilización de aguas superficiales o subterráneas de buena calidad micro y físicoquímica
 - Los métodos avanzados aplican a aquellas agua que requieren la eliminación de iones que no son fácilmente decantables o precipitables y que requieren procesos mas complejos que los 1ríos o 2ríos, o bien también para el tratamiento de aguas residuales como tratamientos 3ríos...

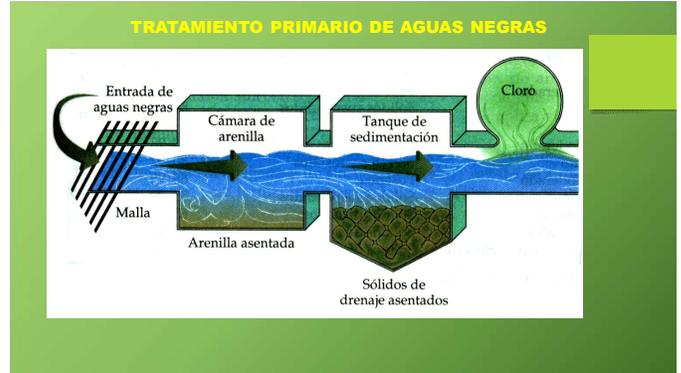
ETAPAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

1. Tamizado y eliminación de materiales en flotación.
2. Sedimentación primaria.
3. Aireación.
4. Sedimentación final.
5. Desinfección.
6. Optativo (ajuste de pH)

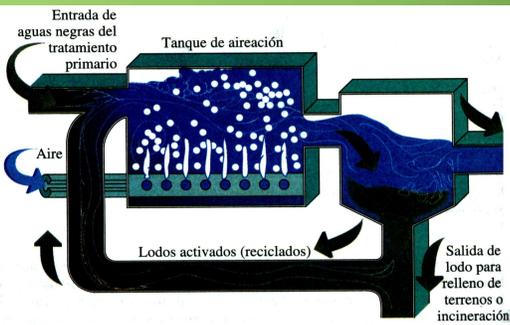


ETAPAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

1. Tamizado y eliminación de cascajo.
2. Sedimentación primaria.
3. Aireación.
4. Sedimentación final.
5. Desinfección.
6. Optativo (ajuste de pH)



TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS NEGRAS



RESUMEN DE MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

MÉTODO	COSTO	MATERIAL ELIMINADO	PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN
PRIMARIOS			
Sedimentación	Bajo	Sust. Orgánicas disueltas	25-40
		Sólidos suspendidos	40-70
SECUNDARIOS			
Filtros de goteo	Moderado	Sust. Orgánicas disueltas	80-95
		Sólidos suspendidos	70-92
Lodos activados	Moderado	Sust. Orgánicas disueltas	85-95
		Sólidos suspendidos	85-95
AVANZADOS (Terciarios)			
Lecho de carbón con reg.	Moderado	Sust. Orgánicas disueltas	90-98
Intercambio iónico	Alto	Nitratos y fosfatos	80-92
Precipitación química	Moderado	Fosfatos	88-95
Filtrado	Bajo	Sólidos suspendidos	50-90
Ósmosis inversa	Muy alto	Sólidos disueltos	65-95
Electrodialisis	Muy alto	Sólidos disueltos	10-40
Destilación	Extremadamente alto	Sólidos disueltos	90-98

Decantación y flotación

Sedimentación de las partículas floculadas

El fenómeno de la sedimentación de las partículas floculadas es diferente al de las partículas discretas.

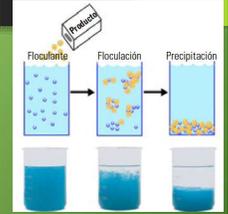
1) Sedimentación libre

Se produce en suspensiones de baja concentración de sólidos. La interacción entre partículas puede considerarse despreciable (partículas discretas), por lo que sedimentan a su velocidad de caída libre en el fluido.

2) Sedimentación por zonas

Se observa en la sedimentación de suspensiones concentradas. Las interacciones entre las partículas son importantes, alcanzándose velocidades de sedimentación menores que en la sedimentación libre.

En el caso de partículas floculadas, estas interacciones provocan la aglomeración de las partículas, aumentando el tamaño del floculo.



Decantación

El objetivo fundamental de la decantación es la eliminación de los sólidos sedimentables por acción de la gravedad.

Muchas de las sustancias en suspensión ó existentes en el agua no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas, desarenadores o desengrasadores, ni tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua.

Ayudados por compuestos coagulantes y floculantes se consigue la unión de las diferentes partículas en suspensión para formar floculos que, por su propio peso, se pueden separar del agua.

Este proceso se realiza en unos depósitos en los que la velocidad del agua es suficientemente lenta, denominados decantadores.

Tipos de decantadores

Clasificación según el tipo de proceso.

Decantador 1río.



Decantador 2río.



Decantador 2río circular

Flotación

La flotación, al igual que la decantación, es un proceso de separación sólido líquido en una suspensión de ambos elementos, basado en su diferencia de densidades.

La diferencia con la decantación consiste en que, mediante la flotación se pretende separar de la suspensión aquellos elementos sólidos que, por su menor densidad, pueden flotar (flotación natural) o ser susceptibles de flotar (flotación provocada) sobre el líquido que los contiene.

1) **Flotación natural** → Este tipo de flotación se produce cuando la densidad de las partículas sólidas es menor que la del agua.

Su utilidad se reduce a procesos de desaceitado y desengrasado de aguas (cámaras de grasas, pre desaceitado de aguas de refinarias...)

Los separadores de grasas se basan en la eliminación de todos los glóbulos de aceite o grasa mayores de 0,015 cm

Flotación

2) **Flotación provocada** → Aprovecha la aptitud que tienen ciertas partículas sólidas o líquidas para unirse a burbujas de gas (generalmente, aire) y formar conjuntos partícula-gas menos densos que el líquido del cual constituye la fase dispersa.

Para que sea factible la flotación de partículas sólidas o líquidas, más densas que el líquido, es preciso que la adherencia de las partículas a las burbujas de gas sea mayor que la tendencia a establecer un contacto entre las partículas y el líquido.

Las burbujas pueden tener diferentes tamaños, siendo variable el efecto que esta diferencia de tamaños puede ejercer sobre la flotación.

La mayor velocidad ascensional de las burbujas de mayor tamaño lleva a un tiempo de recorrido menor en el tanque de flotación y, por tanto, a una menor duración del efecto.

Además, una excesiva velocidad de las burbujas puede producir corrientes turbulentas que dificulten el desarrollo del proceso de flotación.

Filtración

Definición

La filtración es un proceso físico fundamentado en el paso de una mezcla sólido - fluido (líquido o gas) a través de un medio más o menos poroso, el cual retiene los sólidos permitiendo, por el contrario, el paso del fluido.

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general



Tipología

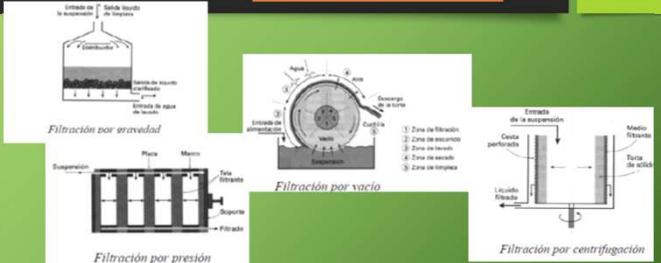
Dentro del proceso de filtración podemos diferenciar diferentes tipos en función de:

1) **Material a separar** → Filtración convencional, microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa.

- **Filtración convencional (= clarificación):**
→ $\geq 10 \mu\text{m}$ (clarificar soluciones)
- **Microfiltración:**
→ 0.1 - 10 μm (agua p. iny.)
- **Ultrafiltración:**
→ 0.001 - 0.1 μm (macromoléculas) (MEMBRANAS)
- **Ósmosis inversa:**
→ 0.001 - 0.0001 μm (iones) (MEMBRANAS- P)

Fuerza impulsora

2) **Fuerza impulsora** → Filtración por gravedad, por presión, por vacío o por centrifugación



Filtración por gravedad: Diagram showing a funnel with a filter paper, with labels for 'Entrada de la suspensión de líquidos', 'Medio filtrante', 'Cuerpo de la suspensión', 'Cuerpo de la solución', and 'Cuerpo de la solución'.

Filtración por presión: Diagram showing a filter press with labels for 'Entrada de la suspensión', 'Medio filtrante', 'Cuerpo de la suspensión', 'Cuerpo de la solución', and 'Cuerpo de la solución'.

Filtración por vacío: Diagram showing a vacuum filter with labels for 'Entrada de la suspensión', 'Medio filtrante', 'Cuerpo de la suspensión', 'Cuerpo de la solución', and 'Cuerpo de la solución'.

Filtración por centrifugación: Diagram showing a centrifuge with labels for 'Entrada de la suspensión', 'Medio filtrante', 'Cuerpo de la suspensión', 'Cuerpo de la solución', and 'Cuerpo de la solución'.

Filtros en profundidad (Lecho filtrante)

La filtración que podemos llamar convencional (a través de lechos filtrantes) se realiza haciendo pasar el agua por lechos de diversos materiales con un cierto espesor, lo que produce una filtración en profundidad, quedando retenidas las partículas en él y obteniendo un agua con un contenido inferior en sólidos en suspensión.

La ventaja de estos sistemas es que permiten la eliminación de partículas coloidales, de difícil separación en filtraciones superficiales.

Se utiliza esta filtración cuando la dimensión de las partículas contenidas en el agua es relativamente pequeña.

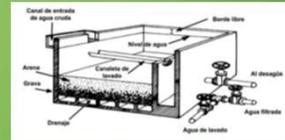
Para que esta filtración sea eficaz, es preciso que las materias puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en su superficie.

El lecho va ensuciándose progresivamente con la retención de sólidos, hecho que es detectado por un incremento de presión diferencial, por nivel de agua o por caída del caudal filtrado, y cuando esto se produce es necesario un lavado del filtro (normalmente a contracorriente) para retirar los sólidos retenidos y volver a la operación normal del filtro.

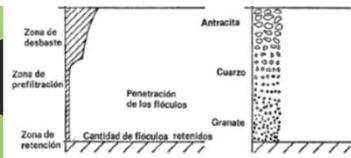
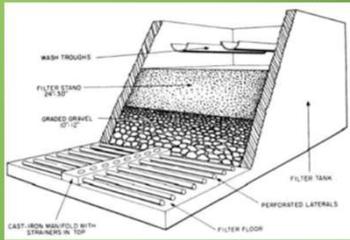
Tipos de filtros

Los filtros pueden ser de gravedad (como los que se instalan normalmente en las potabilizadoras) o cerrados, a presión (se emplean más en desalación) con el fin de evitar el contacto del agua con el aire y la luz ambiente, que pueden favorecer desarrollos microbiológicos y empeoramiento de la calidad.

1) *Filtros de gravedad* → Suelen ser de forma rectangular el agua entra por un canal lateral superior que actúa como vertedero por desbordamiento o bien dejando pasar el agua por orificios en sus paredes y se desplaza a través del lecho filtrante pasando a una cámara inferior separada por un falso fondo dotado de boquillas colectoras que dejan pasar el agua pero no el material filtrante.



Los lechos filtrantes pueden ser con capa filtrante única (± 1 m) o bien en sistemas multicapas. En capa única el medio más utilizado es la arena silicea o sílex, de distintas granulometrías según la aplicación. Asimismo en casos de agua con un importante contenido en sólidos, pueden colocarse sistemas de filtración en serie.

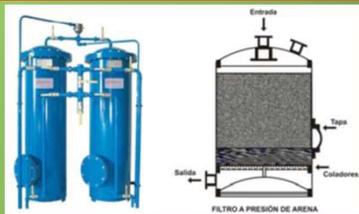


Como lechos filtrantes adicionales al sílex, en sistemas multicapa, se han utilizado materiales como la antracita, o el granate, y también pueden combinarse con distintas granulometrías



Filtros cerrados a presión vertical

2) *Filtros cerrados a presión* → Cuando los caudales son reducidos, normalmente se instalan filtros verticales, cuya superficie de filtración es igual a la sección horizontal del cilindro del filtro. A medida que el caudal es mayor, el diámetro del filtro se va incrementando hasta valores que hacen más recomendable una disposición horizontal, en la que ya no tenemos limitaciones constructivas, ya que podemos darle la longitud que necesitamos.

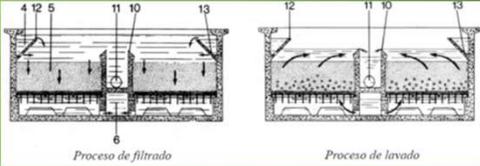


Ejemplos de filtros verticales y horizontales



Lavado de filtros

Los filtros, a medida que su lecho se va cargando de materias retenidas, se atasca. Cuando el atascamiento alcanza un valor excesivo o la calidad del filtrado no es aceptable, debe procederse al lavado del lecho filtrante. El tiempo que transcurre entre dos lavados sucesivos se denomina "carrera del filtro". Es indispensable que, con este lavado, se devuelvan al lecho sus cualidades iniciales, sin las cuales, el filtro iría perdiendo eficacia y el material filtrante debería retirarse para su limpieza completa o para ser reemplazado.



Los factores que influyen en estos tiempos son los siguientes:

- 1) La calidad y la cantidad de materias en suspensión contenidas en el agua a tratar, que se caracterizan respectivamente por el coeficiente de cohesión K del fango y su volumen V depositado después de 24 horas de sedimentación.
- 2) La granulometría del material filtrante, definida por su talla efectiva D en mm.
- 3) La velocidad de filtración $V = Q / S$ (m/h)
- 4) La altura L de la capa filtrante, en m.
- 5) Las variaciones de pérdidas de carga expresadas en m de columna de agua.



Filtro seco (dcha) Filtro en proceso de lavado (izq)



Tratamiento de fangos



Introducción

En los procesos de pretratamiento de aguas, éstas son desprovistas de los sólidos en suspensión en diferentes fases. Estos residuos, que denominaremos fangos o lodos, son los únicos elementos de rechazo que se obtienen en el proceso y deben ser objeto de un tratamiento previo tanto para su posible aprovechamiento, como para su vertido, con un adecuado control en cumplimiento de la legislación ambiental.

RECUPERACIÓN	ELIMINACIÓN SIN RECUPERACIÓN
Utilización en agricultura como abono	Vertido al mar o a un cauce superficial
Recuperación de terrenos agotados	
Producción de energía	Relleno de terreno, escombreras...
Compostaje	

TIPOS DE FANGOS....

La variedad o diferentes características de los fangos depende esencialmente de la calidad del agua bruta y del tratamiento aplicado.

El origen de los fangos puede ser:

- a) Los residuos retenidos en los decantadores, que son lodos que se obtienen en la coagulación, junto con materias de naturaleza orgánica e inorgánica, arrastradas por el agua.
- b) Los residuos procedentes del lavado de filtros, que son similares a los procedentes de los decantadores, con la fundamental diferencia de su más baja concentración. Además, como los filtros pueden favorecer el desarrollo biológico, el agua de lavado puede contener mayor cantidad de materia orgánica, que la procedente de las purgas de decantadores.

Es una práctica muy corriente reciclar el agua procedente del lavado de filtros enviándola a cabecera de tratamiento, o bien evacuarla hacia el desagüe general.

Pero, generalmente, se juntan con los residuos procedentes de las purgas de los decantadores para someter al conjunto a un tratamiento específico para la extracción final del residuo sólido, con un determinado grado de humedad.

Ejemplo

A continuación se expone en la siguiente tabla un caso real de producción de lodos en una estación de tratamiento de agua potable.

El caudal de agua tratado en la planta es de 1m³/s
Los fangos tienen un doble origen; por un lado se originan en las purgas de los decantadores, y por otro, en el lavado de los filtros, realizándose una mezcla posterior.

Caudal agua tratada	Purgas decantadores		Lavado filtros		Mezclas purgas-lavado		Materia seca total
	Volumen m ³ /día	Concent. (kg/m ³)	Volumen m ³ /día	Concent. (kg/m ³)	Volumen m ³ /día	Concent. (kg/m ³)	
1M ³	276	4.50	1680	0.25	1956	0.85	1660

Características de los fangos

Los fangos procedentes de las estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAP) están compuestos fundamentalmente por:

- 1) Las materias presentes en el agua bruta y que por oxidación, coagulación y precipitación han sido retenidas en los decantadores y en los filtros.
- 2) Las sustancias (óxidos e hidróxidos) procedentes de los coagulantes y otros reactivos como cal, permanganato...

La cantidad de fangos que se producirán será función de:

- 1) La calidad del agua bruta (composición de sólidos)
- 2) Del caudal tratado
- 3) De la cantidad de reactivos añadidos

El rango de las concentraciones de los fangos (en peso) que se producen puede variar del 2 al 15%.

Bombas de fangos

El paso de los fangos de un punto a otro de la instalación se puede realizar de dos formas:

- a) Por gravedad
- b) Mediante el empleo de bombas.

Las bombas más utilizadas en el transporte de fangos son:

- 1) *Tornillos de Arquímedes*
- 2) *Bombas de embolo o de diafragma*
- 3) *Bombas de cavidad progresiva* (también conocidas como bombas "mono" ya que *Mono* fue la primera firma en comercializarlas)
- 4) *Bombas centrífugas* → Con un diseño especial del álabe con el fin de permitir el paso de sólidos

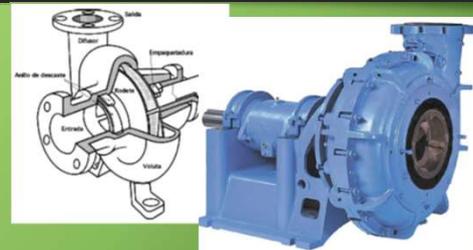
Tornillo de Arquímedes



Bombas de cavidad progresiva



Bomba centrífuga



Proceso de tratamiento de fangos

Las operaciones a las que se someten los fangos en los procesos de potabilización son las siguientes:
(IMPORTANTE NO CONFUNDIR CON FANGOS DE DEPURACIÓN)

1) HOMOGENEIZACIÓN

2) **ESPEZAMIENTO**
Por gravedad
Por flotación

3) DESHIDRATACIÓN

filtro banda
filtro prensa
centrifugación
Extensión en eras de secado

4) TRANSPORTE A VERTEDERO

Homegeneización

Los lodos que se originan en el **pretratamiento** se recogen a través de las purgas de los decantadores o en el lavado de los filtros.

Dado que estos lodos se extraen de forma intermitente y las concentraciones son bastante diferentes, es aconsejable enviarlos a un depósito de mezcla y almacenamiento, donde se homogeneice la concentración y a la vez se disponga de un volumen que permita el funcionamiento continuado de la planta de fangos.

Hay que tener en cuenta que si las concentraciones que llegan a la planta de fangos son muy variables, el rendimiento de ésta se verá muy afectado, siendo por tanto **no favorable la mezcla** previa en el depósito de homogeneización de las aguas de lavado de filtros y purgas de decantadores, programando ambos caudales a fin de obtener una concentración de la mezcla lo más constante posible.

Aun cuando solamente se envíe a la planta de lodos las purgas de decantadores (sería el caso de recuperar el lavado de filtros en la propia estación de tratamiento de agua potable) es igualmente aconsejable su paso por el depósito de homogeneización

Ejemplo de tanque de homogeneización



Espezamiento

Los fangos originados en las estaciones de tratamiento pueden considerarse como fangos poco concentrados.

Los procedentes de las purgas de decantadores pueden contener un valor promedio de materia seca del orden del 0,5% (5 g/l) y los procedentes del agua de lavado de filtros son menos concentrados aún, del orden de 0,2 a 0,3 g/l.

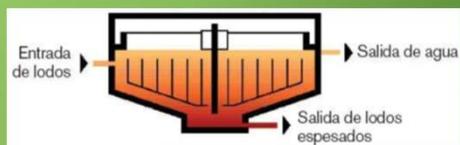
El **espezamiento** de los fangos tiene lugar generalmente en espesadores, ya sea por gravedad o por flotación, pudiendo emplearse incluso ambos sistemas: se comienza con un espesador por gravedad y de aquí el lodo concentrado extraído del fondo del decantador pasa a los decantadores por flotación.

En estos **espezadores** se consigue un **aumento de la concentración** del orden de 8 veces la concentración inicial (valor final medio del 4%).



a) **Espezamiento por gravedad** → Suele realizarse en espesadores estáticos normalmente circulares provistos de rasquetas que estáticos, circulares, arrastran el fango precipitado hacia las arquetas de recogida, desde donde se bombea al equipo de deshidratación.

El agua decantada clarificada se extrae por los vertederos situados en la parte superior y se recupera en cabecera de tratamiento. A veces, los decantadores por gravedad pueden disponer de lamelas que, al aumentar la superficie de decantación, permiten reducir el volumen del decantador, obteniendo buenos resultados en el **espezamiento**



Espesador por gravedad de planta circular



Espesador por flotación



Espesado por flotación con aires presurizado



Entrada al espesador

Separación de lodo y agua

Deshidratación

El fango espesado contiene un porcentaje pequeño de materia seca (4 - 5%), lo que hace necesario una mayor concentración, disminuyendo la humedad.

El objetivo de esta deshidratación es:

- a) Reducir los costes de transporte a vertedero
- b) Conseguir una mayor facilidad en la manipulación (utilización de tractores, palas cargadoras, cintas transportadoras)
- c) Facilitar la posterior incineración del fango
- d) En fangos procedentes de EDAR permite un fango con menos olores y menor grado de putrefacción.
- e) Permitir su vertido en vertedero controlado alcanzar un porcentaje mínimo de sequedad a fin de limitar los lixiviados.

La elección del sistema de deshidratación es función de la tipología de fango producido y del espacio disponible para el tratamiento.

Espesador de gravedad y eras de secado



Terraplanta

Modalidad de era de secado de lodos que utiliza plantas acuáticas para la deshidratación y estabilización de estos.



Filtro banda



Recogida de lodos en un filtro banda



Filtro prensa de placas



Filtro prensa de placas



Filtro de prensa con descarga automática



Deshidratación centrífuga



Transporte y vertido

El agua clarificada de todo el proceso de tratamiento de fangos puede ser recuperada y enviada otra vez a la cabecera del tratamiento.

En cuanto a los lodos, el mayor coste en su gestión es la retirada y el vertido.

En la introducción vimos que estos fangos se podían reutilizar como compostaje, como abono o bien para producir energía mediante su incineración.

Pero el destino habitual suele ser su traslado a un vertedero controlado (en función de las características del fango resultante del proceso) o bien su uso como relleno de terrenos y canteras ya explotadas en determinadas zonas.

En cualquier caso, estos fangos no están caracterizados como residuo tóxico o peligroso, por lo que generalmente pueden considerarse como vertido inerte de cara a su destino final en los vertederos controlados.

La autorización de transporte y de vertido posterior es competencia de la autoridad correspondiente, en cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

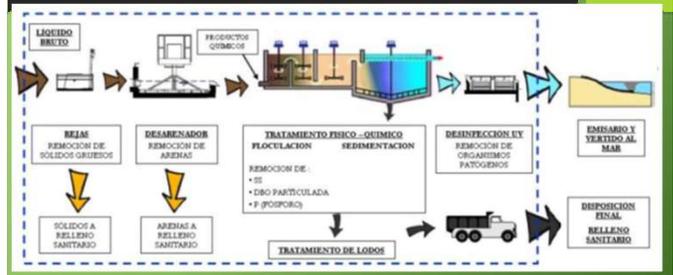
Regeneración de canteras con fangos deshidratados



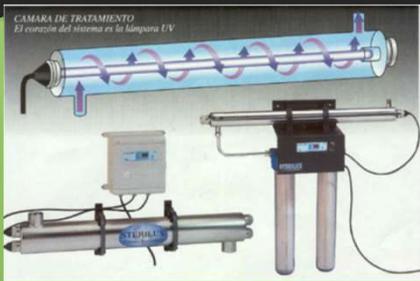
La recuperación de la vegetación en zonas restauradas con fangos es rápida. Sete meses separan estas dos imágenes y ya se observa un buen recubrimiento vegetal en la cantera

Mezcla de fangos sobre lecho de tierras y materiales estériles en la cubrimiento vegetal en la cantera

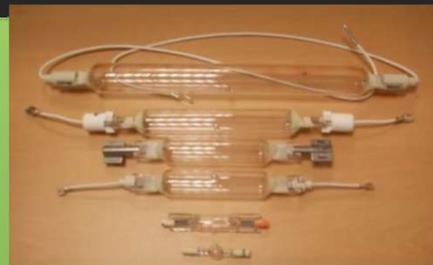
Tratamiento con UV



Lampara sumergida



Lamparas UV no sumergidas



Permanganato de Potasio

El permanganato potásico (KMnO₄) se obtiene a partir del dióxido de manganeso (MnO₂) y se presenta en estado sólido (cristales) que hay que disolver en agua (1 - 3%). Se trata de un compuesto bastante oxidante y es utilizado principalmente en el control de olor y sabor, eliminación de color y control de crecimiento de microorganismos en estaciones de tratamiento de aguas. También puede ser útil en la eliminación de hierro, manganeso y en el control de precursores de THM y otros subproductos antes del uso de otros desinfectantes. El permanganato de potasio inhibe el crecimiento de bacterias y virus. Además, favorece la coagulación, eliminando turbidez y es un fuerte algicida. Como **consejo**, señalaremos que un exceso en la dosis necesaria produciría una coloración rosácea del agua.



En resumen agentes desinfectantes...

Dosis media/Residual a 10 mg/l	Producto	Ventajas	Inconvenientes
1-20 mg/l Residual a 10 mg/l	Cloro	-Versatilidad -Facilidad de aplicación -Experiencia -Reconocido poder bactericida y virulicida -Alto poder de desinfección -Remanencia -Eficaz en la eliminación de NH ₃ y S ²⁻ -Economía relativa	-Formación de THM -Poco efecto sobre olores y sabores -Muy sensible al pH -Instalación específica -Dosis máxima 30 mg/l
0,5 - 2,5 mg/l	Ozono	-Acción viricida -No ocasiona THM -Mejora las características organolépticas -Destrucción fenoles -Independencia pH -Eficaz contra Fe y Mn	-No elimina NH ₃ -Remanencia casi nula -Alto coste inversión y mantenimiento -Presencia ozónidos -Carácter corrosivo -Instalación específica

0,1 – 0,3 mg/l Residual 0,05 mg/l	Dióxido de cloro	-Altos rendimientos en la eliminación de: Fe, Mn, color, fenoles y bacterias -Poder de remanencia -Ausencia de THM	-Poco efecto sobre los sabores -Ineficaz frente NH ₃ -Coste elevado -Presencia de cloritos y cloratos -Dificultad preparación. Explosión -Instalación específica -Clorito Sódico
	Radiaciones UV	-Alta frecuencia frente: virus, olor, sabor -No altera características del agua -No almacenaje -No subproductos	-Tecnología sofisticada -Alto coste (diseño control y mantenimiento) -Problemas en paradas -Nula capacidad de remanencia -Poco eficaz en turbias
0,2 – 1,5 mg/l	Permanganato potásico	-No tóxico, ni subproductos tóxicos -Facilidad de uso/instalación -Mejora calidad organoléptica del agua -Elimina Mn, Fe y Materia orgánica -Poder algicida -Control precursores Trihalometanos	-No actúa sobre el NH ₃ -No tiene poder remanente -Tiempo de contacto/coloración -Precipitación de MnO ₂ en régimen laminar en tuberías -Dosis máxima 2mg/l

DESINFECCION

INTRODUCCION

La desinfección del agua tiene por finalidad la destrucción o inactivación de los microorganismos perjudiciales, patógenos o simplemente molestos que no han sido eliminados en las fases previas del tratamiento del agua.

La desinfección no implica necesariamente la destrucción de todos los organismos vivos (proceso denominado esterilización).

Los factores principales que influyen en la eficacia del proceso de desinfección son los siguientes:

1) Tipo y concentración de los microorganismos que deben destruirse

Los microorganismos patógenos existentes en el agua se pueden dividir en tres categorías:

- Bacterias
- Virus
- Protozoos

2) Tipo y concentración del desinfectante y tiempo de contacto

- La destrucción de un microorganismo por un determinado desinfectante (siempre que los demás factores sean constantes) es proporcional a la concentración del mismo y al tiempo de reacción (tiempo de contacto).
- Una concentración baja de desinfectante durante tiempos de contacto largos puede ser suficiente, mientras que si dichos tiempos son más cortos la concentración del desinfectante deberá elevarse para lograr un índice de destrucción semejante.

3) Características físico - químicas del agua a tratar → Destacando:

- Si existe mucha materia en suspensión los organismos pueden ser inaccesibles al desinfectante.
- Si el desinfectante es un oxidante, la presencia de materia susceptible de ser oxidada disminuirá la cantidad de desinfectante disponible para destruir a los microorganismos.
- El pH del agua influye en las reacciones de algunos desinfectantes con el agua, transformándolos en compuestos con mayor o menor actividad germicida.
- La temperatura ejerce una marcada influencia sobre el proceso de desinfección. Cuanto más alta sea, más elevado es el índice de destrucción microbiana, sin embargo este efecto se contrarresta en parte por la mayor inestabilidad de los desinfectantes a altas temperaturas.

La selección de los diferentes desinfectantes se realiza en función de determinados parámetros, como son:

- 1) Capacidad para destruir patógenos
- 2) Posibilidad de seguimiento preciso
- 3) Actuación sobre caracteres organolépticos (color, sabor, olor...)
- 4) Facilidad de uso
- 5) Precio

Los compuestos más utilizados para la desinfección de las aguas de consumo humano son el cloro (hipoclorito sódico o cálcico), dióxido de cloro, ozono, permanganato potásico, radiaciones UV, agua oxigenada y cloraminas (cloro + amoníaco).

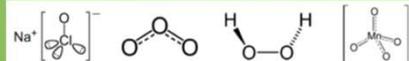
Preoxidación

La preoxidación es un proceso mediante el cual se introduce en el agua un agente químico oxidante que reacciona con la materia orgánica e inorgánica que contiene ésta y que es susceptible de eliminación o modificación mediante la oxidación.

Los reactivos más empleados suelen ser el cloro (Cl₂) y sus derivados, principalmente el hipoclorito sódico (NaClO).

Además, se suele utilizar también el ozono (O₃), el permanganato potásico (KMnO₄) y el peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

La preoxidación se realiza a la entrada de la planta de tratamiento, con el fin de hacer efectiva la desinfección previa y que los equipos y las conducciones no resulten contaminados (legionella).



La preoxidación facilita tratamientos posteriores e interrumpe desarrollos bacteriológicos tanto en conducciones como en equipos.

1) Efectos de la preoxidación:

- Disminución del contenido de materia orgánica
- Reducción del desarrollo del plancton (evitando obstrucción de tuberías)
- Destrucción de las bacterias ferruginosas que pueden atacar el hierro en las tuberías metálicas
- Precipitación de los óxidos de Fe y Mn
- Oxida el amoníaco dando cloraminas y los nitritos obteniendo nitratos

2) Inconvenientes de la preoxidación:

- Reacción del cloro con algunas sustancias orgánicas puede originar compuestos tóxicos. Esto se puede evitar empleando ozono

Regulación del pH

Posteriormente a la realización de la preoxidación se puede realizar el proceso de regulación del pH, añadiendo un ácido al agua bruta (sulfúrico o clorhídrico) con el fin de mantenerlo entre unos valores de 5 y 6.

El producto más empleado es el ácido sulfúrico (H₂SO₄) diluido al 65% debido a su menor coste y a su mejor comportamiento.

Objetivos de la regulación del pH → Los principales son:

- * 1) Evitar la precipitación de CaCO₃ reduciendo el pH del agua, con lo que conseguimos valores negativos del índice de Langelier
- * 2) Impedir la precipitación de los óxidos metálicos

Precauciones → Dada la peligrosidad de los compuestos empleados es necesario disponer un recipiente convenientemente preparado y con una ventilación adecuada que impida la acumulación de gases tóxicos.

Hay que tener en cuenta que en el punto de adición se produce una elevación de la temperatura del agua.

CORO

El cloro es un elemento químico que, en condiciones normales de presión y temperatura, se presenta en forma de gas tóxico amarillo verdoso, con un olor penetrante característico.

El cloro es transportado como un gas comprimido en estado líquido, para ello se utilizan recipientes a presión debidamente certificados para este fin.



Cilindros para el transporte de cloro

El cloro fue descubierto en su forma diatómica en 1774 por el sueco Carl Wilhem Scheele, al mezclar óxido de manganeso con clorhídrico.

En 1810 el químico inglés Humphry Davy lo identificó como elemento químico, denominándolo cloro por su color característico (del griego, chloros, verde pálido).

En la naturaleza no se encuentra libre, pero combinado está muy extendido. Industrialmente se obtiene por electrolisis del cloruro de sodio o de potasio

El cloro tiene un gran poder germicida, interviniendo en la oxidación de sustancias inorgánicas (sulfuros, compuestos de hierro y manganeso) y orgánicas, que comunican olor o sabor al agua.

Como principal inconveniente presenta la formación de trihalometanos.

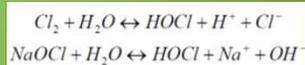
La cloración de los abastecimientos públicos del agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada.

Química de la cloración

El poder desinfectante del cloro y sus compuestos radica en su capacidad de oxidación.

En presencia de agua el cloro, bien sea en forma gaseosa (Cl₂) o como hipoclorito (NaOCl), reacciona para dar ácido hipocloroso (HOCl) mediante un proceso de hidrólisis que dura unos pocos segundos a 0°, realizándose de forma casi instantánea a 18° C.

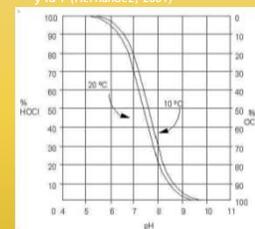
El ácido hipocloroso es, después del dióxido de cloro, el más germicida de todos los compuestos del cloro y la forma con mayor potencial de oxidación-reducción.



Con un pH < 5 todo el cloro está en forma de ácido hipocloroso (HOCl), pero a medida que el pH aumenta este ácido se disocia en ClO⁻ y H⁺. Cuando el pH > 7,5 y a una temperatura de 20°C (o pH > 7,8 con una temperatura de 0°C) empiezan a predominar los iones hipoclorito (OCl⁻) y estos existen casi exclusivamente a partir de pH 9,5.

De esta forma, el cloro puede estar en el agua como cloro libre disuelto, como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito. Estas formas de cloro se denominan "cloro libre activo".

Formas del cloro en función del pH y la T (Hernández, 2001)

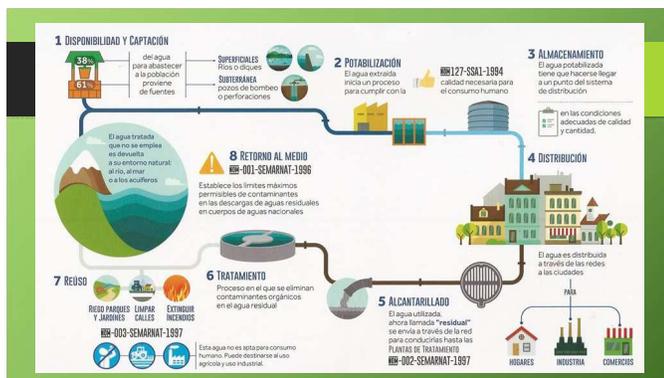


Tratamiento de agua según su utilización

145

Tratamiento general para potabilizar agua

146



Etapas del proceso (resumen):

Desbaste o cribado

- Para eliminación de sólidos, mediante rejas y tamices con una determinada luz. (fino 10mm, medio 10-25mm, grueso-5cm)
- En caso de la abundante presencia de hiervas y hojas será necesario el agregado de un TAMIZADO. Este mediante un tambor rotatorio o bandas de tamizado que utilizan mallas de 1 a 5mm)

Aireación

- Para eliminar sustancias fácilmente oxidables, evitando así problemas posteriores y mejorar sabor y olor: Fe(II), Mn(II), Sulfuros...
- Para eliminar compuestos orgánicos volátiles responsables de olores y sabores (COVs).
- Aumentar el contenido de O_2 disu. → MUY RECOMENDABLE EN CASO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: ya que mejora el sabor y el olor.
- Elimina gases que pueda contener el agua (como CO_2 , H_2S y NH_3 → aguas subterráneas)
- Se realiza en forma simple por agitación o por contacto en contracorriente del agua-aire.

Preoxidación

- Tiene por objetivo:
 - Oxidar Fe(II) y Mn(II) para precipitarlos y eliminarlos posteriormente.
 - Que la Mat. Org. Oxidable sea eliminada más fácilmente.
 - Que compuestos nitrogenados: NH_3 , NO_2^- sean oxidados y convertidos en formas menos nocivas.
 - Evitar el desarrollo de microorganismos a lo largo del proceso (bacterias, algas, plancton).
- Todo esto para mejorar la calidad del agua de entrada en los procesos posteriores. Generalmente se emplea Cloro → *percloración* (generalmente no por la formación de THM) y también se suele usar O_3 y $KMnO_4$.
- Algunas reacciones químicas son:
 - $Fe^{2+} \rightarrow Fe(OH)_3(s)$
 - $Mn^{2+} \rightarrow MnO_2(s)$
 - Compuestos orgánicos fácilmente biodegradables → $CO_2(g) + \dots$
 - $NH_3, NO_2^- \rightarrow NO_3^-$

Dilatación

- Se desintegran los sólidos y se los desmenuza en lugar de separarlos del influente.
- Ventaja: para evitar la evacuación de sólidos y restos separados asociados al desbaste.
- Desventaja: si el desmenuzamiento no es efectivo se puede obstruir y ocasionar un mal funcionamiento en otros equipos de la línea de tratamiento.

Desarenado + desengrase

- Retira el arena de las aguas, es decir pequeños sólidos decantables cuyo tamaño supera los 0.2mm.
- Utilidad: evita la acumulación de sedimentos en los demás equipos y aparatos evitando posibles abrasiones y sobrecargas en fases posteriores del tratamiento.
- Se puede realizar junto con el desengrase, separando los flotantes de grasas y aceites que pueden favorecer fenómenos de flotación NO deseados en fangos en procesos posteriores de la decantación del agua. Además las burbujas de aire inyectadas desde el fondo: desprotegen las partículas de arena sedimentables de su capa de aire que las hace flotar y por otro lado hace flotar más efectivamente el aceite y la grasa y el rastrollo superior recoge todos los flotantes evacuándolos al final del aparato.

clarificación

Objetivo: eliminar la turbidez y la materia orgánica.

Incluye los procesos de:

Proceso	Diámetro (mm)	Partícula representativa	Tiempo de sedimentación para 1m
SEDIMENTABLES			
Coagulación	10	Grava	1 s
Floculación	1	Arena	10 s
Decantación	0.1	Arena fina	2 min
	0.01	Arcilla	2 h
INTERMEDIAS			
Filtración	0.001	Bacterias	8 días
NO SEDIMENTABLES			
	0.0001	Partícula coloidal	2 años
	0.00001	Partícula coloidal	20 años
	0.000001	Partícula coloidal	200 años

Existen partículas en agua que por su tamaño (10⁻¹ - 10⁻³ mm) → estas son las responsables de la turbidez.
 La mayoría de las partículas coloidales se aglomeran entre ellas que impiden que se asienten.
 El ZPI que se establece entre la superficie de una partícula y la de otra es mayor o menor estabilidad de la partícula.
 Para que estas partículas sean eliminadas se requiere un proceso físico (10⁻¹ - 10⁻³ mm) que origine fuertes repulsiones electrostáticas (fuerza eléctrica) es una medida de la estabilidad de la partícula.
 FLOCULACIÓN → AGLOMERACIÓN →

Coagulación

- Es la anulación del PZ por adición de electrolitos polivalentes (tri- y bi-valentes).
- Se emplean sales de: Al³⁺ y Fe³⁺
- Parámetros: dosis y pH

Floculación

- Es la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas (coaguladas) en partículas de > tamaño (floculos) que sedimentan más fácilmente.
- Se emplean: polielectrolitos orgánicos sintéticos con cargas eléctricas y/o ionizables que forman puentes entre partículas.

Decantación

- Es la separación de los floculos originados durante el proceso de coagulación- floculación.
- Operación: sedimentación o decantación.
- Los floculos originan LODOS que luego deben ser purgados.
- Decantadores pueden ser: estáticos o dinámicos.

Filtración

- Consiste en hacer pasar un líquido que contiene materias en suspensión a través de un medio poroso o filtro que permite el paso del líquido y retiene las partículas sólidas.
- Lo que no ha sedimentado es retenido en el filtro.
- FILTRACION EN SUPERFICIE:** sobre un elemento soporte que funciona como tamiz.
- FILTRACION EN PROFUNDIDAD O DE LECHO FILTRANTE:** es el mas usado, actúa toda la masa filtrante.

Desinfección

- Objetivo: eliminar organismos patógenos de un agua (esterilización → todos)
- Parámetros a tener en cuenta.
 - Elevada eficacia
 - Inocuo y no producir olor ni sabor.
 - Acción residual
 - Rapidez de actuación (lo mas independiente de pH, T, concentración, variación de condiciones físicas)
 - Facilidad de manipulación, almacenamiento, determinación, precio.
- Más comunes: Cl₂, ClO₂, cloraminas, O₃, biocidas no oxidantes (pentaclorofenol, organo-estañados, organosulfurados, sales amonio cuaternario, acroleína)

Tratamiento de fangos

- Proceden de las extracciones efectuadas en la decantación y lavados de filtros.
- Compuestos por: plancton, minerales y orgánicos floculados, hidróxidos de Fe y Mn, y sustancias añadidas.
- Tratamiento: se concentran y se secan → torta seca.

Tratamientos opcionales según la calidad del agua

Desalación

- Cuando se trata de aguas con altos contenidos salinos ya que ninguno de los procesos anteriores tiene por Objeto eliminar sales disueltas.
 - Marinas 3,5%
 - Salobres ~0,5%
- Según lo que separa para obtener el agua potable:
 - Separación del agua: Destilación, osmosis inversa, congelación.
 - Separación de las sales: intercambio iónico, electrodiálisis.

Ablandamiento

- Usos: para aguas de uso industrial (calderas) o para aguas de uso doméstico muy duras.
- Métodos:
 - Se precipita con cal (Ca(OH)₂) y sosa (Na₂CO₃)
 - Intercambio iónico: con resinas de intercambio iónico

Adsorción con carbón activo

- Es la fijación de una especie molecular o iónica sobre la superficie de un adsorbente.
- C activo: materiales carbonosos tratados para elevar su superficie

Prevención de la corrosión

- Se debe controlar dureza, alcalinidad, pH y T
- Se basa en el equilibrio del CO₂.
- Parámetros:
 - Controlar acidez, dureza y alcalinidad.
 - Evitar altas T.
 - Emplear inhibidores de la corrosión: asilicatos (protegen acero y cobre por capa protectora), o-fostatos de Na y Zn y polifosfatos → limitado por la legislación.

Tratamiento de aguas residuales 157

Algunas propiedades del agua según su uso...

Uso	Características
Agrícola ganadero	Bajo nivel de bacterias [40 UFC/100mL] y bajos niveles de sustancias tóxicas
Irrigación	Bajo nivel de sólidos disueltos <500ppm, <10000UFC/100mL, bajo metales pesados.
Vida acuática	Concentraciones sustancias tóxicas bajas, pH 6.5-7.5, bajo DBO, baja temperatura y turbidez.
Industrial enfriamiento	Baja dureza (<50ppmCaCO3), baja corrosividad)
Elaboración de alimentos, cerveza y bebidas no alcohólicas	Agua potable pública , sólidos disueltos totales <1ppm.
Requisitos recreativos	Libre de color, olor, sabor y turbidez. Bacterias totales <1000UFC/100mL, bajo nivel de nutrientes para evitar el desarrollo de algas
Agua potable	No hay bacterias, nitratos <10ppm, nitritos <0.1ppm, pesticidas <0.05ppm, fluor <2.4ppm, sustancias tóxicas por debajo de los niveles de los criterios establecidos para cada uno, disueltos totales <500 ppm...

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS 159

Domestic sewage

Characteristic	Domestic sewage		
Volume	70-200% of supply (from infiltration)		
Temperature:	1-2° above supply		
BOD	ca. 100-300 mg/L		
COD	ca. 2 x BOD		
Microorganisms, (as bacteria, viruses, etc., number per 100 mL)	ca. 100-3,000 x 10 ⁶ (mostly nonpathogenic)		
Total solids: mg/L	655		
Solids distribution,	Inorganic	Organic	BOD ^b
Suspended*	65	170	110
Dissolved**	210	210	30
Total	275	380	140
*Suspended solids: (by volume)	1/3 nonsettleable (<50 µm)		
	2/3 settleable (>100 µm diameter)		
**Dissolved solids:	Approx. twice municipal supply (dry weather)		
	N 50 mg/L (mostly NH ₃ and urea),		
	P 30 mg/L (mostly as PO ₄ ³⁻), plus NaCl, etc.		

Requerimiento para la descarga de ARD 161

Se tienen que cumplir dos criterios:
 → Dilución suficiente por el caudal de la corriente receptora
 → Buen mezclado con la corriente de la corriente receptora

El requisito de dilución implica que el O_{2(dib)} no caiga por debajo de 2ppm, y que el O_{2(dib)} no caiga por debajo de 2ppm para descargar un efluente con un DB exige un caudal del río mayor al caudal del efluente. Y no debe ser menor.

Esto se ha solucionado parcialmente en algunos lugares inyectando aire a presión junto con la descarga... para mantener el O_{2(dib)} y además para favorecer el mezclado.

Es necesario el tratamiento del ARD 162

Stream class	Common examples ^a	Assimilatory capacity ^b	Average depth, m	Average flow, m ³ /sec
I	Numerous local	0.023	0.17	0.4
II	Allegheny, Kansas, N. & S. Saskatchewan, Rhone, Po	0.56	1.5	300-1,500
III	Mississippi, St. Lawrence, Orinoco, Ganges, Yenisei	2.90	13.7	20,000

Conociendo la capacidad asimilatoria de un río, es posible estimar mediante el calculo que carga de DBO puede tener el efluente a descargar... (poblacion de 24000 hab)

$$200 \text{ mg/L} \times 2.4 \times 10^6 \text{ L/day} = 4.8 \times 10^8 \text{ mg/day}$$

Descargar este efluente en un río clase I

$$\frac{4.8 \text{ m}^3/\text{sec} \times 10^6 \text{ mg/day}}{0.4 \text{ m}^3/\text{sec} \times 86,400 \text{ sec/day} \times 1,000 \text{ L/m}^3} = 13.9 \text{ mg/L DBO}$$

Resultaría en un DBO de 14 ppm, lo que degradaría sustancialmente el río.

Métodos 1río y 2río para el tratamiento de ARD

163

La aplicación de un método dependerá de la calidad del agua a tratar.
Primario: aplica procesos mecánicos, tales como separaciones físicas.
Secundario: usa métodos bioquímicos y biológicos para eliminar los contaminantes y son notablemente más eficientes que los métodos físicos.
Terciario o métodos avanzados: involucran uno o más tratamientos biológicos, químicos o procesos de separación para mejorar la calidad del efluente.

El nivel del tratamiento requerido para cada situación particular es decidido en función de la capacidad asimilatoria del cuerpo receptor.
 Si se trata de un río no se tiene que tener en cuenta, la existencia de aguas arriba de otro río (por las fluctuaciones en la descarga), los momentos de menores caudales, de poca lluvia, o en el uso de actividades recreativas.

Si se observa la relación existente entre el O₂(dis) y la DBO.*

Diagrama para un proceso de tratamiento 1río + 2río

164

¡ATENCIÓN!
 Este efluente tendrá una alta carga de MO, por lo tanto hay que desinfectarlo con Cl₂ 10 ppm!!!*

¡ATENCIÓN!
 Pero luego habrá que eliminar el Cl₂ residual! Con SO₂ y luego neutralizar con Ca(OH)₂.

Reacciones químicas:
 $HOCl + SO_2 + H_2O \rightarrow HCl + H_2SO_4$
 $2 Ca(OH)_2 + 2 HCl + H_2SO_4 \rightarrow CaCl_2 + CaSO_4 + 4 H_2O$

Método para el tratamiento de ARD

165

200-300 ppm Eleva acidez y carga iónica del efluente... aun no es la adecuada será necesario que se pueda volver a realizarse alguna vez.

Si la calca terciario (corrosión, volumen de materia)

Una o más series de poca profundidad (buena oxiluminación) para lograr una mejora considerable.

200-300 ppm (<Costo) Aun tiene la desventaja de adicionar materia inorgánica no combustible.

POLIELECTROLITOS

$Al^{3+} + \text{negatively charged colloids} \rightarrow \text{stable floc}$

$Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 6 OH^-$

MÉTODOS para el tratamiento de ARD. La coagulación con coagulante y floculante promueve la floculación y la eliminación de la materia coloidal. Se remueve entre 90-95% del fosfato disuelto \rightarrow de 35-55 ppm a menos de 0,5 ppm***

Eliminación de N y P métodos 3ríos.

166

También se puede remover los fosfatos de un efluente 2río pasando sobre electrodos, alrededor de 1,4g de aluminio se consume por g de fosfato removido.

Si hay que remover N y fosfatos combinaciones de acción química y biológica se requieren. El efluente se trata con Ca(OH)₂ para disminuir el pH y luego la digestión anaeróbica convierte el 90% de los compuestos nitrogenados en amoníaco, este luego es stripeado con O₂ del efluente.

$NO_3^-, NO_2^- \text{ (anaerobic digestion)} \rightarrow NH_3 \text{ in solution}$

Otra forma de eliminar los nitratos es empleando bacterias apropiadas y como fuente de C el metanol.

$6 NO_3^- + 5 CH_3OH + 6 H^+ \rightarrow 3 N_2 + 5 CO_2 + 13 H_2O$

EFICIENCIAS RELATIVAS EN LA ELIMINACION

167

	Primary	Primary + secondary	Shallow lagoons*	Chemical coagulation*	Reverse osmosis or electro dialysis*
BOD	35%	90%	95%	95%	95%
COD	30	80	90+	85	95
Refractory organics	20	60	85	80	90
Suspended solids	60	90	95	95	95+
Total N	20	50	85	60	90-95
Total P	10	30	85	85	90-95
Dissolved minerals	1-2	5	10	10	50-90
Incremental cost, US\$ per 100 m ³	0.80-1.05	1.85-4.00	1.60-3.20	3.20-6.60	33-100
Bacteria	35%	90%	99%		
Postdisinfection ^d	90%	99%	99.9+		

TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES

168

DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

169

- Solo pueden ser descartadas junto con las aguas domiciliarias si cumplen una serie de estrictos criterios.
- Estas pueden tener muy altas DBO (alrededor de 10000 ppm , en lugar de las 200 ppm de RD)
- Demandas de Oxigeno tan altas pueden sobrecargar seriamente la capacidad de remoción de una planta de tratamiento municipal.
- Pueden contener tóxicos tales como CN-, metales pesados, orgánicos tóxicos, los cuales pueden inhibir o incluso matar a los microorganismos empleados en los tratamientos secundarios, solventes inmiscibles
- HAY QUE SER SUMAMENTE CUIDADOSOS PARA ACEPTAR UN RESIDUO INDUSTRIAL JUNTO CON LOS MUNICIPALES (ej del hexano- USA)

En general

170

- Toda la tecnología disponible debería tender hacia...
- Generar menos residuos
- De generarlos encontrar la metodología apropiada de menor costo y mas amigable para tratar el problema ecológico que constituye un efluente contaminado (reuso, depuración, etc)

Métodos avanzados de obtención de agua potable

ELIMINACION DE CONTAMINANTES PRESENTES EN AGUA por métodos catalíticos.

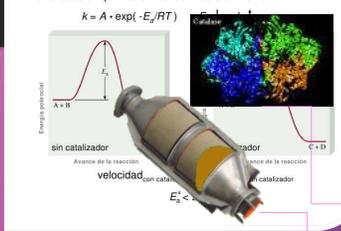
Contenidos...

Contaminación con nitratos y emergentes. Catalizadores. Preparación, evaluación, caracterización. Ejemplos.



Dra. F. Albana Marchesini
FIQ- INCAPE
CONICET CCT Santa Fe Argentina

El **catalizador** es una sustancia que aumenta la velocidad de una reacción química sin consumirse a sí mismo.

$$k = A \cdot \exp(-E_a/RT)$$


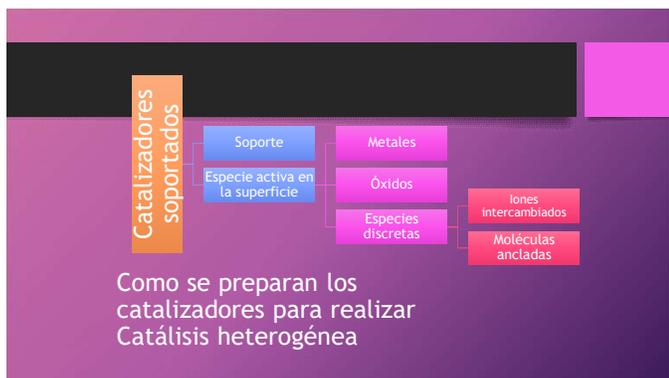
↓ Ea de una reacción
↓ t de evolución de una reacción
No se consume
No se modifica

Tipos:
Homogénea
* Enzimática
* Ácida, Básica, etc
Heterogénea!!!

Y que es un catalizador...

Por que la Catálisis heterogénea

- Es **específica** para eliminar los contaminantes
- No genera un concentrado, **elimina** el contaminante



Soportes
* óxidos inorgánicos
* polímeros orgánicos

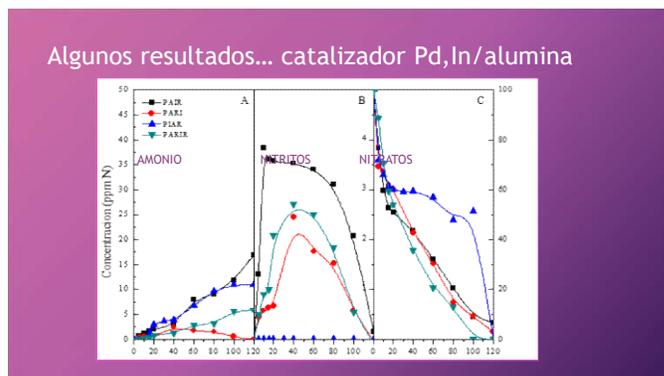
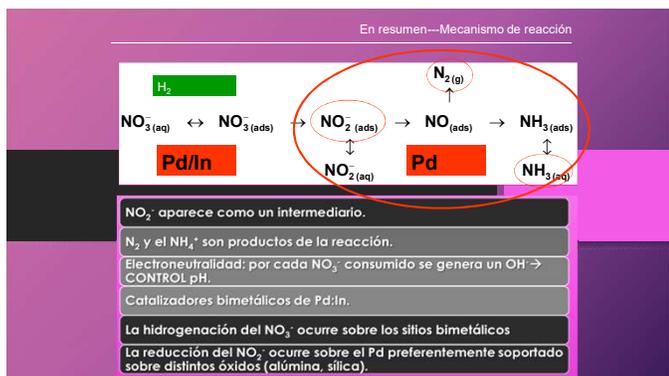
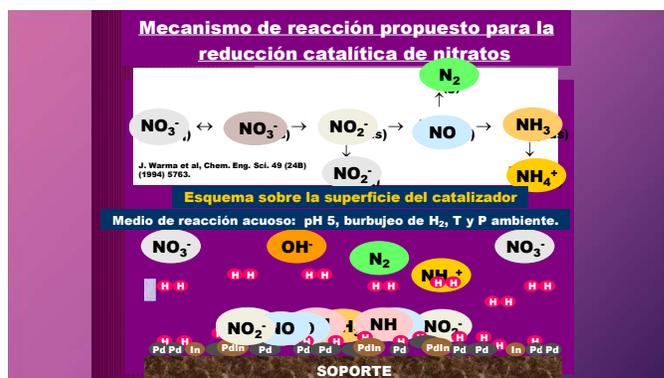
Sílica: 200-800 m²/g
Alúminas: 5-10/160-250 m²/g
Zeolitas: 180-1600 m²/g
Soportes heterogéneos: 1000 m²/g

CATIONES + H₂O

Especie activa superficial
Dependiendo de la reacción a catalizar...

- * óxidos inorgánicos ... para oxidaciones
- * metales... para reducciones
- * etc...





Conclusiones

Logran la conversión total en menos de 120 min.

La selectividad todavía debe mejorarse.

Eliminación catalítica de fenol

Mecanismo de reação proposto para a oxidação catalítica do fenol (Ph)

Esquema sobre la superficie del catalizador

Medio de reacción acuoso: pH sc, inyección de H2O2, R P, 40y70°C

Algunos resultados catalizador CuO/Alumina

Conversión total en menos de 30 min, en pulsos sucesivos.

Eliminación de hidroquinonas, el sistema se acidifica. Existencia ácidos orgánicos.

Disminución del TOC desde 1200ppm a 80 ppm.

Faltan estudios de toxicidad.

Preguntas.....

Conclusiones

Lo ideal sería eliminar la fuente de contaminación.....

Mientras.... La tecnología empleada depende de varios factores:

- Costo....
- Tipo de agua a tratar
- Condiciones ambientales y de reacción que se pueden modular
- Uso para el concentrado...
- Calidad de agua a obtener....

Finalmente....



El agua es un bien indispensable....
HAY QUE CUIDARLA!!



• APRENDAMOS A USARLAAAAA

MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓNNNNNNN

ALBANA.MARCHESINI@GMAIL.COM
ALBANA@FIQ.UNL.EDU.AR