



Calidad de las aguas residuales

Objetivo:

Al termino de este capitulo el participante describirá las características de las aguas residuales, los contaminantes que se encuentran presentes en ellas, su origen y efectos en el medio ambiente.

1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

Agua residual

Descomposición
de la materia
orgánica

Malos olores

Además de patógenos y parásitos, el agua residual contiene nutrientes (como el nitrógeno y el fósforo) que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas y puede contener compuestos tóxicos.



1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Contaminantes del agua

★ La contaminación presente en los efluentes está constituida por:

- ➡ 1. Material biodegradable
- ➡ 2. Materias coloidales o emulsiones
- ➡ 3. Sustancias en suspensión
- ➡ 4. Contaminación térmica

1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2. tipos de contaminación del agua residual

Con base en el origen de la contaminación se pueden distinguir:



- ◆ Efluentes urbanos o municipales
- ◆ Efluentes industriales
- ◆ Efluentes de origen agrícola

1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2 Diferentes tipos de contaminación del agua residual

*EFLUENTES URBANOS O MUNICIPALES

*Aguas de origen doméstico

Contienen:

- Grasas, aceites y detergentes
- Sales disueltas, materia orgánica
- Nitrógeno, fósforo
- Bacterias, huevos de helmintos etc.



1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2 Diferentes tipos de contaminación del agua residual

* EFLUENTES URBANOS O MUNICIPALES

* Aguas de escurrimientos



- Lluvias o pluviales
- Escurrimientos de la carpeta asfáltica

1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2 Diferentes tipos de contaminación del agua residual

*EFLUENTES URBANOS O MUNICIPALES



☛ Aguas residuales de las actividades artesanales

Pueden contener:

- Compuestos tóxicos o inhibitorios.
- Cantidades importantes de detergentes
- Productos poco biodegradables
- Productos fuertemente ácidos

1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2 Diferentes tipos de contaminación del agua residual

* EFLUENTES INDUSTRIALES

- **Mineral dominante**

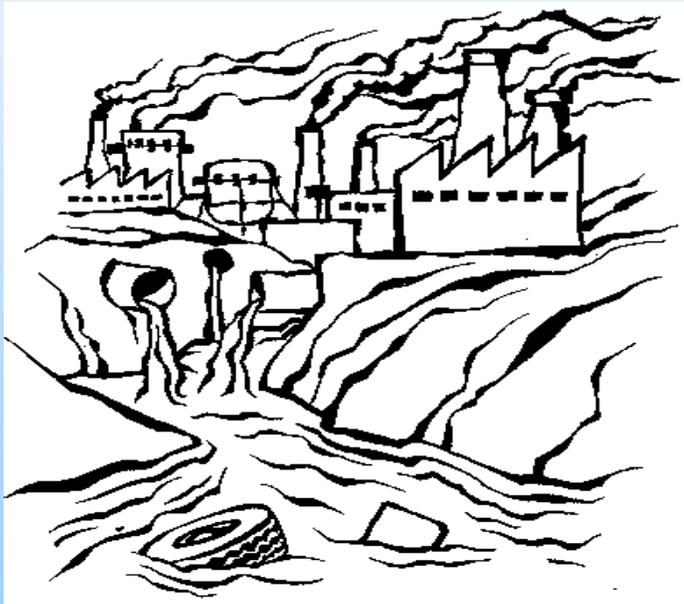
Minas, fábricas químicas etc.

- **Orgánico dominante**

Industria agroalimentaria
(rastros, industria láctica
etc.)

- **Mixto**

Textiles, papeleras, refinerías,
farmacéuticas



1.1 SITUACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2 Diferentes tipos de contaminación del agua residual

*EFLUENTES DE ORIGEN AGRÍCOLA

⇒ PESTICIDAS

Herbicidas,

Fungicidas

Insecticidas



⇒ FERTILIZANTES

Nitrógeno

Fósforo

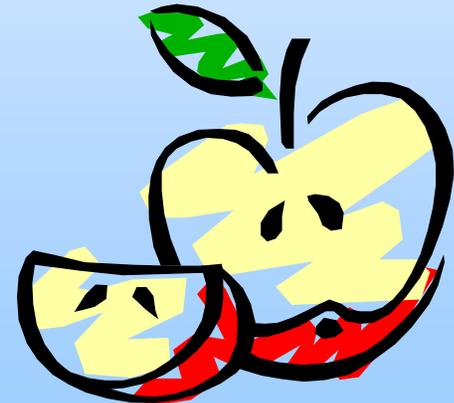


Tabla 1.1 Composición Típica del Agua Residual Doméstica

CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACIÓN VALOR PROMEDIO	VALOR EXTREMO
Solidos Suspendidos Totales	mg / l	220	350
Solidos Sedimentables	ml / l	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg / l	220	400
Demanda química de Oxígeno	mg / l	500	1000
Nitrogeno Total	mg / l	40	85
Fosforo Total	mg / l	8	15
Coliformes Totales	mg / l	$10^7 - 10^8$	$10^7 - 10^9$
Grasas y Aceites	mg / l	100	150

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.1 Objetivos del muestreo



- Se define en función del objetivo perseguido
 - Elección de los puntos de muestreo
 - Número de muestras, Conservación etc.

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.2 Características de las muestras

En el caso del muestreo en efluentes es necesario precisar:

- ◆ La naturaleza del receptor del efluente
- ◆ La naturaleza del agua estudiada



1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.3 Tipos de muestras

*** LAS MODALIDADES DEL MUESTRO SERÁN DEFINIDAS EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS**

MUESTREO

 **INSTANTÁNEO**

 **COMPUESTO (24 o 48 h)**

En algunos casos los muestreadores automáticos pueden ser de gran ayuda

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.3 Tipos de muestras

*** LOS MUESTREOS SE REALIZAN CON BASE EN DOS PRINCIPIOS:**

- ◆ PROPORCIONALES AL TIEMPO
- ◆ PROPORCIONALES AL CAUDAL

- No se debe muestrear en lugares con zonas muertas

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.3.1 Muestra simple según las NOM

* Muestra simple

- * Es la que se toma en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación
- * Debe reflejar cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan las descargas
- * El caudal deberá ser aforado en el sitio y en el momento del muestreo

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

Tabla 2.1 Frecuencia de muestreos

Frecuencia de muestreos

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Número de muestras simples	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.3.2 Muestra compuesta según NOM

★ Muestra compuesta:

- Resulta de mezclar un número de muestras simples

El volumen de las muestras simples necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:



$$VMSi = VMC \times (Qi/Qt)$$

(ec.1.1)

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.4 Recipientes para la toma de muestra

- ☆ Limpios y en perfectas condiciones.
- ☆ No se recomienda los recipientes metálicos.
- ☆ Los volúmenes muestreados varían entre uno y cinco litros.

PLÁSTICO

-Efluentes altamente alcalinos

Determinación de sodio, silicio y boro



VIDRIO

Determinación de:

-grasas

-aceites

-muestras para microbiología



1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.5 Preservación de las muestras

* Factores que modifican la composición de las muestras

- ◆ Adsorción de ciertos elementos sobre la pared del frasco.
- ◆ Pérdida de gases disueltos
- ◆ Precipitación de ciertos elementos
- ◆ Degradación de la materia orgánica

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.5 Preservación de las muestras

***Determinaciones que se deben llevar a cabo en el sitio.**

- Oxígeno disuelto (por medio de un electrodo)
- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Sólidos sedimentables



1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.5 Preservación de las muestras

* Mediciones organolépticas que se deben llevar a cabo en el sitio:

- Medición del color (por comparación con discos)
- Medición del olor
- Determinación de la apariencia

1.2 MUESTREO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

1.2.5 Preservación de las muestras

Características en la preservación y toma de muestras

Parámetro	Recipiente	Enjuague antes de tomar la muestra	Vol. Mín. requerido	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo máximo para análisis
Coliformes fecales	Bolsas o frascos esterilizados de vidrio	No	150 ml	Simple	Previamente con EDTA- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a 4°C	24 horas
Huevos de helminto	Plástico	No	5 L	Simple o compuesta	Formol a 1 10% y/o 4°C	6 meses
Grasas y aceites	Vidrio (boca ancha, tapón)	No	1 L	Simple	HCl o H_2SO_4 , $\text{pH}<2$, 4°C	28 días
DBO	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	4°C	48 horas
Materia flotante	Plástico (boca ancha)	2 a 3 veces	3 L	Simple		inmediata
Sólidos sedimentables	Plástico (boca ancha)	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	4°C	24 horas
Sólidos suspendidos totales	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	4°C	7 días
Fósforo total	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	4°C	28 días
Nitrógeno total	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	H_2SO_4 , $\text{pH}<2$ y 4°C	28 días
Metales	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	HNO_3 , $\text{pH}>2$ 4°C	6 meses
Cianuros	Plástico	2 a 3 veces	1 L	Compuesta	NaOH , $\text{pH}>12$ 4°C	24 horas

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.1 Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅)

*DEFINICIÓN

Es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la degradación de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual, determinada a los 5 días de incubación.

Indica la cantidad de contaminación orgánica que hay en el agua



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Existen dos tipos de DBO₅:

☺ DBO total: Indica la cantidad de materia orgánica soluble e insoluble susceptible de ser biodegradada por los microorganismos.

☺ DBO soluble: Indica la cantidad de materia orgánica que se encuentra en forma disuelta. Para determinar la DBO soluble la muestra se pasa a través de un papel filtro. Con ello se elimina la materia orgánica insoluble

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

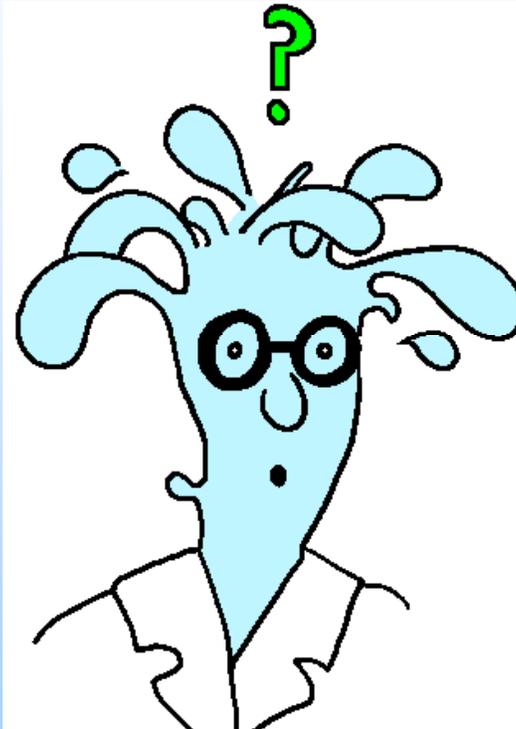
Aplicaciones de la DBO₅:



- ❖ Determinar la cantidad aproximada de oxígeno requerido biológicamente para estabilizar la materia orgánica.
- ❖ Determinar el tamaño de las plantas de tratamiento.
- ❖ Medir las eficiencias del proceso y
- ❖ Determinar si las descargas cumplen con las normas.

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)



Limitaciones de la DBO₅:

- Tarda 5 días en tener el resultado.
- Actividad de los microorganismos variable lo que genera resultados variables.
- La cantidad de oxígeno requerido para biodegradar la materia orgánica es una cantidad aproximada, el 100% se obtiene después de 20 días.

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACION

1.3.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

Condiciones requeridas:

Microorganismos + nutrientes + agua saturada de oxígeno + muestra del agua residual.

En 5 días, la oxidación bioquímica de la materia orgánica se sitúa entre el 60 y 70%,

En 20 días, este valor corresponde a cerca de 95 a 99% de degradación.



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.1 Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

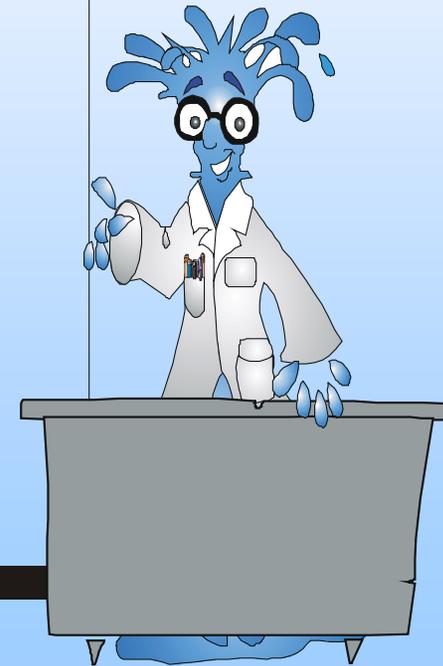
Condiciones requeridas:

Periodo de incubación: 5 días.

Temperatura: 20°C

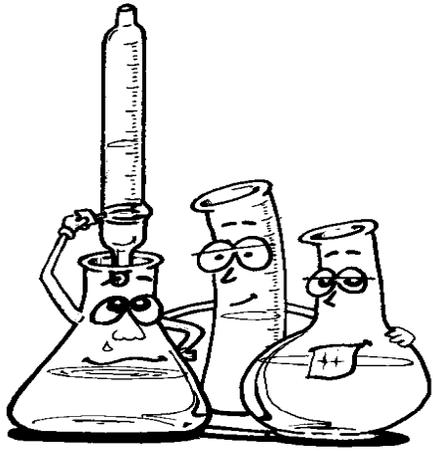
Mínima concentración de O₂ en la botella al final de la prueba: 2 mgO₂/l

A mayor cantidad de materia orgánica (más contaminación) mayor será la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos (mayor DBO).



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)



*DEFINICIÓN

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica usando un oxidante fuerte en medio ácido.



La prueba de la DQO se utiliza para medir el contenido de materia orgánica en aguas residuales y naturales

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

. Existen dos tipos de DQO:

- ◇ DQO total: Indica la cantidad de materia orgánica soluble e insoluble susceptible de ser oxidada.
- ◇ DQO soluble: La muestra se pasa a través de un papel filtro. La DQO del filtrado representa solo el valor de la contaminación disuelta.

La medida de la DQO es, en general, superior a la DBO, ya que por métodos químicos, una mayor cantidad de compuestos puede ser oxidada que por métodos biológicos.



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La relación DBO/DQO indica la fracción biodegradable de la materia orgánica

Si DBO/DQO	Entonces
Cercana a 1	Agua biodegradable
0.3 a 0.5	Agua difícilmente biodegradable
Inferior a 0.3	Agua tóxica

Para aguas domésticas la relación DBO_5/DQO es alrededor de 0.6

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.3 Determinación de materias decantables y en suspensión

- * Las materias decantables y en suspensión representan la contaminación del agua que no está disuelta.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES

- Se utiliza un cono Imhoff.
- Se deja en reposo durante dos horas un volumen conocido de agua.
- Los sólidos sedimentables se determinan por volumetría.



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.3 Determinación de materias decantables y en suspensión

SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Se lleva a cabo por medio de una técnica de filtración, con filtros de fibra de vidrio.

- * El filtro se seca en la estufa a 105°C y se pesa.
- * El agua se filtra a través de filtro.
- * El peso de los sólidos retenidos se determina por medio de la diferencia de pesos del filtro

La cantidad de sólidos suspendidos está dada por la ecuación:

$$SS = \frac{(P_f - P_o)}{V}$$



V

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.3.1 Materias orgánicas y minerales en suspensión



$$\% \text{ materia orgánica} = 100 \times \frac{\text{SSV}}{\text{SST}}$$

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.4 Turbiedad

- ♣ Nefelometría:

Las partículas en suspensión difractan la luz.

- ♣ Turbidimetría:

Un turbidímetro mide la cantidad de radiación que pasa en línea recta, es decir la radiación no absorbida.

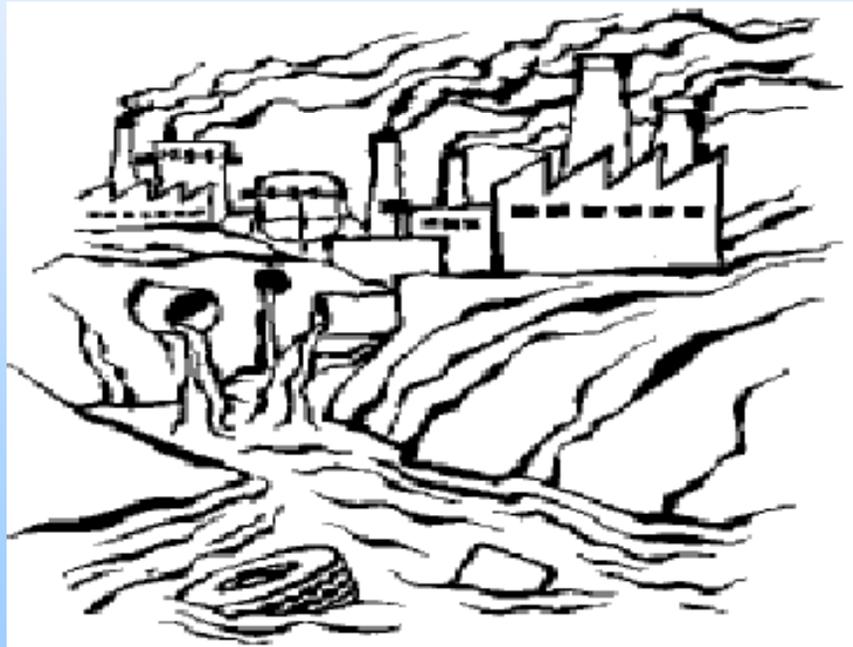


La turbiedad de una agua es debida a las materias en suspensión finamente divididas

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.5 Conductividad eléctrica

- * La conductividad eléctrica nos indica la cantidad de sales disueltas en el agua residual.
- * Conviene medirla si se sospecha que a la planta llegan efluentes industriales.



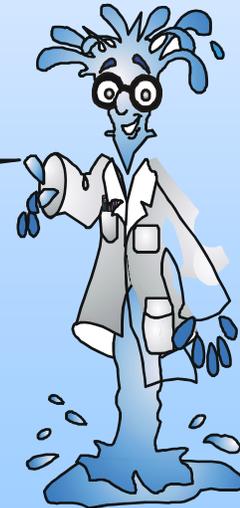
1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.5 Conductividad eléctrica

* Existe una relación entre la cantidad de sales disueltas totales de una agua y su conductividad:

Sólidos disueltos totales (mg/l) = $0.688 \times$ conductividad (en $\mu\text{S/cm}$) a 20°C

A mayor contenido de sales disueltas totales mayor es la conductividad



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.6 Acidez



* El grado de acidez o basicidad puede ser medido por medio del pH.



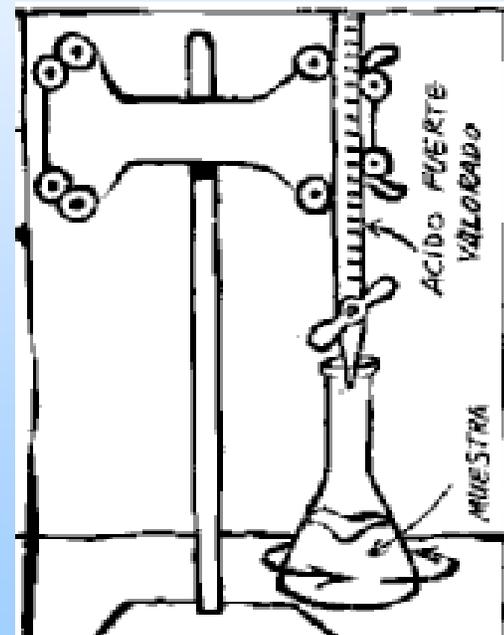
1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.6 Alcalinidad

* La alcalinidad de una agua se debe a la presencia de sustancias conocidas como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

MEDICIÓN:

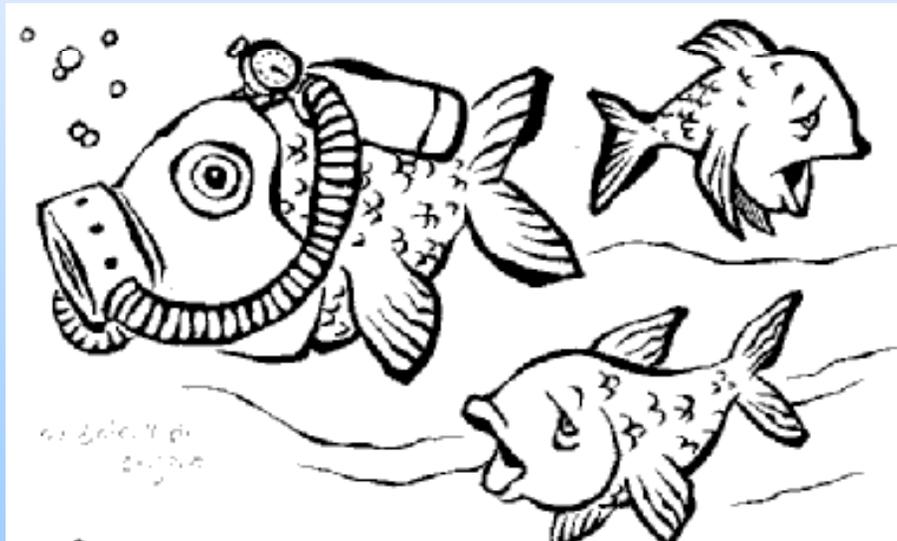
- Los compuestos anteriores se neutralizan por medio de un ácido fuerte (ácido clorhídrico).
- El resultado se reporta como mg de carbonato de calcio por litro (mgCaCO_3/l)



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.7 Oxígeno disuelto

- * La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura, la presión y la salinidad.
- * Contenido de oxígeno disuelto en agua residual casi nula.



- * En el tanque de aeración la concentración de oxígeno disuelto es alrededor de 2 mg O₂/l

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.7 OXÍGENO DISUELTO



Determinación de oxígeno disuelto por medio de:

- Método químico
- Método electroquímico

Método químico (Winkler):

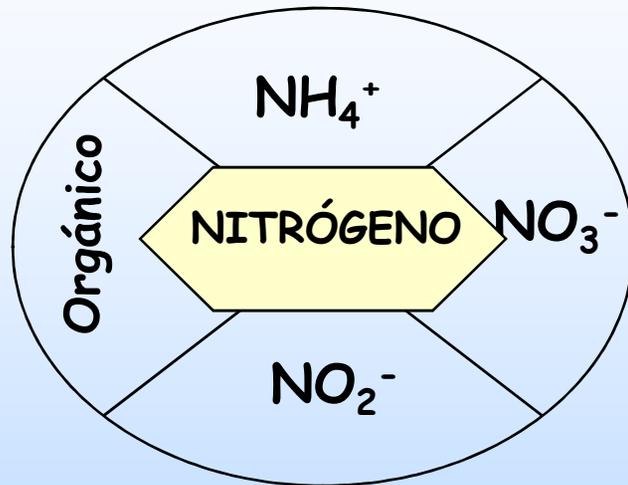
- * El oxígeno se fija por medio de reactivos químicos
- * El O_2 se cuantifica por medio de una titulación con yoduro de potasio
- * Interferencias con altas concentraciones de sales

Método electroquímico:

- * Oxímetro
- * El oxígeno disuelto atraviesa la membrana y se genera una corriente eléctrica
- * La corriente es proporcional a la cantidad de O_2 disuelto en el agua

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.8 Determinación del nitrógeno



- ◆ Nitrógeno Kjeldahl: N. Org. + NH₄⁺
- ◆ NH₄⁺/l >> 2 mg/l perturban la vida acuática.
- ◆ Aguas residuales urbanas contienen entre 20 a 40 mg/l de nitrógeno amoniacal.

El método más empleado para determinar el nitrógeno amoniacal es el de Nessler. Se basa en la descomposición del reactivo de Nessler por el nitrógeno amoniacal. El cambio de coloración (de naranja a café) se mide por medio de un colorímetro o espectrofotómetro.



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.9 Determinación del fósforo

- ✧ Los ortofosfatos provienen del uso de fertilizantes
- ✧ Los polifosfatos provienen de los detergentes
- ✧ El fósforo orgánico se encuentra en las proteínas



Método del ácido ascórbico.

- El fósforo reacciona con un compuesto de molibdeno.
- Se genera una coloración amarilla
- Se agrega ácido ascórbico a la solución anterior dando una coloración azul.
- El fósforo se cuantifica por espectrofotometría.

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.10 Grasas y aceites

- ✦ Las grasas y aceites provienen de las descargas de alimentos al drenaje
- ✦ Pueden ser perjudiciales para las plantas de tratamiento biológico pues inhiben a los microorganismos
- ✦ El contenido de grasas y aceites se determina por extracción con un solvente en el cual es soluble la grasa, pero insoluble al agua

1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.11 Detergentes

- * Los detergentes provienen de las actividades domésticas
- * Durante la aeración en el proceso biológico van a generar espumas muy estables que perjudican el proceso
- * La determinación se lleva a cabo mediante la prueba de las sustancias activas al azul de metileno o SAAM



1.3 PARÁMETROS PARA LA MEDICIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

1.3.12 Parásitos y Patógenos

- * Uno de los principales problemas de las aguas residuales es el contenido de parásitos y patógenos ya que afectan a la salud humana.

Parásitos y Patógenos	Método de eliminación
<ul style="list-style-type: none">* Bacterias coliformes (Patógenos): causantes de diarrea y malestares estomacales.* Parásitos como los huevos de helmintos (lombrices intestinales)	<ul style="list-style-type: none">* Desinfección del agua tratada* Eliminación en sedimentadores Inactivación por medio de tratamiento de lodos.