



# ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Dr. Andrés León. Departamento de Análisis y Control.  
Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes.  
Mérida. Venezuela.

Dr. Félix Andueza. Departamento de Microbiología y  
Parasitología. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad  
de los Andes. Mérida. Venezuela. Prometeo SENESCYT.  
ESPOCH. Riobamba. Ecuador

# AGUA EN LA NATURALEZA

- Se compone de tres átomos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua,  $H_2O$ , la unidad mínima en que ésta se puede encontrar.
- La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

# CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS POTABLES

Para que un agua sea apta para su uso o consumo ha de cumplir una serie de características organolépticas y fisicoquímicas, y no deberá contener componentes no deseables ni componentes tóxicos.

## *Características organolépticas*

Olor y sabor

Color

Turbidez

## *Características fisicoquímicas*

pH

Conductividad

Residuo seco

Oxígeno disuelto

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Aluminio

Dureza total

## *Componentes no deseables*

Nitratos

Nitritos

Amonio

Oxidabilidad

Extraíbles en cloroformo (Grasas)

Hierro

Manganeso

Cobre

Zinc

Materia en suspensión

Fenoles

Detergentes

Fluor

## *Componentes tóxicos*

Arsénico

Cadmio

Cianuro

Cromo (VI)

Mercurio

Níquel

Plomo

Plaguicidas

# AGUA EN LA NATURALEZA

## POTABILIZACIÓN DEL AGUA

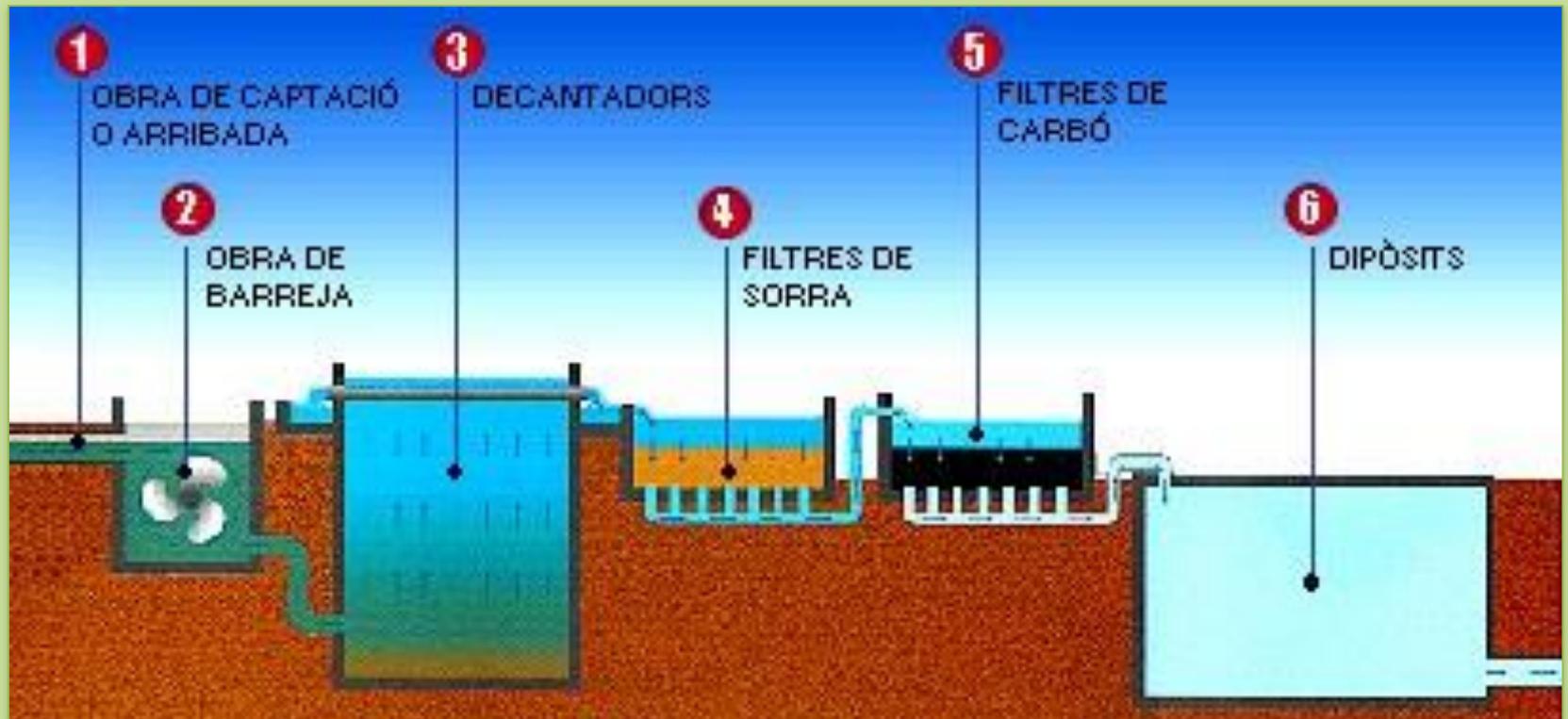
- Clarificación
- Filtración
- Desinfección

# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema.
- El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:
- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
- Desarenador para retener el material en suspensión de tamaño fino;
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general;

# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino;
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión;
- Dispositivo de desinfección.



# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- **Análisis de aguas potables**
- En el **análisis mínimo** se realiza la determinación de caracteres organolépticos (olor y sabor); caracteres físico-químicos (conductividad); caracteres relativos a sustancias no deseables (nitritos y amoniacos); caracteres microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales); y agente desinfectante (cloro residual y otro agente desinfectante autorizado).

# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- El **análisis normal**, además de lo determinado anteriormente, incluirá las determinaciones de caracteres organolépticos (turbidez); caracteres físico-químicos (temperatura y pH); caracteres relativos a sustancias no deseables (nitratos, oxidabilidad); caracteres microbiológicos (bacterias aerobias a 37°C y a 22°C).

# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- El **análisis completo** consistirá en la determinación de los parámetros anteriores más aquellos otros organolépticos (color); físico-químicos (concentración en ión hidrógeno, cloruros, sulfatos, sílice, sodio, magnesio, entre otros); sustancias no deseables (amonio, carbono orgánico, hidrógeno sulfurado, hidrocarburos, aceites minerales, boro, cloro, flúor, entre otros); sustancias tóxicas (plata, arsénico, cianuros, plomo, plaguicidas y productos similares, hidrocarburos poli cíclicos aromáticos, entre otros); Microbiológicos (estreptococos fecales, *Clostridium* sulfito reductores y test complementarios de *Salmonella*; *Staphylococcus* patógenos; bacteriófagos fecales; enterovirus; protozoos, animálculos (gusanos-larvas); radioactividad.

# POTABILIZACIÓN DEL AGUA

- El **análisis ocasional** consistirá en la determinación de cuantos parámetros sean fijados por la Administración Sanitaria competente, para garantizar la potabilidad del agua suministrada por un sistema de abastecimiento de aguas de consumo público, en situaciones particulares o accidentales que requieran una especial vigilancia sanitaria del agua del sistema.

## CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DE

- **LA CALIDAD DEL AGUA**

- - *Indicadores físicos (turbidez, SS, color, olor, sabor, temperatura, conductividad)*
- - *Indicadores químicos (pH, dureza, oxígeno disuelto, materia orgánica, nutrientes, pesticidas, metales pesados)*
- - *Indicadores biológicos (métodos ecológicos, microbiológicos, fisiológicos y bioquímicos, ecotoxicológicos)*

- ¿Por cual variables deben evaluarse en un análisis de agua?
- Características organolépticas
- Parámetros generales: pH , conductividad eléctrica, y temperatura
- Cantidad de oxígeno: Oxígeno disuelto, DQO, DBO
- Aniones: cloruros (para evaluar la salinidad), nitritos (indicadores ores de acción bacteriológica), nitratos (nutrientes, procedentes de fertilizantes y detergentes), sulfitos (fuentes industriales), sulfuros ( indicadores de acción bacteriológica) y cianuros (desechos industriales)

- Cationes: sodio (salinidad), calcio y magnesio (dureza), amonio (acción bacteriológica), y metales pesados (Pb Pb, Cd Cd, y Hg)
- Sustancias orgánicas: hidrocarburos, fenoles, pesticidas, etc.
- Examen bacteriológico: importante en aguas de consumo

# Toma de muestra para análisis químico

- La muestra de agua debe ser lo mas representativa posible del total del líquido a analizar.
- Se debe recoger en un recipiente perfectamente limpio y para un examen de potabilidad se recomienda la extracción de por lo menos 5 L.
- Cuando se sospeche la presencia de Cloro activo residual, éste se efectuará de ser posible in situ. Si el período de extracción ha sido demasiado largo, el valor puede variar.
- Para la toma de una muestra de agua de red se abrirá el grifo y dejará que el agua corra por lo menos durante 5 minutos de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque.

# Toma de muestra para análisis químico

## Características físicas:

- **ASPECTO:** Este puede ser límpido, opalescente (lechoso), levemente turbio, o coloreado de algún tono en particular.
- **SEDIMENTOS:** Se observa en un recipiente con un diámetro aproximado de 10 cm ó en un "Cono de Imhoff". Puede o no contener. Si los contuviera, se recomienda observar microscópicamente el sedimento.
- **CARACTERES ORGANOLEPTICOS:** En este punto se describirán el color, sabor y olor de la muestra

# Toma de muestra para análisis químico

Determinación	Recipiente <sup>2</sup>	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra <sup>3</sup>	Preservación <sup>4</sup>	Almacenamiento máximo recomendado <sup>5</sup>
Acidez	P, V	100	s	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P, V	200	s	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	s, c	No requiere	6 meses
Bromuro	P, V	100	s, c	No requiere	28 d
Carbono orgánico, total	V	100	s, c	Análisis inmediato; o refrigerar y agregar $H_3PO_4$ o $H_2SO_4$ hasta $pH < 2$	28 d
Cianuro: Total	P, V	500	s, c	Agregar NaOH hasta $pH > 12$ , refrigerar en la oscuridad <sup>6</sup>	14 d <sup>7</sup>
Clorable	P, V	500	s, c	Agregar 100 mg $Na_2S_2O_3/L$	14 d <sup>7</sup>
Cloro, residual	P, V	500	s	Análisis inmediato	—
Clorofila	P, V	500	s, c	30 d en la oscuridad	30 d
Cloruro	P, V	50	s, c	No requiere	28 d
Color	P, V	500	s, c	Refrigerar	48 h
Compuestos orgánicos:					
Sustancias activas al azul de metileno	P, V	250	s, c	Refrigerar	48 h

# Toma de muestra para análisis químico

Plaguicidas	V(S), tapón de TFE	1000	s, c	Refrigerar; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual	7 d hasta la extracción
Fenoles	P, V	500	s, c	Refrigerar; agregar $H_2SO_4$ hasta $pH < 2$	40 d después de extraer
Purgables por purga y trampa	V, tapón de TFE	2 x 40	s	Refrigerar; agregar HCl hasta $pH < 2$ ; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual	14 d
Conductividad	P, V	500	s, c	Refrigerar	28 d
DBO	P, V	1000	s	Refrigerar	48 h
Dióxido de carbono	P, V	100	s	Análisis inmediato	—
Dióxido de cloro	P, V	500	s	Análisis inmediato	—
DQO	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar $H_2SO_4$ hasta $pH < 2$ ; refrigerar	28 d

# Toma de muestra para análisis químico

Dureza	P, V	100	s, c	Agregar $\text{HNO}_3$ hasta $\text{pH}<2$	6 meses
Fluoruro	P	300	s, c	No requiere	28 d
Fosfato	V(A)	100	s	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h
Gas digestor de lodos	V, botella de gases	—		—	—
Grasa y aceite	V, boca ancha calibrado	1000	s, c	Agregar $\text{HCl}$ hasta $\text{pH}<2$ , refrigerar	28 d
Metales, general		500	s	Filtrar <sup>8</sup> , agregar $\text{HNO}_3$ hasta $\text{pH}<2$	6 meses

# Toma de muestra para análisis químico

Cromo VI	P (A), V (A)	300	s	Refrigerar	24 h
Cobre, colorimetría	P (A), V (A)				
Mercurio	P (A), V (A)	500	s, c	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH<2, 4° C, refrigerar	28 d
Nitrógeno:					
Amoniaco	P, V	500	s, c	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2; refrigerar	28 d
Nitrato	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitrato + nitrito	P, V	200	s, c	Agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH<2, refrigerar	28 d
Determinación	Recipiente <sup>2</sup>	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra <sup>3</sup>	Preservación <sup>4</sup>	Almacenamiento máximo recomendado <sup>5</sup>

# Toma de muestra para análisis químico

Nitrito	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h
Orgánico, Kjeldahl	P, V	500	s, c	Refrigerar; agregar $H_2SO_4$ hasta $pH < 2$	28 d
Olor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	—
Oxígeno, disuelto:	G, botella DBO	300	s		
Electrodo				Análisis inmediato	—
Winkler				La titulación puede aplazarse después de la acidificación	8 h
Ozono	V	1000	s	Análisis inmediato	—

# Toma de muestra para análisis químico

pH	P, V	50	s	Análisis inmediato	—
Sabor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	—
Salinidad	V, sello de cera	240	s	Análisis inmediato o usar sello de cera	—
Silica	P	200	s, c	Refrigerar, no congelar	28 d
Sólidos	P, V	200	s, c	Refrigerar	2-7 d, ver protocolo
Sulfato	P, V	100	s, c	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	100	s, c	Refrigerar; agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL; agregar NaOH hasta pH>9	7 d

# Toma de muestra para análisis químico

Temperatura	P, V	—	s	Análisis inmediato	—
Turbidez	P, V	100	s, c	Analizar el mismo día; para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar	48 h
Yodo	P, V	500	s, c	Análisis inmediato	—

1 Para detalles adicionales ver el texto y los protocolos respectivos. Para las determinaciones no enumeradas, usar recipientes de vidrio o plástico; preferiblemente refrigerar durante el almacenamiento y analizar lo más pronto posible.

2 P = plástico (polietileno o equivalente); V = vidrio; V(A) o P(A) = enjuagado con  $\text{HNO}_3$  1+1; V(B) = vidrio, enjuagado con solventes orgánicos o secado en estufa.

3 s = simple o puntual; c = compuesta.

4 Refrigerar = almacenar a  $4^\circ\text{C}$  en ausencia de luz. La preservación de la muestra debe realizarse en el momento de la toma de muestra. Para muestras compuestas, cada alícuota debe preservarse en el momento de su recolección. Cuando el uso de un muestreador automático haga imposible la preservación de cada alícuota, las muestras deben mantenerse a  $4^\circ\text{C}$  hasta que se complete la composición.

5 Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible después de su recolección. Los tiempos listados son los periodos máximos que pueden transcurrir antes del análisis para considerarlo válido. Las muestras pueden dejarse por periodos más prolongados solo si su monitoreo en el laboratorio ha

# Toma de muestra para análisis químico

demostrado que la muestra en estudio es estable durante un mayor tiempo. Algunas muestras pueden no ser estables por el periodo máximo dado en la tabla. Si se envían las muestras por correo, deben cumplir con las regulaciones de transporte de materiales peligrosos (consultar *EPA Methods...*)

6 Si la muestra está clorada, consultar su pretratamiento en el protocolo o en *Standard Methods*.

7 El máximo tiempo de almacenamiento es de 24 h si está presente el sulfuro, el cual se puede detectar mediante papel con acetato de plomo antes de ajustar el pH; si el sulfuro está presente, puede removerse por adición de nitrato de cadmio en polvo hasta que se obtenga prueba negativa; después se filtra la muestra y se adiciona NaOH hasta pH 12.

8 Para metales disueltos las muestras deben filtrarse inmediatamente en el sitio de muestreo, antes de adicionar el ácido.