



Calidad del Agua para consumo humano



Ing. Pedro E. Ortiz

Agosto 2020

Calidad del agua

El agua destinada a la bebida o a la preparación de alimentos **debe estar exenta de organismos patógenos** (que causan enfermedades) y de **cualquier mineral y sustancias orgánicas** que puedan producir efectos fisiológicos perjudiciales.

Esta agua recibe la denominación de "agua potable", lo que significa que **puede consumirse en cualquier cantidad sin provocar efectos perjudiciales sobre la salud**.

Para fomentar su consumo, el agua **debe ser aceptable desde el punto de vista estético**; por ejemplo, deberá estar exenta de **turbiedad, color, sabor y olor perceptibles**. El agua de bebida debe tener también una temperatura razonable.

La calidad del agua está definida con base en las siguientes características:



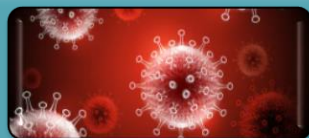
Físicas

- Turbiedad, color, temperatura, pH, Conductividad



Químicas

- Orgánicos, inorgánicos, metales pesados y radiológicos



Bacteriológicas

Bacterias (Coliformes totales y fecales), virus y protozoos



Radiológicas

Características Físicas

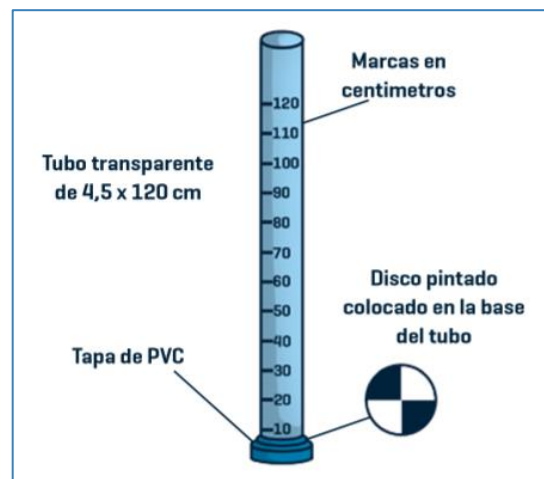
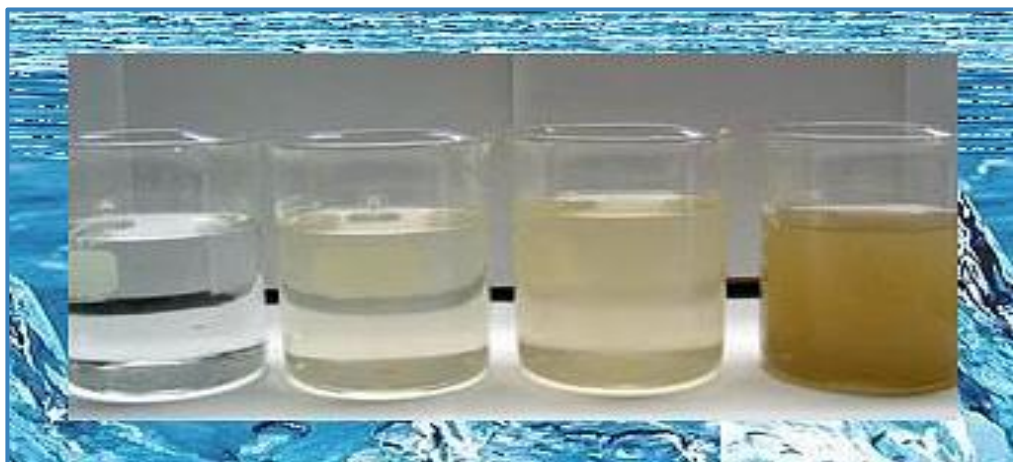
Son propiedades causadas por sustancias que **solo se pueden medir mediante pruebas físicas**. Se les llama también **organolépticos** porque se perciben con los órganos de los sentidos, como son:

- ✓ **Turbiedad**
- ✓ **Sólidos**
- ✓ **Color**
- ✓ **Sabor**
- ✓ **Olor**
- ✓ **Temperatura**
- ✓ **Radiactividad**



Turbiedad

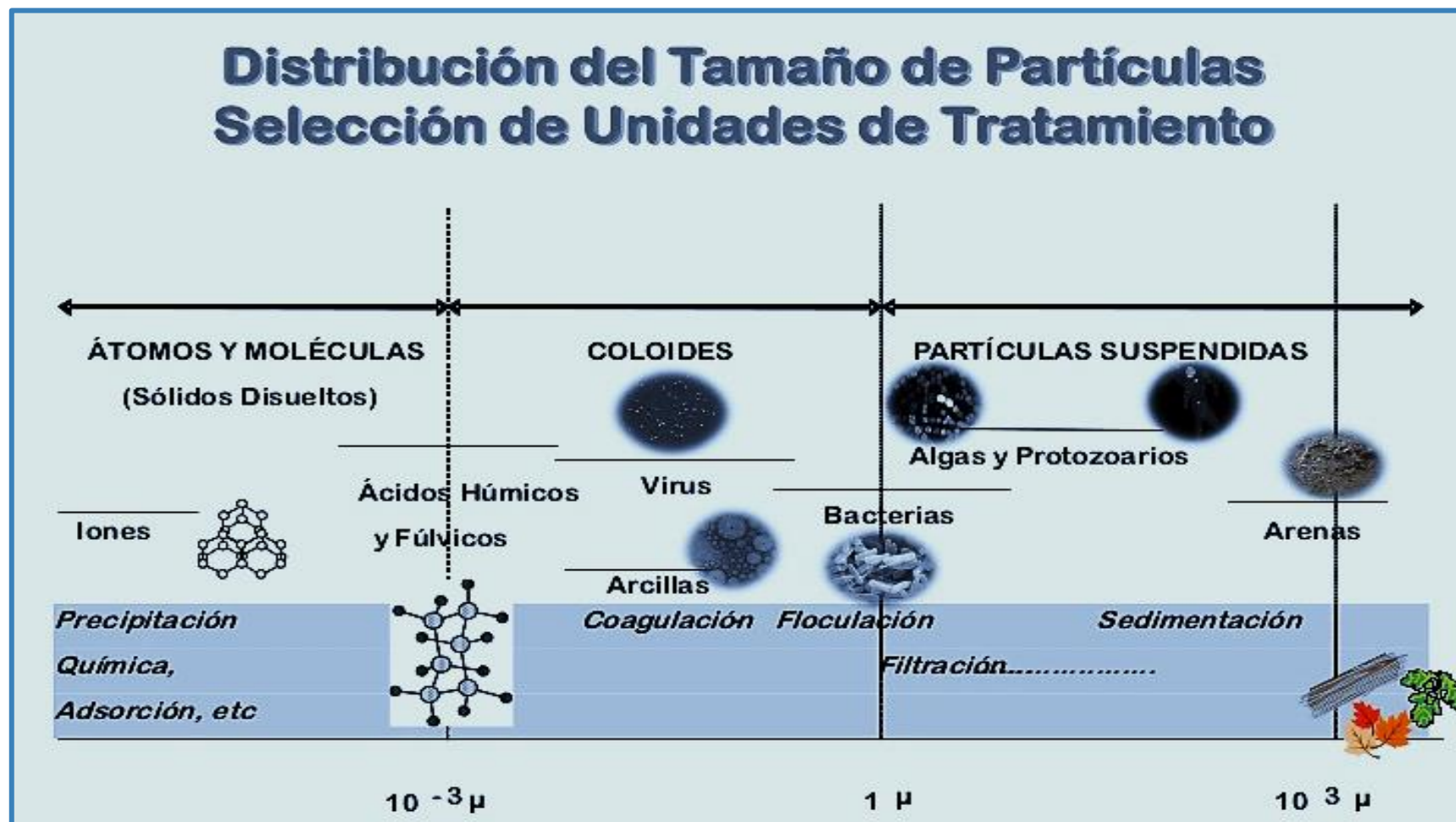
Es producida por **material en suspensión, especialmente coloidal** y dispersa, afecta la estética del agua y dificulta la filtración, se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU).



Unidades de profundidad en centímetros (cm)	Equivalente en NTU (unidades nefelométricas de turbidez)
Si se puede ver la imagen en el fondo del tubo, aun después de llenarlo, registre la profundidad como > 120 cm (la profundidad del tubo).	Menos de 5 NTU.
Mayor de 60 cm.	Menos de 10 NTU.
Entre 25 a 35 cm	25 NTU
Aproximadamente 5 cm.	De 200 a 300 NTU.

Sólidos

Incluyen los materiales de todos los tamaños que hay en el agua (**iones, moléculas, coloides, y partículas en suspensión**).



Color

Es producido por partículas coloidales, **principalmente ácidos orgánicos de la descomposición de la materia orgánica y el hierro**, según la clase puede ser orgánico o inorgánico y según el tipo puede ser real (después de sedimentar las partículas en suspensión) o aparente, se expresa en unidades de color (**UC**), afecta la estética del agua.



Olor

Los olores en el agua son causados por los diversos compuestos que puedan estar presentes en ella, y algunos se producen por **gases desprendidos por la descomposición de la materia orgánica**. Es más común en las aguas superficiales como las de los ríos.

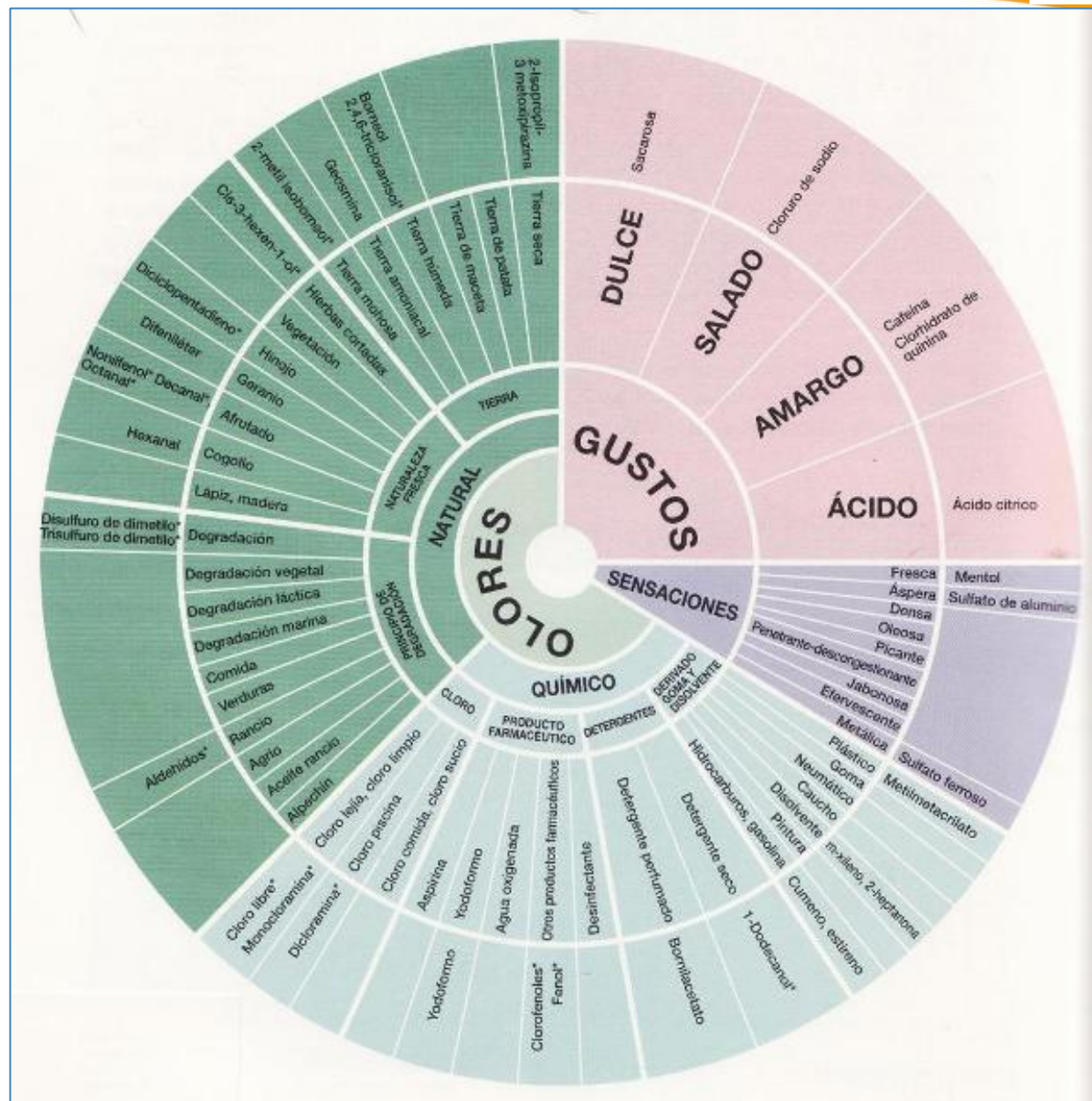
Debe ser una prioridad máxima suministrar agua que, además de ser inocua, tenga apariencia, sabor y olor aceptables. El agua que es estéticamente inaceptable **afectará la confianza de los consumidores**, generará quejas y, lo que es más importante, podría inducir al consumo de fuentes de agua menos seguras.

Producto Químico	Sabor y olor	Origen
Geosmina	Olor a hierba y terroso	Actinomicetos, algas verde azules y algas verdes
2-Metilisobomeol (MIB)	Olor a humedad	Actinomicetos, algas verde azules
2t, 4c, 7c-decatrienal	Olor a pescado	Algas verdes-azules
Cloro	Lejía, cloro, sabor y olor medicinal	Cloro empleado como desinfectante
Cloraminas	Piscina, cloro, olor a geranio	Cloro con amoníaco, empleado como desinfectante
Aldehídos	frutado	Ozonización del agua para desinfección
Fenoles y clorofenoles	Farmacéuticos o gusto medicinal	Fenoles (residuos industriales), clorofenoles (SPD)
Hierro	Sabor metálico oxidado	Minerales del suelo
Manganeso	Sabor metálico oxidado	Minerales del suelo
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	Olor a huevo podrido	Microorganismos anaerobios en las aguas superficiales o sulfatos en el suelo
Gas Metano (CH ₄)	Sabor a ajo	Descomposición de materia orgánica

Sabor

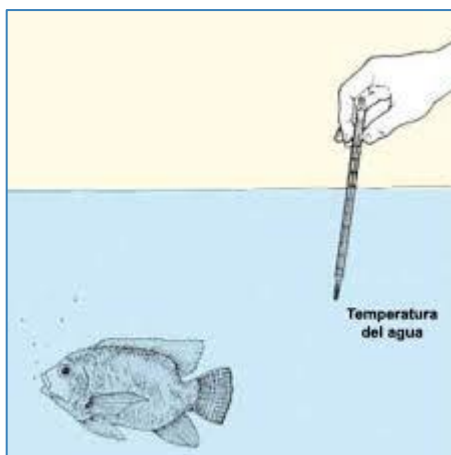
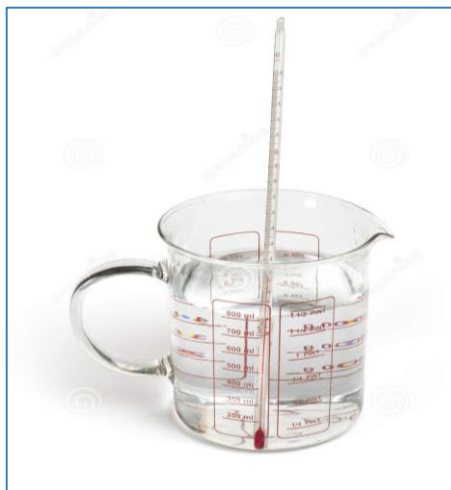
proviene de la **descomposición de la materia orgánica** y del proceso metabólico de la acción microbiana, es inapropiado para usos domestico e industrial. También pueden desarrollarse durante el almacenamiento y la distribución del agua, sabores **debidos a la actividad microbiana.**

Los sabores del agua de consumo **puede revelar la existencia de algún tipo de contaminación**, o el funcionamiento deficiente de algún proceso durante el tratamiento o la distribución del agua. Por lo tanto, puede indicar la presencia de sustancias potencialmente dañinas.



Temperatura

Es la medida del calor almacenado en el agua, a mayor temperatura mayor actividad microbiológica, menor cantidad de Oxígeno Disuelto y mayores problemas de olor, sabor, color y corrosión.



Radiactividad

En el agua de consumo, esta puede ser de diversa naturaleza:

- ✓ elementos radiactivos naturales (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th y el ^{37}Np .),
- ✓ procesos tecnológicos que utilicen elementos cuya naturaleza es radiactiva y
- ✓ descarga de radionúclidos debido a procesos industriales vertidos al medio ambiente.



Contaminantes Químicos

La mayoría de las sustancias químicas presentes en el agua de consumo humano **son potencialmente peligrosas para la salud sólo después de una exposición prolongada** (durante años, más que meses). La excepción principal es el nitrato.

Ciertas sustancias consideradas peligrosas para la salud afectan la aceptabilidad del agua de consumo humano de modo que, por lo general, pueden conllevar al rechazo del agua a concentraciones bastante menores que las consideradas peligrosas para la salud.

Fuentes de contaminación Química

Fuente de componentes químicos	Ejemplo de fuentes
Origen natural	Rocas, suelos y los efectos del marco geológico y el clima, masas de gua eutróficas
Fuentes industriales y núcleos habitados	Minería e industria de fabricación y procesamiento, aguas residuales, esorrentía urbana, fugas de combustibles
Actividades agropecuarias	Estiércoles, fertilizantes, plaguicidas
Tratamiento del agua o materiales en contacto con el agua	Coagulantes, SPD, materiales de tuberías
Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud	Larvicidas utilizados para el control de insectos y vectores

Clasificación de los Contaminantes Químicos

✓ **Orgánicos:** Orgánicos biodegradables
(grasas, carbohidratos, proteínas), detergentes,
biosidas



✓ **Inorgánicos:** Sales minerales, ácidos y
álcalis, metales pesados, detergentes tóxicos y
tóxicos de la industria química.



Sustancias químicas de origen natural para las que la OMS, no se han establecido valores de referencia

Sustancia	Porque no se estable un valor de referencia	Observaciones
Cloruro	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Dureza	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Sulfuro de hidrógeno	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Hierro	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Manganeso	No es una preocupación para la salud en niveles que normalmente causan problemas de aceptabilidad, sin embargo puede estar en concentraciones más altas en aguas ácidas o anaerobias, especialmente en aguas subterráneas	Puede afectar la aceptabilidad del agua
pH	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Parámetro operacional importante
Potasio	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Sodio	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Sulfato	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua
Sólidos Totales Disueltos (STD)	Se presenta en concentraciones que no perjudican la salud	Puede afectar la aceptabilidad del agua

Valores de referencia correspondientes a sustancias de origen natural cuya presencia en el agua de consumo humano puede afectar la salud

Sustancia	µg/l	Valor de referencia	
		mg/l	Observaciones
Inorgánica			
Arsénico	10 (A, T)	0.01 (A, T)	
Bario	1300	1.3	
Boro	2400	2.4	
Cromo	50 (P)	0.05 (P)	Para cromo total
Fluoruro	1500	1.5	Al fijar normas nacionales deben tenerse en cuenta el volumen de agua consumida y la ingesta de otras fuentes
Selenio	40 (P)	0.04 (P)	
Uranio	30 (P)	0.03 (P)	Sólo se abordan los aspectos químicos del uranio
Orgánica			
Microcistina-LR	1 (P)	0.001 (P)	Para la microcistina-LR (suma de la libre más la intracelular)

A, valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado está por debajo del nivel de cuantificación alcanzable; P, valor de referencia provisional debido a incertidumbres en la base de datos sobre salud; T, valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado está por debajo del nivel que se puede alcanzar a través de métodos de tratamiento prácticos, protección de la fuente, etc.

P = valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero hay escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud;

T = valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es menor que el que es posible alcanzar mediante métodos de tratamiento prácticos, medidas de protección de las fuentes, etc.;

C = concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al aspecto, sabor u olor del agua, dando lugar a reclamaciones de los consumidores.

Características Químicas

Son aquellas que **se determinan mediante pruebas químicas** o la adición de compuestos químicos.

Los principales componentes: iones o sales que se encuentran disueltas en las aguas son:

a) Iones principales

■ Cationes



■ Aniones:



Características Químicas

b) Sustancias no ionizadas:

- SiO_2 (es disuelto de las rocas)
- O_2 , CO_2 y N_2 (son gases que se disuelven desde la atmosfera)
- NH_3 , CH_4 , H_2S (gases que se originan en la descomposición biológica de la materia orgánica)

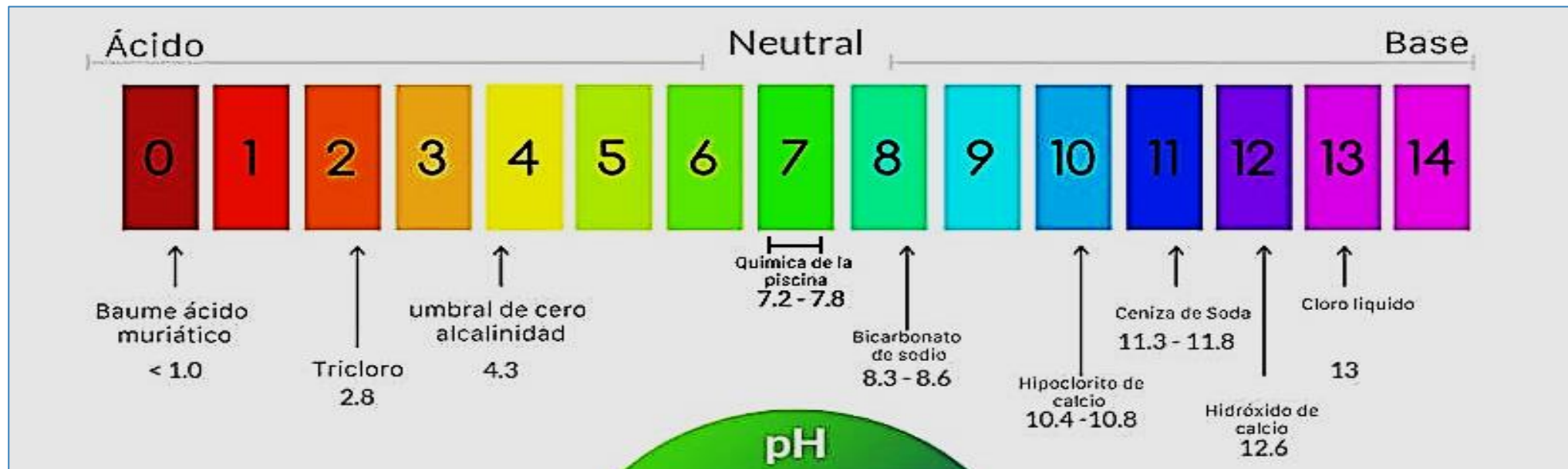
c) Componentes en concentraciones más bajas:

NH_4^+ , Fe^{++} , Fe^{+++} , Sr^+ , Mn^{++} , Mn^{+++} , NO_2^- , NO_3^- , F^- , H_2BO_3^- , H_2BO_3 y iones de H^+ (H_3O^+ , OH^- y $\text{CO}_3^{=}$)

d) Sales minerales, carbonatos, sulfatos y cloración de calcio y magnesio.

pH

Los datos de **pH** dan el valor de la concentración del ión $[H^+]$ y por consiguiente el **grado de acidez o de alcalinidad que pueda tener el agua**. En aguas naturales el pH está entre 6.5 y 9, generalmente.

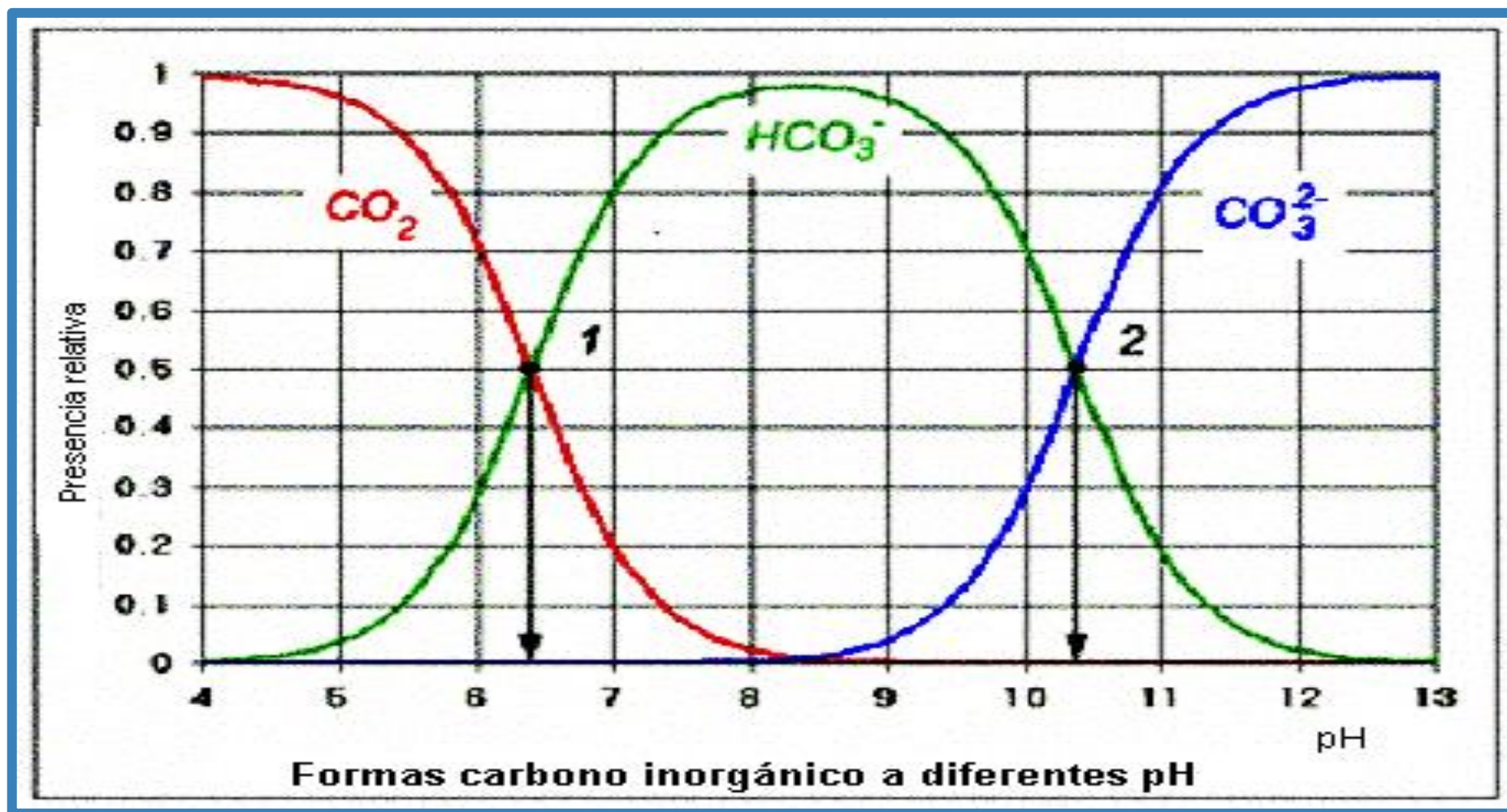


Importancia sanitaria del pH

- Da el tipo de acidez o que alcalinidad predomina y cuáles son los compuestos a utilizar (tituladores) para determinar su cantidad o grado.
- **Influye en los procesos de tratamiento**, tanto del agua potable como del agua residual. Interviene en la coagulación-floculación, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
pH Medida de la acidez del agua; pH está relacionado a la habilidad del agua de corroer tuberías y liberar metales al agua.	6.5 a 8.5	Satisfactorio	pH en aguas subterráneas no cambia muy rápido generalmente, de tal manera que repetir el análisis no es necesario a menos que un cambio se sospeche.
	Menos de 6.5 o Más de 8.5	Objectable	pH levemente fuera del rango ideal no es un riesgo directo a la salud pero puede afectar corrosividad, la cuál puede percolar metales en minerales de la tierra o de tuberías; considere un análisis de corrosividad.

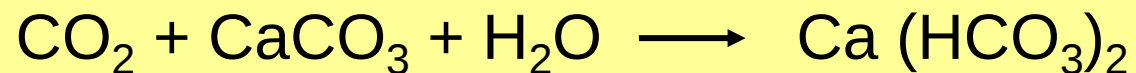
Formas del carbono orgánico a diferente pH



Alcalinidad

Capacidad del agua para neutralizar ácidos y/o la presencia de iones OH^- , $\text{CO}_3^{=}$ y HCO_3^-

El **bicarbonato** representa la mayor forma de alcalinidad, puesto que éste se forma de la acción del bióxido de carbono (CO_2) sobre los componentes básicos del suelo, como por ejemplo, con el carbonato de calcio (CaCO_3)



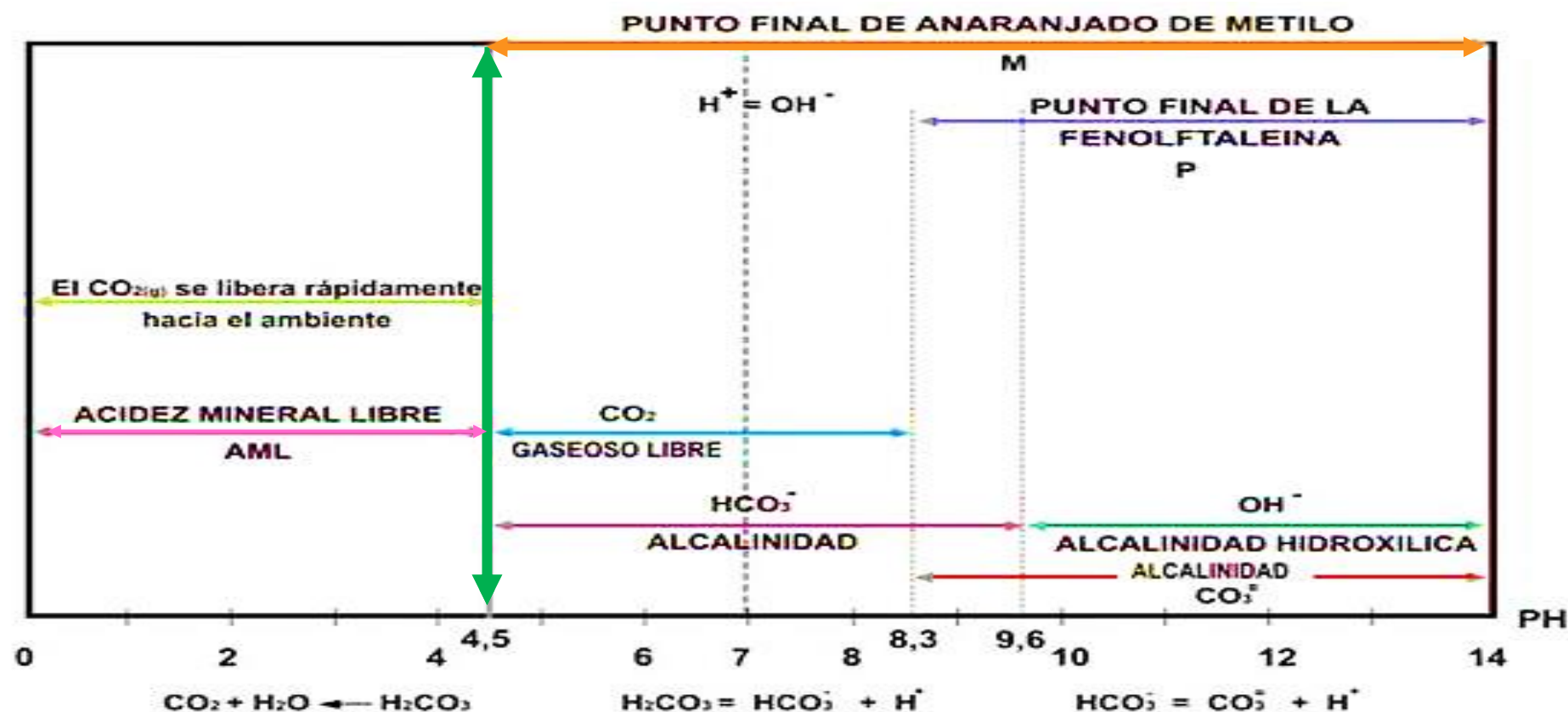
La alcalinidad también se debe a **bases fuertes**, en este caso, se denomina “**alcalinidad hidróxido**” o “alcalinidad $[\text{OH}^-]$ ”

Ejemplo: **Soda cáustica**



Formas de Alcalinidad

La clasificación considera que toda la alcalinidad **se debe a los iones carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos** suponiendo la ausencia de ácidos débiles de composición orgánica e inorgánica lo mismo se supone de la incompatibilidad, en una misma muestra de las alcalinidades de bicarbonatos e hidróxidos.



Se corrige por descarbonatación con cal, tratamiento con ácido o desmineralización y por intercambio iónico

Importancia sanitaria de la Alcalinidad

- El agua presenta **sabor muy desagradable** con alcalinidad muy alta.
- La **precipitación de sales de calcio** en tuberías, reduce su capacidad hidráulica con el tiempo.
- Puede producir un **pH inadecuado** en tratamientos químicos y biológicos. (pH > 9.5 es malo para las bacterias).

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Alcalinidad (Como CaCO ₃ Total) La abilidad del agua de compensar cambios en pH. Alta alcalinidad significa el agua es menos probable de experimentar grandes cambios en acidez.	ND o Menor a 100 (mg/L)	Potencial de Corrosión	Si la alcalinidad disminuye a menos de 100, y el pH es menor a 6.5 el potencial de corrosión aumenta en las tuberías liberando metales al agua.
	100 a 200 (mg/L)	Satisfactorio	Suficiente potencial regulador que resiste los cambios en pH y generalmente no se produce revestimiento en tuberías.
	200 o más (mg/L)	Potencial de revestimiento	Posible revestimiento en tuberías y calentadores de agua.

Conductividad

Está relacionada con la **concentración de los sales en disolución**, cuya disociación genera iones capaces de transportar la energía eléctrica. **Se mide en microsiemens/cm (μS/cm)**

Para realizar cálculos aproximados se acepta que la **Salinidad Total (ST)** del agua (expresada en mg/L) corresponde al valor de la **Conductividad (CE)** (expresada en μS/cm) multiplicado por un factor de **0,6 – 0,7**.

$$ST = (0.60 - 0.7) * CE$$

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Conductividad Es una medida de con qué facilidad la corriente eléctrica pasa a través de una muestra de agua. Ésta medida a menudo es usada para estimar sólidos disueltos totales. También es usada para estimar la tendencia del agua de corroer metales.	Cualquier valor	Satisfactorio	Conductividad no plantea un riesgo en la salud; está relacionada a sólidos disueltos totales y es usada en calcular corrosividad.

Los valores habituales de conductividad

AGUAS NATURALES	CONDUCTIVIDAD
Agua de mar	~ 50.000 - 60.000 $\mu\text{S/cm}$
Aguas muy salobres	~ 10.000 - 15.000 $\mu\text{S/cm}$
Aguas salobres	~ 1.000 - 2.000 $\mu\text{S/cm}$
Aguas poco salobres	~ 250 - 750 $\mu\text{S/cm}$
Aguas muy poco salobres	~ 50 - 100 $\mu\text{S/cm}$
AGUAS TRATADAS	CONDUCTIVIDAD
Aguas osmotizadas	~ 5 - 20 $\mu\text{S/cm}$
Aguas desmineralizadas	~ 1 - 5 $\mu\text{S/cm}$
Aguas <u>ultrapuras</u>	~ 0,04 - 0,1 $\mu\text{S/cm}$



Dureza

Se origina principalmente por los **cationes de calcio y de magnesio** que comúnmente se encuentran en las aguas naturales, pero igualmente puede encontrarse pequeñas cantidades de iones de otros metales polivalentes como **hierro, aluminio, magnesio, estroncio y zinc.**

Clasificación de la Dureza

Aguas Blandas	0 – 75 mg/l	Como CaCO_3
Moderadamente Duras	75 - 150 mg/l	Como CaCO_3
Duras	150 – 300 mg/l	Como CaCO_3
Muy Duras	> 300 mg/l	Como CaCO_3

Importancia sanitaria de la dureza

- No se ha encontrado ninguna correlación de daños al organismo. Los problemas más bien son que;
 - el jabón no forma espuma,
 - que precipita en las calderas,
 - daña el tejido, teñido,
 - embotelladoras,
 - procesamiento de alimentos ,
 - fotografía,
 - papel, etc.
- El problema es muy agudo en equipos metálicos en que se calienta el agua y **produce incrustaciones**, lo que obliga a su tratamiento de remoción de dureza.
- **Una planta potabilizadora normal no realiza ablandamiento**, este proceso debe hacerse en forma particular.



Clasificación de la Dureza de acuerdo al tipo de Catión y tipo de Radical

De acuerdo al tipo de catión:

- 1- **Dureza cálcica:** debida al catión Ca^{++}
- 2- **Dureza magnésica:** debida al catión Mg^{++} .

Tratamiento Para reducir la dureza

- Ablandamiento
- Desmineralización

De acuerdo al radical con que se combina:

- 1- **Dureza carbonatada o temporal:** combinando los cationes con el bicarbonato.
- 2- **Dureza no carbonatada o permanente:** No combinando los cationes con el bicarbonato.

Si $\text{DT} < \text{Alcalinidad}$, toda D. carbonatada

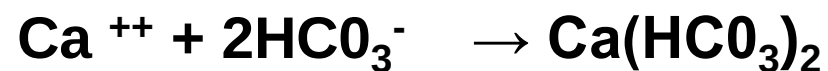
Si $\text{DT} > \text{Alcalinidad}$, hay $\text{DCa} + \text{DNCa}$

Dureza Total, mide el contenido total en iones de Ca^{++} y Mg^{++} , y equivale a la suma de la D. carbonatada + D. No carbonatada.

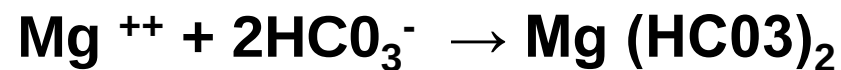


Ejemplos de dureza

Ejemplos:



(1) (Dureza cálcica bicarbonática)



(2) (Dureza magnésica bicarbonática)

Ejemplos:

CaSO₄ : Sulfato de Calcio

MgSO₄ : Sulfato de Magnesio

CaCl₂ : Cloruro de Calcio

MgCl₂ : Cloruro de Magnesio

Dureza no Carbonatada

Aluminio (Al)

Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de uso y consumo humano son el **aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas en el tratamiento del agua** como coagulantes para reducir el color, la turbidez y el contenido de materia orgánica y de microorganismos.

Sus concentraciones residuales en el agua tratada se pueden reducir de varias maneras: **realizar el proceso de coagulación a un pH óptimo, evitar el uso de dosis excesivas de aluminio, mezclar el coagulante adecuadamente** en el lugar de aplicación, ajustar la velocidad de las paletas en la floculación a su valor óptimo, y **filtrar de forma eficiente el flóculo de aluminio**.

OMS: No proponen un valor de referencia basado en efectos sobre la salud. pero confirmaron una concentración de 0,2 mg/l en el agua de consumo para evitar coloración

Importancia sanitaria

La presencia de aluminio en concentraciones mayores a **0.1–0.2 mg/l** suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de:

- La precipitación del flóculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y
- el aumento de la coloración del agua por el hierro.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Aluminio Ocurre naturalmente y es generalmente encontrado en concentraciones entre 0.01 y 0.3 mg/L en aguas subterráneas. Para la EPA el estándar secundario por aluminio es 0.050 a 0.2 mg/L porque altas concentraciones pueden colorear el agua.	ND o menos de 0.05 (mg/L)	Satisfactorio	No se requiere acción
	0.05 o más (mg/L)	Objetable	Estándar basado en estética no en la salud; si la coloración del agua es un problema, considere tratamiento.

Calcio (Ca^{++})

Los iones Calcio disueltos en el agua forman **depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura**, es decir, cuando contiene demasiado calcio o magnesio. Esto se puede evitar con los ablandadores de agua.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Calcio Metal que ocurre naturalmente, esencial en la dieta humana, y común en aguas subterráneas con concentraciones en el rango de cero a varios cientos mg/L. Es el mayor contribuidor de la dureza del agua lo que puede causar problemas de revestimiento en tuberías y calentadores de agua	Cualquier valor	Satisfactorio (dependiendo de la dureza)	Calcio no plantea un riesgo a la salud; calcio y magnesio juntos forman la dureza en el agua; lea la hoja de datos en dureza.

Remoción, se realiza por:

- * precipitación (CO_3Ca) e
- * intercambio iónico

El valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado,

Efectos ambientales del Calcio

El fosfato de calcio es muy tóxico para los organismos acuáticos.

Hierro (Fe)

El ion hierro se puede presentar como ferroso (Fe^{++}) o en forma más oxidada como férrico (Fe^{+3}), la estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, materia orgánica, etc.

En el agua subterráneas anaerobias puede haber hierro ferroso, que al entrar en contacto con el aire de la atmósfera se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable.

El hierro también promueve la proliferación de “**bacterias ferruginosas**”, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, **en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías**.

OMS: Para el hierro no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Hierro (Total) Hierro es un elemento metálico encontrado en la naturaleza. Problemas estéticos como manchas en ropa y tuberías, así como problemas con sedimentos en plomería son asociados al hierro.	ND o menos de 0.3 (mg/L)	Satisfactorio	No es necesario ninguna acción
	0.3 o más (mg/L)	Objectable	Alto hierro puede causar decoloración de accesorios y/o ropa y puede fomentar el crecimiento de bacterias provocando problemas de sabor y olor; considere tratamiento.

Remoción de hierro: precipitación por aireación, por coagulación y filtración y por intercambio catiónico



Manganeso (Mn^{++})

La forma más general del manganeso (Mn^{++}) **se oxida con facilidad en el aire** para formar una capa castaña de óxido (MnO_2). Con agua a temperatura ambiente se forman **hidrógeno** e hidróxido de manganeso $Mn(OH)_2$.

Los estados de oxidación más comunes son 2^+ 4^+ y 7^+ . Todos los compuestos, excepto los que contienen Mn^{++} , son intensamente coloridos. **El permanganato de potasio, $KMnO_4$, produce soluciones acuosas que son de color rojo púrpura; el manganato de potasio, K_2MnO_4 , produce soluciones de color verde intenso.**

La presencia de manganeso esta asociada al hierro y a concentraciones mayores a 0.1 mg/l en sistemas de abastecimiento de agua puede producir un sabor indeseable en bebidas, y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios.

En una concentración de 0.2 mg/l, el manganeso formará con frecuencia una **capa en las tuberías**, que puede desprenderse en forma de **precipitado negro**.

OMS, El valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0.4 mg/l.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Manganeso Metal que ocurre naturalmente e importante en la dieta humana; el estándar secundario de manganeso establecido por EPA es 0.05 mg/L; altas concentraciones pueden causar manchas negras o marrones y sabor amargo en el agua.	ND o menos de 0.05 (mg/L)	Satisfactorio	No es necesario ninguna acción
	0.010 o más (mg/L)	Objectable	Estándar basado en estética no en la salud; si manchas negras/marrones o sabor amargo en el agua es un problema, considere tratamiento.



Sodio (Na^+)

Las sales de sodio más importantes en la naturaleza son el **cloruro de sodio** (sal de roca), el **carbonato de sodio** (sosa y trona), el **borato de sodio** (bórax), el **nitrato de sodio** (nitrato de Chile) y el **sulfato de sodio**.

El sodio reacciona con rapidez con el agua, para producir **hidróxido de sodio e hidrógeno**.

La concentración correspondiente al umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, **el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l** aproximadamente.

Se debe señalar que algunos ablandadores del agua pueden incrementar notablemente el contenido de sodio del agua de consumo.

OMS: No propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

No obstante, si las concentraciones rebasan los **200 mg/l**, el agua podría tener un **gusto inaceptable**.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Sodio Sal común en aguas subterráneas la cuál puede dar un gusto salado en concentraciones mayores a 250 mg/L; sodio puede contribuir a hipertensión y altos niveles en agua potable deben ser notificados a personas en dietas de bajo sodio.	Cualquier valor	Satisfactorio	Sodio en agua potable puede oscilar entre 0.4 a 1,900 mg/l; consumo de sodio en el agua potable debe ser considerado en las personas en dieta de bajo sodio ya que puede aumentar el riesgo a enfermedades cardiovasculares.

Potasio (K^+)

El ión potasio (K^+), corresponde a sales de una **solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar**. Suele **estar asociado al ion cloruro**. El potasio es un elemento esencial en los seres humanos el requerimiento diario recomendado es mayor de 3,000 mg. El potasio está presente ampliamente en el ambiente, incluidas todas las aguas naturales.

También puede estar presente en el agua de consumo humano como consecuencia de la utilización de **permanganato de potasio ($KMnO_4$)** como oxidante en el tratamiento del agua.

OMS: Actualmente, no hay prueba de que los niveles de potasio en el agua de consumo humano tratada, incluso el agua tratada con permanganato de potasio, suponga un riesgo para la salud de los consumidores. **No se considera necesario establecer un valor de referencia basado en la salud** para el potasio en el agua de consumo humano.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Potasio Sal común en aguas subterráneas - esencial en la dieta humana; concentraciones son típicamente menores a 10 mg/L.	Cualquier valor	Satisfactorio	Concentraciones en agua de grifo generalmente están en el rango de 0.5 a 8 mg/l; no es necesario ninguna acción.

Tratamiento: se remueve por intercambio iónico



Fluoruro

La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. Pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados. En zonas con concentraciones relativamente altas, especialmente **en aguas subterráneas, el agua de consumo adquiere mayor importancia como fuente de fluoruro** que en los alimentos.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Fluoruro Elemento que ocurre naturalmente y promueve la salud dental a concentraciones entre 0.7 y 1.5 mg/L, pero puede causar problemas de salud a altas concentraciones.	ND o menos de 0.7 (mg/L)	Satisfactorio	Concentraciones menores a 0.7 mg/L no son el rango ideal para la protección del esmalte de los dientes.
	0.7 a 1.5 (mg/L)	Satisfactorio	Rango ideal para el desarrollo y protección del esmalte de los dientes.
	1.5 a 2.0 (mg/L)	Satisfactorio	Concentraciones mayores a 1.5 mg/L no son el rango ideal para la protección del esmalte de los dientes.
	2.0 a 4.0 (mg/L)	Objectable	Fluorosis dental puede producir la decoloración del diente (manchas marrones); un reporte del Consejo Nacional de Investigación sugiere posibles efectos en la salud en el rango de éstas concentraciones.
	4.0 o más (mg/L)	No satisfactorio	Existen riesgos a la salud; considere tratamiento del agua y/o alternativas de fuentes de agua; consulte la hoja de datos para más información.

La **OMS**: propone un valor de referencia de **1,5 mg/L**.

Importancia Sanitaria del Fluoruro

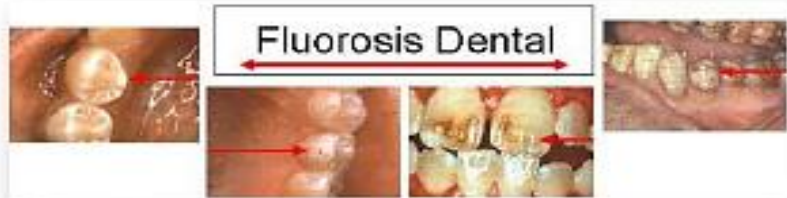
Estudios demuestran que la concentración mínima para producir el efecto protector es **0,5 mg/l** aproximadamente, que hay indicios de un incremento del riesgo de efectos en el esqueleto cuando la ingesta total supera los **6 mg/día** aproximadamente y se ha concluido que existe riesgo de efectos óseos adversos si la ingesta total es de **14 mg/día**.

Fluoruro

Padecimientos Ocasionados

- Aumenta la densidad de huesos
- Osteoporosis
- Infertilidad
- Fluorosis dental
- Fluorosis esquelética
- Rigidez y dolor en articulaciones y espalda
- Los ligamentos se calcifican y se pierde masa ósea

Fluorosis Dental



Rigidez de espalda baja



Fluorosis esquelética



Sulfatos ($SO_4^{=}$)

La presencia de sulfato en el agua de consumo **puede generar un sabor apreciable** y en niveles muy altos provocar **un efecto laxante** en consumidores no habituados. El deterioro del sabor **varía en función de la naturaleza del catión asociado**; se han determinado umbrales gustativos que van de **250** mg/l, para el sulfato de sodio, a **1,000** mg/l, para el sulfato de calcio.

OMS: No propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Sulfato Sal común en aguas subterráneas lo cuál puede impartir sabor salado al agua; altas cantidades pueden causar molestias gastro-intestinales en personas no acostumbradas al agua.	ND o menos de 250 (mg/L)	Satisfactorio	No es necesario ninguna acción
	250 o más (mg/L)	Objectable	Estándar basado en la estética no en la salud; si el sabor salado es un problema, considere tratamiento.

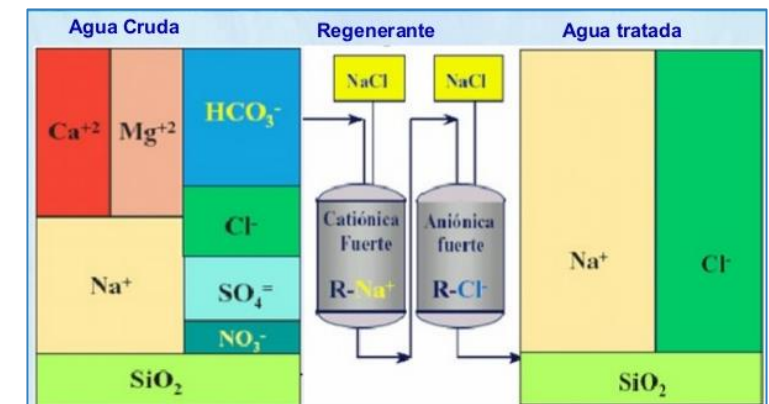
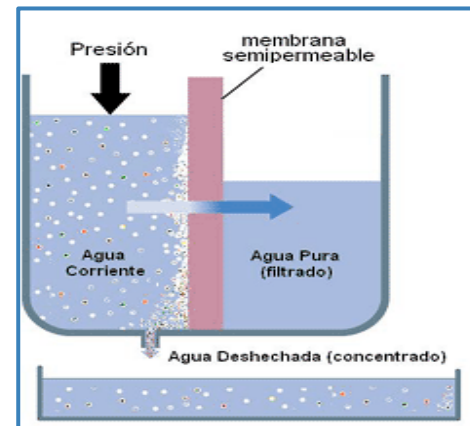
Importancia Sanitaria del sulfato

- Combinados con el calcio (Ca^{++}) y el magnesio (Mg^{++}) forman incrustaciones duras en tuberías y artefactos donde se conduce, cuando se calienta o evapora agua:

$$\text{Ca}^{++} + \text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow \text{ (insoluble y muy duro)}$$
- Es laxante si la concentración es mayor de 500 mg/l . Se recomienda un límite superior de 250 mg/l para agua tratada.
- Es tóxico para plantas y animales si la concentración es mayor de 200 mg/l
- puede producir un sabor apreciable en concentraciones mayores que 250 mg/l
- contribuye a la corrosión de los sistemas de distribución.

Tratamiento:

- Osmosis inversa,
- Destilación e
- Intercambio iónico



Cloruros, (CL⁻)

Las altas concentraciones de cloruro **confieren un sabor salado** al agua y las bebidas. Hay diversos umbrales gustativos para el anión cloruro en función del catión asociado: los correspondientes al cloruro sódico, potásico y cálcico están en el intervalo de **200** a **300** mg/l.

A concentraciones superiores a **250** mg/l es cada vez más probable que los **consumidores detecten el sabor del cloruro**,

OMS: No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de uso y consumo humano

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Cloruro Sal común en aguas subterráneas. El estándar secundario de EPA por cloro es 250 mg/L; altas concentraciones pueden causar el sabor salado en el agua.	ND o menos de 250 (mg/L)	Satisfactorio	No es necesario ninguna acción
	250 o más (mg/L)	Objetable	Estándar basado en estética no en la salud; si el sabor salado del agua es un problema, considere tratamiento.

Importancia Sanitaria cloruros

- Las altas concentraciones de cloruro (>250mg/L) confieren un sabor salado al agua.
- Aumentan la velocidad de corrosión de los metales consecuentemente su concentración.
- Antes de aparecer las pruebas bacteriológicas se utilizaron los cloruros como indicadores de contaminación fecal.
- Los cloruros se utilizan además como trazadores.

Remoción:

- Intercambio iónico y
- osmosis inversa



Bicarbonatos (HCO_3^-)

La principal función del bicarbonato de sodio es como **neutralizador de ácidos**. Entre los efectos secundarios que se pueden presentar tras el consumo de este compuesto son: **alcalosis metabólica, edema debido a la sobrecarga de sodio y insuficiencia cardíaca congestiva**.

Al disolverse el bióxido de carbono (CO_2) en el agua, se origina ácido carbónico (H_2CO_3), el cual al disociarse, produce el ion bicarbonato e ion carbonato, de acuerdo a las siguientes reacciones:



Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Bicarbonato como HCO_3 Bicarbonato es el principal constituyente de alcalinidad en agua potable. Consulte alcalinidad.	Cualquier valor	Satisfactorio (dependiendo de alcalinidad)	Bicarbonato no plantea un riesgo a la salud; bicarbonato y carbonato están estrechamente relacionados a la alcalinidad.

Carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$)

Los **carbonatos son las sales del ácido carbónico o ésteres**. Las sales tienen en común el anión CO_3^{2-} y **se derivan del ácido carbónico (H_2CO_3)**. Según el pH (la acidez de la disolución) están en equilibrio químico con el bicarbonato y el dióxido de carbono.

La mayoría de los carbonatos son poco solubles en agua, excepto los carbonatos de los metales alcalinos.

El carbonato más abundante es el carbonato cálcico (CaCO_3).



Los carbonatos suelen presentarse en forma de minerales como la calcita en los que se el calcio puede estar sustituido por iones Mn^{2+} , Fe^{2+} o Mg^{2+} .

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Carbonato como CO_3 Mineral encontrado en aguas subterráneas. Consulte alcalinidad.	Cualquier valor	Satisfactorio (dependiendo de alcalinidad)	Carbonato no plantea un riesgo a la salud; carbonato o y bicarbonato están estrechamente relacionados a la alcalinidad;

Nitritos y Nitratos

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que **forman parte del ciclo del nitrógeno**. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario.

- **Materia orgánica** = Nitrógeno Amoniacal (NH_3); → indica contaminación reciente y un peligro potencial
- **Estado intermedio** = Nitritos (NO_2^-); → la contaminación no es reciente.
- **Materia mineral** = Nitratos (NO_3^-). → la contaminación es remota y no representa peligro.

OMS: Nitrato, 50 mg/l para proteger a los lactantes alimentados con biberón contra la metahemoglobinemia (exposición a corto plazo).

Valor de referencia (nitrito):

- **3 mg/l** para la metahemoglobinemia en lactantes (exposición a corto plazo) Valor de referencia provisional (nitrito)
- **0,2 mg/l** (exposición prolongada)

Importancia sanitaria

Nombre del Parámetro	Resultados Posibles	Interpretación Rápida	Advertencias y Sugerencias
Nitrato + Nitrito como N or Nitrato como N Puede ocurrir naturalmente, por tratamientos en tanques sépticos/ tratamientos de aguas residuales, o por prácticas agrícolas y causar deficiencias de oxígeno en infantes menores a 6 meses de edad; nitrato se mueve fácilmente en aguas subterráneas por lo cual un aumento en los niveles de nitrato es una advertencia que otros contaminantes están llegando al pozo.	ND o menos de 1 (mg/L)	Satisfactorio	Continúe analizando el agua anualmente para monitorear contaminación.
	1 a 4 (mg/L)	Possible Deterioro del agua	Existe un potencial de contaminación; continúe analizando anualmente para monitorear cambios.
	4 a 10 (mg/L)	Mayor al nivel natural normal	Niveles mayores a los normales; posible contaminación; continúe monitoreando anualmente por cambios; monitorear más frecuentemente si infantes menores a un año están consumiendo el agua.
	10 o más (mg/L)	No satisfactorio	Existen riesgos a la salud, discontinúe el uso del agua en infantes menores a un año y personas con condiciones cardiovasculares. Consulte hoja de datos.

Nitratos

Nitritos

Meta hemoglobinemia



El síntoma más obvio de la meta hemoglobinemia es la aparición de un tono azulado en la piel, particularmente alrededor de los ojos y boca.

los ojos y boca

his/ bāntemānāte sūlēgōs qe

Padecimientos Ocasionados

- Meta hemoglobinemia
- Cáncer estomacal
- Cáncer esofágico
- Retraso en crecimiento
- Llenura abdominal vaga
- Vómitos con sangre
- Dificultad para deglutir
- Deterioro de salud en general
- Heces negras
- Retardo mental
- Anemia perniciosa
- Convulsiones

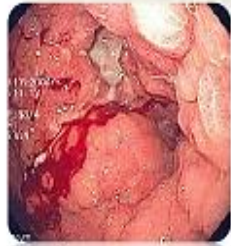
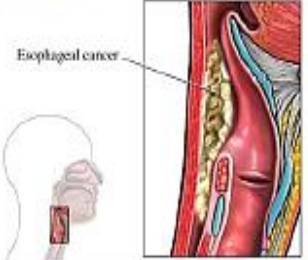


Imagen endoscópica de lesión plástica, un tipo de cáncer de estómago en el que se ha invadido el estómago anterior produciendo una apariencia como la del cuello de una botella.



Esophageal cancer

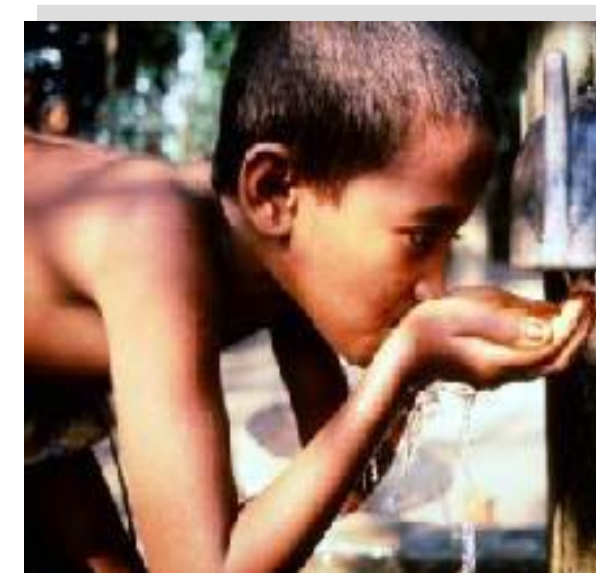
Cáncer esofágico

Remoción del Nitrato: Las tecnologías eficaces de tratamiento involucran la eliminación físico/química y biológica del nitrato e incluyen:

- el intercambio iónico,
- la ósmosis inversa,
- la desnitrificación biológica y
- la electrodiálisis, capaces de eliminar más del **80%** del nitrato en el agua

Efectos de Metales Pesados en la Salud

	Hg	As	Cu	Pb	Ta	Cd	Al
DETERIORO MENTAL							
Disturbios Psiquiátricos	X	X	X	X	X	X	X
Deficit en el lenguaje y al hablar	X						X
Deterioro cognitivo	X	X	X	X			X
Anormalidades Sensoriales	X	X		X			
Desordenes motores	X	X	X	X	X		X
DETERIORO FISIOLÓGICO							
Cerebro y Sistema Nervioso Central	X	X	X	X	X		X
Sistema Nervioso Periférico	X	X			X		
Tracto Gastrointestinal	X	X	X	X	X		
Deterioro Renal y Hepático	X	X	X	X	X		
Sistema Cardiovascular		X	X	X	X		
Desordenes Electrocardíacos		X		X			
Sistema Respiratorio	X	X					X
Sistema Inmunológico		X		X	X		
Sistema Reprodutor	X	X	X	X	X	X	X
Otros disturbios físicos	X	X	X	X	X		X



Hg = Mercurio
 As = Arsénico
 Cu = Cobre
 Pb = Plomo
 Ta = Talanio
 Cd = Cadmio
 Al = Aluminio

Arsénico

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de **sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos**. La principal fuente de arsénico del agua de consumo es la disolución de minerales y menas de origen natural.

En ciertas regiones, las fuentes de agua de consumo, particularmente **las aguas subterráneas, pueden contener concentraciones altas de arsénico**. En algunas zonas, el arsénico del agua de consumo afecta significativamente a la salud, y el arsénico se considera una sustancia a la que **debe darse una prioridad alta en el análisis sistemático de fuentes de agua de consumo**. Con frecuencia, **su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo**.

OMS: Valor de referencia provisional **0,01 mg/l**, Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que se ha demostrado que produce cáncer en el ser humano, por consumo de agua potable.





Receso, para Preguntas



Reporte de resultados de análisis físico químicos



SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD - DIVISION METROPOLITANA
Col. Villa Los Laureles, 1.5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC
Tel/fax: 227-4498

INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS

RTL-33-01

No de Informe: 238

No de Solicitud: 93

DATOS DEL CUENTE	
Nombre	CONASH
Proyecto	35 Municipios SANAA
Dirección	2da Ave. Comayagüela 910 col:
Teléfono/fax:	222-1385 2231-2106
Correo Electrónico	

DATOS DEL MUESTREO	
Fuente	Cerro El Peón
Localidad	Gusmas
Tomada por	Karen Bárcenas, Mosés Ochoa
Fecha/Hora	21/02/2014 2:00 PM
Tipo de Muestra	AC AT AR PZ
Entregado por	José Santos 05/03/2014 10:13AM
Datos de Campo	T° Cl pH O ₂ l Otros
Condiciones Ambientales	
Observaciones	

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ANÁLISIS	
Area	FISICOQUIMICO
Fecha	11/03/2014
T°	22.0°C
Humedad	65%
Observaciones	

Observaciones:

De acuerdo a los parámetros analizados desde el punto de vista físico Químico esta muestra presenta valores dentro de lo establecido por la norma técnica nacional para la calidad del agua potable vigente bajo decreto #024 del 31 de Julio de 1995.



SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD - DIVISION METROPOLITANA
Col. Villa Los Laureles, 1.5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC
Tel/fax: 227-4498

INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS

RTL-33-01

No de Informe: 238

No de Solicitud: 93

ANALISIS FISICOS				
Parámetro	Método	*Norma	Resultado	*Ue
Turbiedad (NTU)	Parte 2130B	5	0.22	
Color Verdadero (UC)	Parte 2120B	15	2.50	
Temperatura (°C)	Parte 2550B	18 - 30		
Olor	-	Inodoro		

ANALISIS QUIMICOS				
Parámetro	Método	*Norma (mg/L)	Resultado	*Ue
pH	Parte 4500H*B	6.5 - 8.5	8.12	
Cloro residual	Colorimétrico con ortotolidina	0.5 - 1.0		
Conductividad	Parte 2510B	400 µs/cm	313.00	
Alcalinidad total	Parte 2320B	-	91.88	
Bicarbonatos	Parte 2320B	-	91.88	
Carbonatos	Parte 2320B	-	0.00	
Hidróxidos	Parte 2320B	-		
Acidez				
Dureza total	Parte 2340	400	132.48	
Dureza de Calcio	Parte 2340	-	98.40	
Dureza de Magnesio	Parte 2340	-	34.08	
Calcio		100	39.36	
Magnesio		30	8.28	
Sulfato	Parte 4500-SO ₄ E	250	<10	
*o-fosfatos	Parte 365.3	-		
Cloruros	Parte 4500CI C	250		
Hierro total	Parte 3 500-FeD	0.3		
Manganeso	MERCK 14770	0.5		
Aluminio	Parte 3500-Al-D	0.2		
Fósforo	Parte 4500-P-E	-		
Flúor	Parte 4500 FC	0.7 - 1.5		
*Nitritos	Parte 352.1	50		
*Nitritos	Parte 354.1	0.1 - 3.0		
*Nitrógeno amoniacal	Parte 350.2	0.5		
Materia Orgánica	Volumétrico con KmnO ₄ DE-07-43			
Oxígeno disuelto	Parte 4500 OG	6 - 8		
DBO ₅	Parte 5210B	50		
DQO	Parte 5220D	200		
CO ₂	Volumétrico con Caldo Básico DE-07-43	-		
P. Fluoresceína	Colorimétrico	-		
Sólidos totales	Parte 2540B	1 000		
Sólidos suspendidos	Parte 2540D	-		
Sólidos sedimentables	Cono Imhoff	-		
Sólidos totales disueltos		-	156.50	

* Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 19 Ed (DE-05-01)

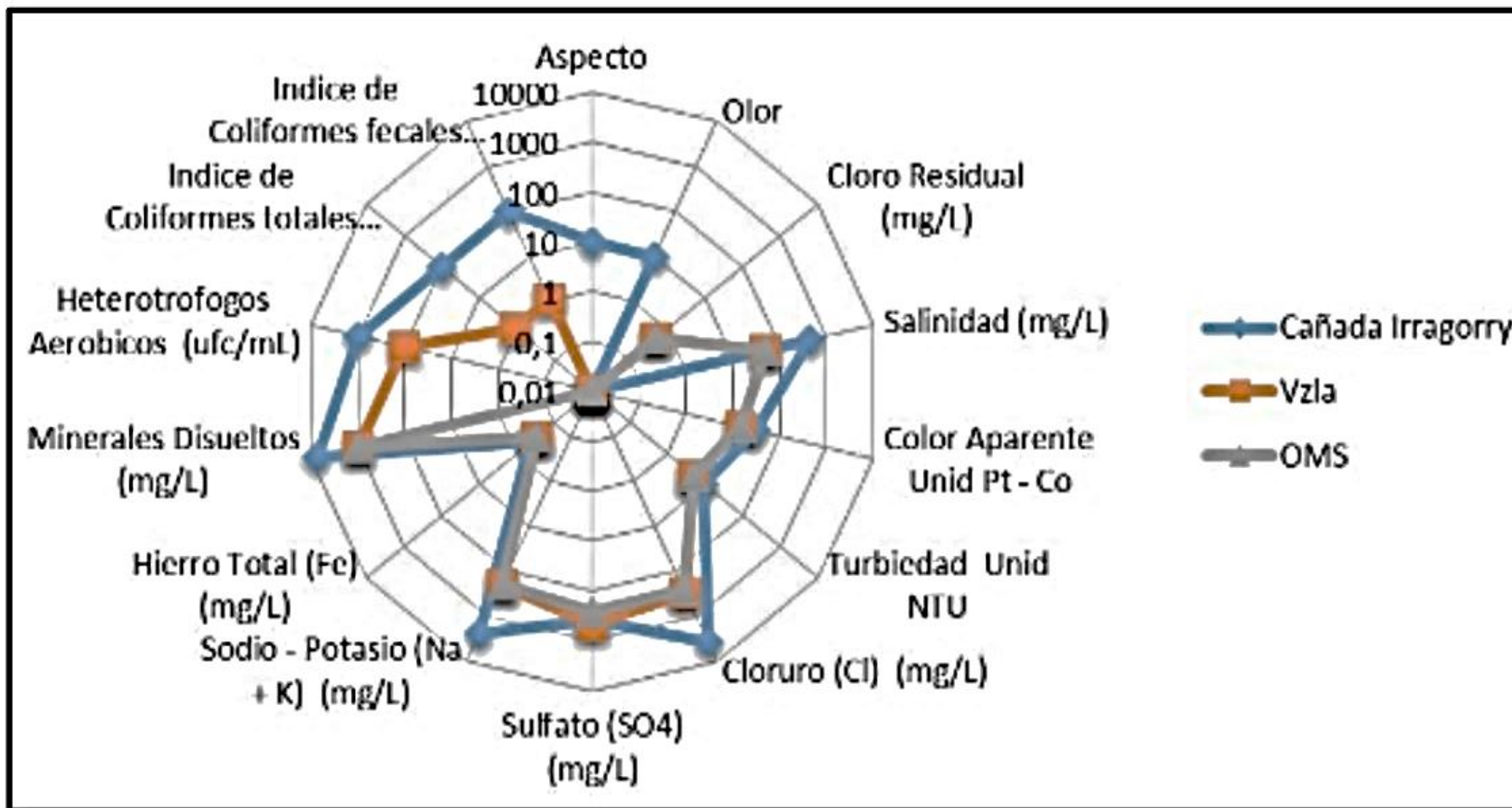
* Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (DE-04-01)

* Methods for Chemical Analysis of Water and Waste EPA (DE-05-05)

Ue = Incertidumbre Expandida



Gráfica de resultados

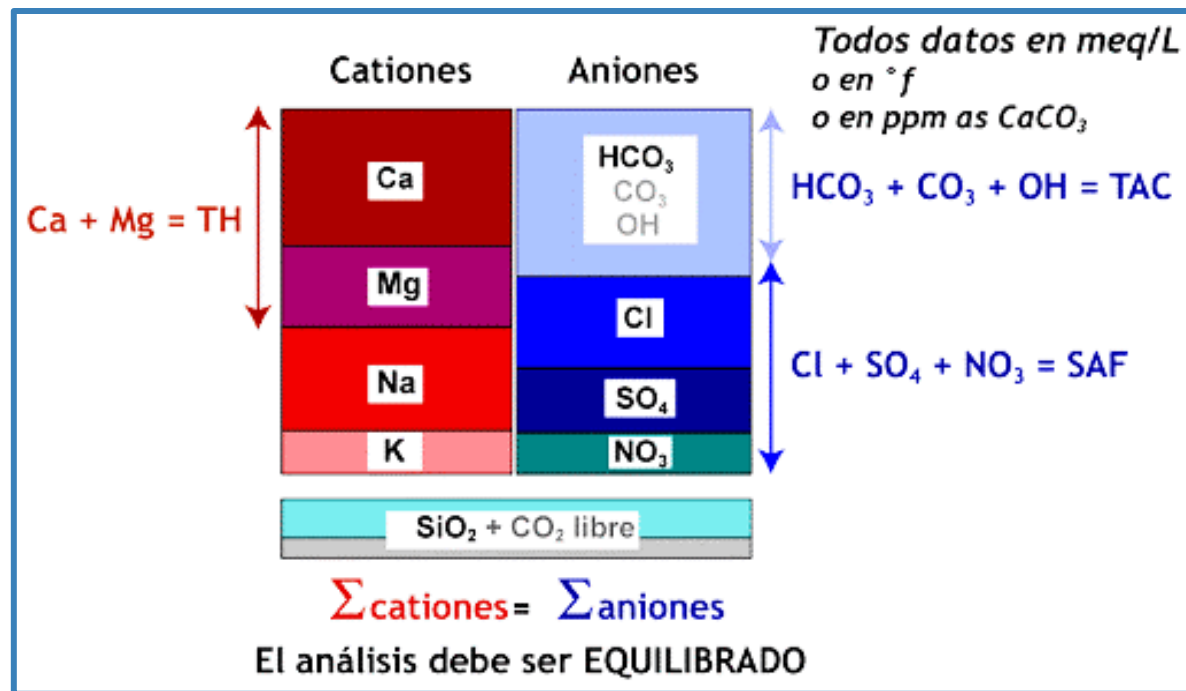


VALORACIÓN DE LA CORRECCIÓN DE LOS ANÁLISIS.

Los procedimientos que se exponen a continuación **son aplicables de forma específica a las muestras de agua para las que se han realizado análisis relativamente completos**. Entre ellos se incluyen la conductividad, y los principales componentes aniónicos y catiónicos.

Equilibrio de Cationes y de Aniones

Debido a las cargas eléctricas contrarias de aniones y cationes, teóricamente, en un análisis de agua correcto, la diferencia entre la suma de cationes (**SC**) y la suma de aniones (**SA**), expresados ambos **en miliequivalentes por litro**, debe ser nula.



Errores aceptables

Sin embargo, una serie de factores entre los que se cuentan errores de determinación (instrumentales o humanos) e iones no tenidos en cuenta, hacen que en la práctica pueda existir cierta diferencia entre ambas sumas.

La diferencia entre ambas sumas que puede ser aceptable depende de las características del agua y se establece como sigue:

Suma aniones Meq/l	Diferencia Aceptable
0 – 3.0	± 0.2 meq/l
3.0 – 10.0	± 2 %
20.0 – 800	± 2 – 5 %

Cuando la diferencia entre las sumas se expresa como porcentaje, este se calcula mediante la expresión:

$$\text{diferencia en \%} = 100 \frac{SC - SA}{SC + SA}$$

Conductividad eléctrica y sumas iónicas

Las aguas naturales constituyen soluciones mixtas y aunque en este caso resulta más difícil establecer la relación entre sales en solución y conductividad eléctrica (**CE**), diversos estudios han determinado que el parámetro K, definido como:

$$K = \frac{CE}{SC} \text{ o, lo que es lo mismo, } K = \frac{CE}{SA}$$

fluctúa entre **80 y 110**, cuando la **CE** se expresa en $\mu\text{S/cm}$ y la suma de cationes (**SC**) o la suma de aniones (**SA**) en miliequivalentes por litro (**meq/l**).

Otros Cálculos de Verificación

Sólidos totales disueltos (STD) = Suma de iones + silicio

Sólidos totales disueltos (STD) $\approx$ Conductividad (**C.E.**)*0,66 (0.55-0.76)

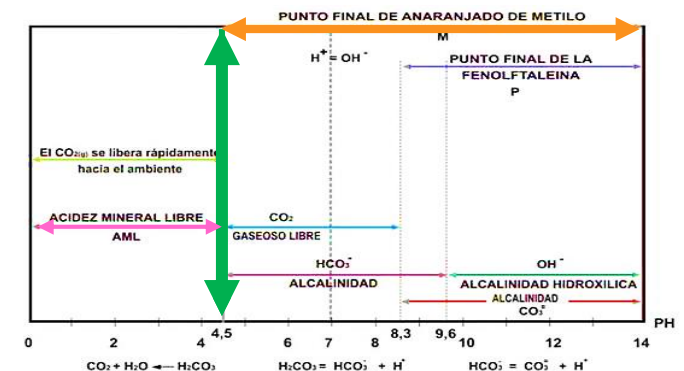
Para : pH < 8 $\rightarrow$ Carbonatos ausentes

Na (meq/l) $\gg$ K (meq/l)

Ca (meq/l) $\geq$ Mg (meq/l)

Ca (meq/l) $\geq$ SO₄ (meq/l)

Na (meq/l) $\geq$ Cl (meq/l)



Expresión de las concentraciones

En soluciones muy diluidas como las aguas naturales o industriales, se utiliza **mg/l** (que equivalen a ppm, partes por millón) **o miliequivalentes por litro (meq/l)**.

Moles = gramos/peso molecular

Equivalentes = moles * valencia

Ejemplo:

60 mg/l de Ca^{++}

Peso molecular del Calcio = 40

Concentración en moles = $60/10^{-3} \cdot 40 = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ moles/l}$
= **1.5 milimoles/litro**

Valencia del calcio = 2

Concentración en miliequivalentes = $1.5 \cdot 2 = 3.0 \text{ meq/litro}$

Sustancia	Peso molecular	Valencia	Factor (F) ($\text{meq/l} = 1/\text{F} \cdot \text{mg/l}$)
Cationes			
Ca^{++}	40	2	20
Mg^{++}	24.3	2	12.15
Na^{+}	23	1	23
K^{+}	39.1	1	39.1
NH_4^{+}	18	1	18
Fe^{++}	55.8	2	27.9
Fe^3	55.8	3	18.6
Al^3	27	3	9
Aniones			
$\text{CO}_3^{=}$	60	2	30
CO_3H^{-}	61	1	61
$\text{SO}_4^{=}$	96	2	48
CL^{-}	35.5	1	35.5
NO_3^{-}	62	1	62
PO_4^{-3}	95	3	31.7
SiO_2	60	1	60

Ejemplo Balance Iónico

Componente	Mg/l	P.A.	Valencia	Peso EQ(mg/meq)	meq/l
Ca ²⁺	45	40	2	20.0	2.30
Mg ²⁺	22	24.3	2	12.15	1.80
Na ⁺	64	23	1	23.0	2.8
Σ Cationes					6.90
Componente	Mg/l	P.A.	Valencia	Peso EQ(mg/meq)	meq/l
Cl ⁻	15	35.5	1	35.5	0.42
SO ₄ ²⁻	14	96.1	2	48.05	0.30
HCO ₃ ⁻	375	61.0	1	61.0	6.10
Σ Aniones					6.82

Suma aniones Meq/l	Diferencia Aceptable
0 – 3.0	± 0.2 meq/l
3.0 – 10.0	± 2 %
20.0 – 800	± 2 – 5 %

Comprobación

$$\text{diferencia en \%} = 100 \frac{SC - SA}{SC + SA}$$

$$\begin{aligned} \% &= 100 * \frac{6.9 - 6.82}{6.9 + 6.82} \\ &= 0.58 < 2\% \text{ OK} \end{aligned}$$

Otras comprobaciones

Ca (meq/l) ≥ Mg (meq/l) = 2.3 > 1.80 meq/l

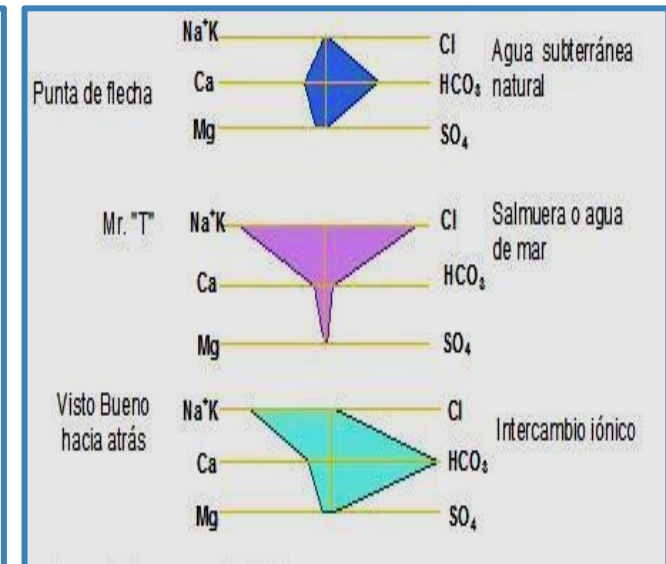
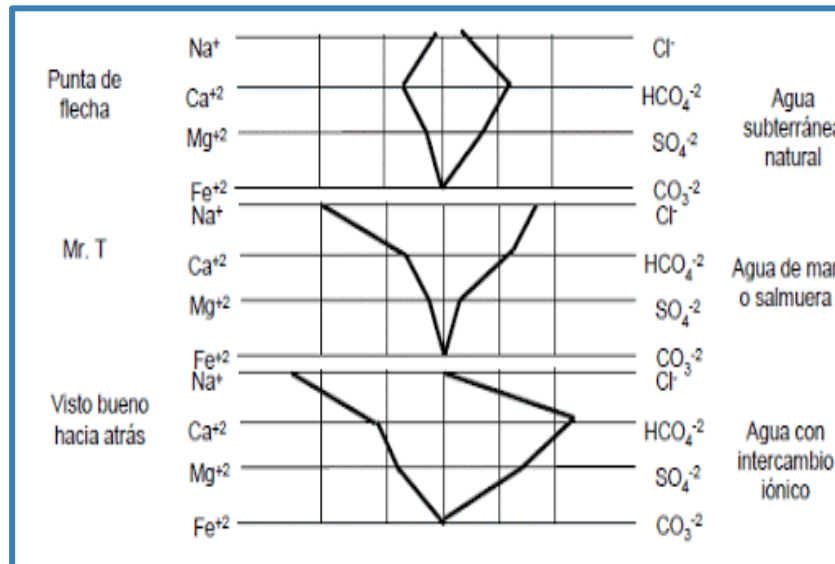
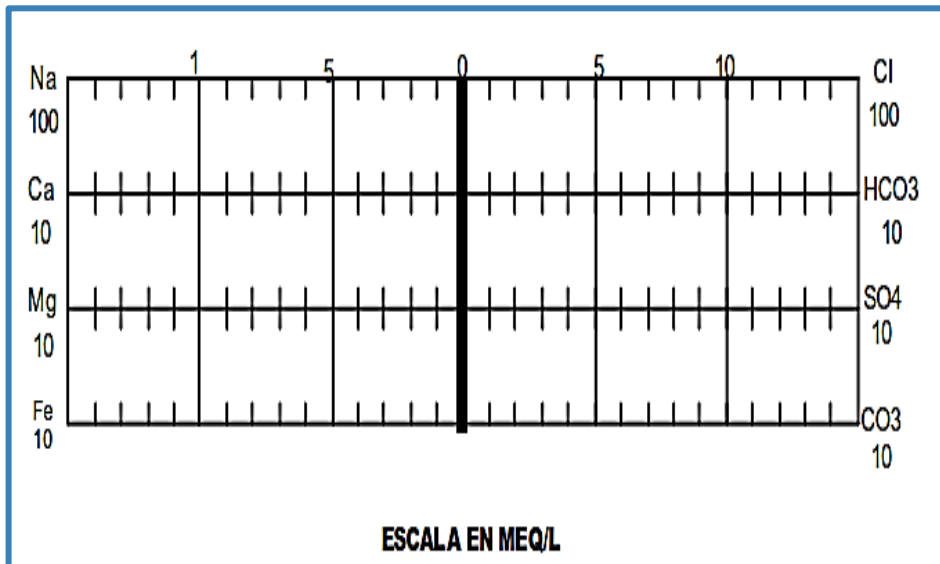
Ca (meq/l) ≥ SO₄ (meq/l) = 2.3 > 0.30 meq/l

Na (meq/l) ≥ Cl (meq/l) = 2.8 > 0.42 meq/l

Diagrama de Stiff

Esta gráfica está compuesta por cuatro ejes horizontales, cada uno uniendo un Catión y un Anión. Todos los cationes se disponen al costado izquierdo del diagrama, y los aniones al derecho. Siempre el **Na⁺** se confronta con el **Cl⁻**, el **Ca⁺⁺** con el **HCO₃⁻** y el **Mg⁺⁺** con el **SO₄⁼** (a veces también se pueden mostrar otros dos iones, como el **Fe⁺⁺** contra el **CO₃**). Todos los ejes horizontales están a la misma escala (lineal) y las concentraciones están dadas en meq/l.

Dos características sobresalen en este tipo de diagrama: por un lado, **permite visualizar claramente diferentes tipos de agua** y, en forma simultánea, **permite dar idea del grado de mineralización** (ancho de la gráfica).



Características Bacteriológicas

Los microorganismos tienen un papel importante en el ciclo de vida. Muchos microorganismos descomponen materia orgánica. Esto quiere decir que, convierten a un animal muerto o una planta en tierra, energía (calor), y nutrientes y son fuente de alimentación para otros organismos en la cadena alimenticia. Sin embargo, **ciertos microorganismos pueden hacer daño a otros seres vivos.**

Un microorganismo que causa enfermedad se le llama patógeno y puede vivir en el agua. El agua que consumimos puede contaminarse en la fuente, pero también puede contaminarse después de ser recolectada. **La contaminación puede ocurrir en el transporte del agua, en su almacenaje, y/o en el hogar.**



Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus, protozoos y helmintos patógenos son el riesgo para la salud más común y extendido, asociado con el agua de consumo humano .

Enfermedades relacionadas con el agua

El agua, el saneamiento y la higiene tienen consecuencias importantes sobre la salud y la enfermedad.

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por :

- ✓ **Microorganismos** (Bacterias: Vibrio cólera, Shigella etc. o Virus: Rotavirus, Norovirus, etc.)
- ✓ **Enfermedades que tiene parte de su ciclo de vida en el agua;** (Por ej: enfermedades parasitarias como : esquistomiasis)
- ✓ **Enfermedades cuyos vectores están relacionados con el agua;** Malaria, Dengue, Chikungunya, Zika.
- ✓ **Sustancias químicas** presentes en el agua no tratada.

VÍAS DE TRANSMISIÓN Y PATOGENOS RELACIONADOS CON EL AGUA

INGESTION
(BEBIDA)

INHALACION Y ASPIRACION
(AEROSOL)

CONTACTO
(BAÑO)

GASTROINTESTINAL

RESPIRATORIO

PIEL
MEMBRANA MUCOSA
HERIDAS,
OJOS

BACTERIAS

Campylobacter spp.
E. coli
Salmonella spp.
Shigella spp.
Vibrio cholerae
Yersinia spp.

VIRUS

Adenovirus
Astrovirus
Enterovirus
Hepatitis A
Hepatitis E
Rotavirus

PROTOZOOS Y HELMINTOS

Cryptosporidium parvum
Dracunculus medinensis
Entamoeba histolytica
Giardia intestinalis
Toxoplasma gondii

Legionella pneumophila

Micobacteria (no tuberculoso)
Naegleria fowleri
Diversas infecciones virales
Muchos otros agentes en
situaciones de alta exposición

Acanthamoeba spp.

Aeromonas spp.
Micobacteria (no
tuberculoso)

Pseudomonas aeruginosa
Schistosoma mansoni

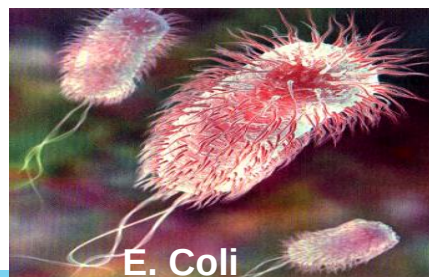
Propiedades de los organismos patógenos

- ✓ Pueden causar efectos agudos y también crónicos sobre la salud.
- ✓ Algunos pueden proliferar en el ambiente.
- ✓ Los agentes patógenos se encuentran en número discreto en el ambiente.
- ✓ A menudo se agregan o se adhieren a los sólidos suspendidos en el agua y sus concentraciones varían con el tiempo,
- ✓ La exposición a un agente patógeno que ocasiona una enfermedad depende de la dosis, de la invasión y la virulencia del organismo patógeno, así como del estado inmunológico de la persona.
- ✓ Si se establece la infección, se multiplican en su huésped.
- ✓ Ciertos, también se multiplican en los alimentos, las bebidas o los sistemas de agua caliente, lo que perpetúa o incluso aumenta la probabilidad de infección.
- ✓ A diferencia de muchos agentes químicos, los agentes patógenos no tienen un efecto acumulativo.

Bacterias Hidrotransmisibles

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las **bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal** del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal.

Bacteria patógena	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa
Escherichia coli patógena	Alta	Moderada	Baja	Baja (<100)
Salmonella typhi	Alta	Moderada	Baja	Baja
Shigella Campylobacter	Alta	Corta	Baja	Mediana
Vibrio cholerae (en fuente de agua)	Alta	Breve	Baja	Baja
Pseudomona aeruginosa Legionella Aeromonas	Moderada Alta	Puede multiplicarse Prolongada	Mediana Baja	Baja Moderada



Infectividad: Capacidad del agente patógeno para invadir y producir infección en el huésped.

Virus

Los virus son los agentes patógenos más pequeños y, por lo tanto, **son más difíciles de eliminar por procedimientos físicos, como la filtración.** Hay virus específicos que pueden ser menos sensibles a la desinfección que las bacterias y parásitos

Características de los virus

- pueden persistir durante largos períodos en el agua.
- Las dosis infecciosas generalmente son bajas.
- Suelen tener un rango limitado de huéspedes y muchos son específicos en cuanto a las especies.
- La mayoría de los virus entéricos humanos no se transmiten a través de animales.

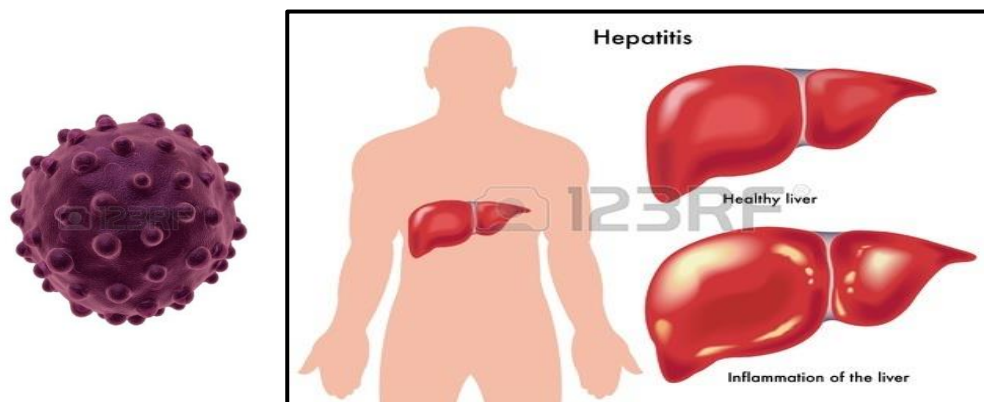
Virus de referencia

- **Los rotavirus:** son la causa más importante de **infección gastrointestinal en niños;**
- **Los enterovirus:** incluidos los poliovirus y los parechovirus, pueden causar una **enfermedad febril leve,** pero también enfermedades graves, como la **parálisis, la meningitis y la encefalitis en niños;**
- **Los norovirus:** son la principal causa de **gastroenteritis aguda en todos los grupos de edad,** Los síntomas de la enfermedad son generalmente leves y rara vez duran más de tres días.

Virus Hidrotransmisibles

En contraste con las bacterias, los virus no se encuentran normalmente en las heces del hombre. Están presentes solamente en el tracto gastrointestinal de individuos que han sido afectados.

Virus	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa
Adenovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
Enterovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta
Hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta
Hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta
Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta



Cómo ataca el rotavirus

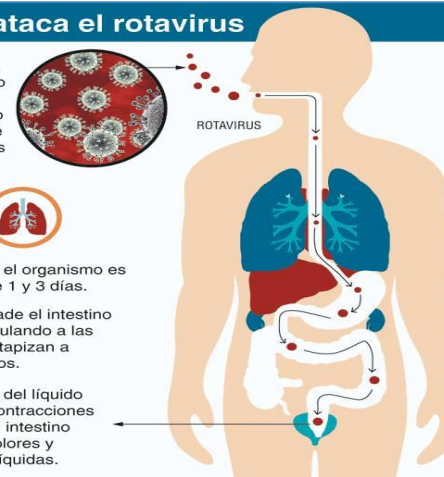
1. La principal vía de contagio es de tipo fecal-oral, pero también puede ser por las vías respiratorias.



2. Una vez en el organismo es incubado entre 1 y 3 días.

3. El virus invade el intestino y lo irrita estimulando a las células que lo tapizan a producir líquidos.

4. El aumento del líquido aumenta las contracciones ondulantes del intestino provocando dolores y deposiciones líquidas.



SINTOMAS

- Fiebre
- Vómitos
- Deshidratación
- Dolor de estómago
- Dolor de cabeza
- Sequedad en la boca
- Disminución en la orina

TRATAMIENTO

- Rehidratación oral para prevenir la deshidratación.
- Aproximadamente 1 de cada 40 niños requieren administración de fluidos intravenosos.

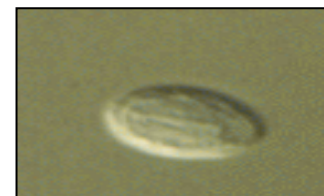
FORMAS DE PREVENCIÓN

- Lavarse las manos con agua y jabón varias veces al día, sobre todo antes de preparar la comida y de tomar contacto con un bebé y después de cambiarlos los pañales.
- Amamantar a los bebés, ya que la leche materna le fortalece sus defensas contra infecciones previniendo además la muerte súbita.
- Usar agua segura, tanto para beber como para cocinar.
- Asegurarse que los chicos tengan su esquema de vacunación completo.

Parásitos intestinales

Los parasitosis intestinales **causan infecciones del tubo digestivo**, que pueden producirse por la ingestión de quistes de protozoos, huevos o larvas de gusanos, o por la penetración de larvas por vía transcutánea, desde el suelo.

Cada parásito va a realizar un recorrido específico en el huésped y afectará a uno o varios órganos, según sea este recorrido. Estas infecciones se pueden clasificar según el tipo de parásito y la afectación que provoquen en los diferentes órganos y sistemas.





Enteroparásitos Hidrotransmisibles

Son organismos que **se alojan en el tracto digestivo del huésped** (hombre y animales) y viven a expensas de él.

dosis infectiva, o dosis infectiva mínima:
es el número mínimo de unidades del agente biológico necesarias para causar una infección.

Enteroparásito	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Dosis infectiva
Protozoarios:			
Giardia Cryptosporidium E. Histolytica	Larga	Alta	Baja
Acantamoeba	Puede multiplicarse	Alta	Baja
Helmintos:			
Ascaris Trichuris Taenia	Larga	Alta	Baja
Uncinarias Schistosoma Strongyloides	Corta – moderada Puede multiplicarse en lodos	-	Baja

Largo tiempo de persistencia en agua/suelos de los estadios transmisibles

- ✓ Quistes de Giardia, 56 días en agua de río a 5° C (DeRegnier,1989)
- ✓ Ooquistes de Cryptosporidium, 176 días en agua de río (Rober,1992)
- ✓ Huevos de Ascaris, 2 -10 años en suelos



Baja dosis infectiva Transmisión de enteroparásitos

- | | |
|-------------------------|------------------|
| ■ Cryptosporidium | 1-30 ooquistes |
| ■ Giardia | 1-100 quistes |
| ■ Entamoeba histolytica | 10 -1000 quistes |
| ■ Ascaris lumbricoides | 1-10 huevos |
| ■ Taenia solium | 1-10 huevos |



Protozoos

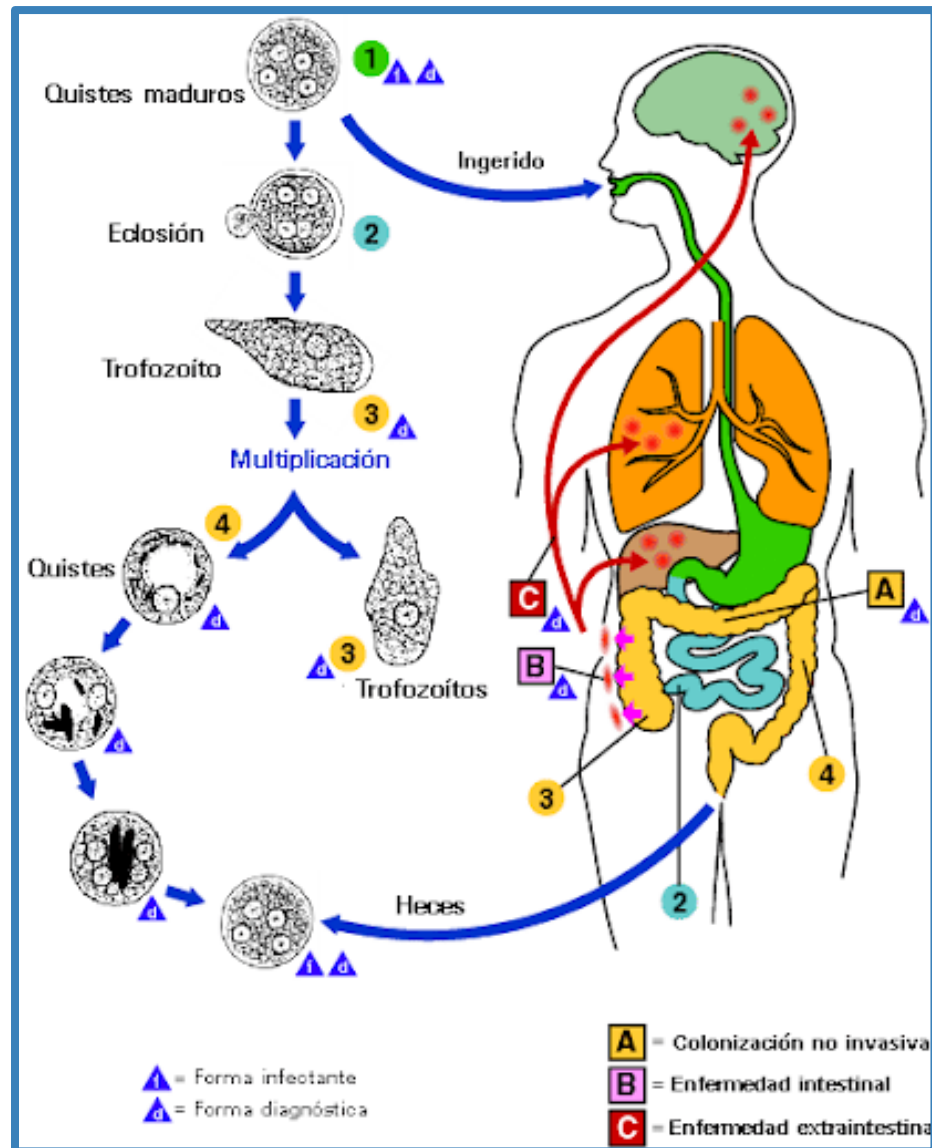
Los protozoos son el grupo de agentes patógenos **menos sensibles a la inactivación por la desinfección química** (Cryptosporidium es altamente resistente a los desinfectantes oxidantes como el cloro).

Características

- ✓ Son de tamaño moderado ($> 2 \mu$) y se pueden eliminar mediante procesos físicos.
- ✓ Pueden sobrevivir durante largos períodos en el agua.
- ✓ Son moderadamente específicos respecto a las especies.
- ✓ El ganado y los seres humanos pueden ser fuentes de protozoos como Cryptosporidium y Balantidium, los seres humanos son los únicos reservorios de los agentes patógenos Cyclospora y Entamoeba.
- ✓ Las dosis infecciosas son generalmente bajas.



Ciclo de vida de la E. Histolítica



La infección por Entamoeba histolytica ocurre por **ingestión de quistes maduros** (1) en alimentos, agua o manos contaminados con heces.

El desenquistamiento (2) ocurre en el intestino delgado y los trofozoítos (3) son liberados y migran al colon.

Los trofozoítos se reproducen por fisión binaria y producen quistes (4) que se eliminan con las heces.

En muchos casos los trofozoítos permanecen confinados en la luz intestinal (A, infección no invasiva) de los infectados, quienes son entonces portadores asintomáticos o eliminadores de quistes.

En algunos individuos los trofozoítos **invaden la mucosa intestinal** (B: enfermedad intestinal), o , a **través de la circulación, invaden el hígado, pulmones cerebro** etc. (C: enfermedad extraintestinal).

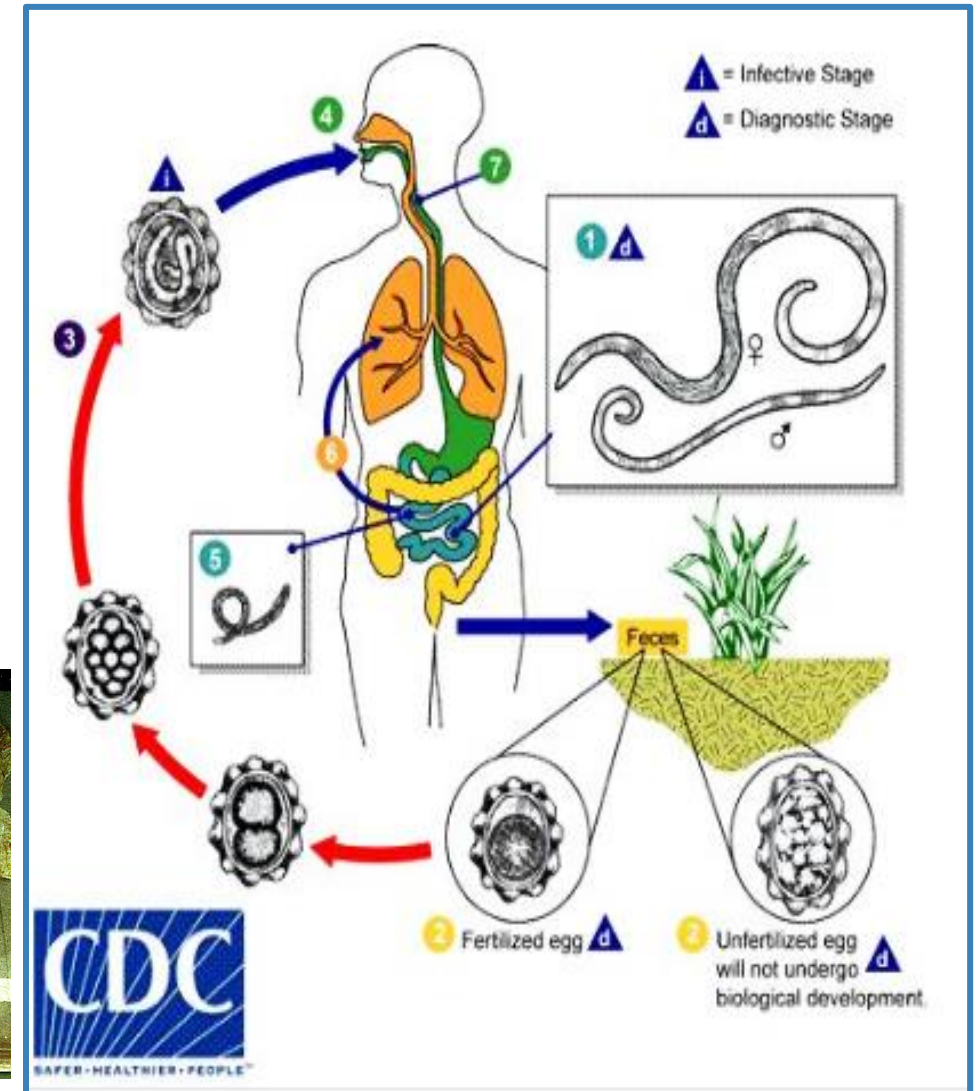
Helmintos

Los helmintos son un grupo de **gusanos** que la única característica que comparten, a parte de ser gusanos y ser invertebrados, es que **son parásitos del hombre**. A pesar de esto, podemos generalizar que los adultos son macroscópicos, alargados y presentan simetría bilateral, no poseen extremidades. Los tamaños de estos parásitos puede oscilar entre milímetros y metros, dependiendo de la especie.

Presentan ciclos vitales complejos.

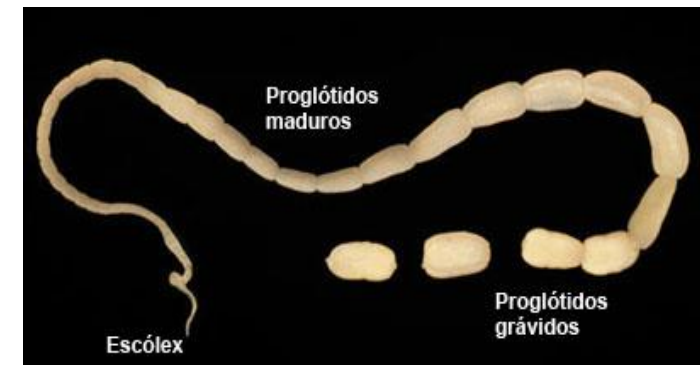
Ciclo vital de la áscaris lumbricoides

1. Los parásitos adultos viven en la luz del intestino delgado
2. Los huevos son excretados en las heces, una hembra puede poner 200,000 huevos/día: los huevos no fertilizados aunque se ingieran no son infecciosos.
3. En el ambiente en condiciones favorable, los huevos fértiles son fecundados y se vuelven infecciosos después de 18 días a varias semanas.
4. El ser humano ingiere los huevos infectados
5. En el **intestino delgado**, eclosionan y liberan las larvas
6. Las larvas penetran la pared intestinal y migran por la circulación portal al **hígado**, luego a la circulación sistémica y llegan a los **pulmones** donde continúan su maduración de 10 a 14 días.
7. Las larvas penetran las paredes alveolares, ascienden por el **árbol bronquial** y llegan a las fauces, donde son deglutidas. Así retorna al intestino hasta ser adultos.



Clasificación de los helmintos

1. **Platelmintos:** gusanos de cuerpo plano, entre los que se incluyen:
 - ✓ **Cestodos:** son hermafroditas, gusanos de cuerpo plano y segmentado, y cuando parasitan al hombre en su estadio adulto, se ubican en intestino delgado. Pueden producir una afectación digestiva o digestiva y en tejidos
 - ✓ **Trematodos:** a excepción del género *Schistosoma*, también son hermafroditas y su cuerpo es chato pero indiviso. El estadio adulto es parásito de vertebrados, afectación digestiva y otros tegidos
2. **Nematelmintos o Nematodos:** son gusanos cilíndricos, tienen sexos separados. Pueden producir una afectación: digestiva, digestiva pulmonar y cutánea digestiva y pulmonar.



Indicadores microbiológicos de la calidad del agua

Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con **la transmisión hídrica de agentes patógenos**. Por este motivo se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal. **Los análisis de patógenos son caros y el procedimiento es largo.**

Por las razones antes mencionadas, la evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se basa en la determinación de **indicadores bacterianos**.

Grupo coliforme. El grupo coliforme **no son de origen fecal** abarca géneros que utilizan la lactosa para producir ácido y gas. Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme:

- *Klebsiella*
- *Escherichia*
- *Enterobacter*
- *Citrobacter*
- *Serratia*



Coliformes termotolerantes (fecales). Se denomina *coliformes termotolerantes* a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales, que están más estrechamente **relacionados con la contaminación fecal**. Los coliformes termotolerantes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos.



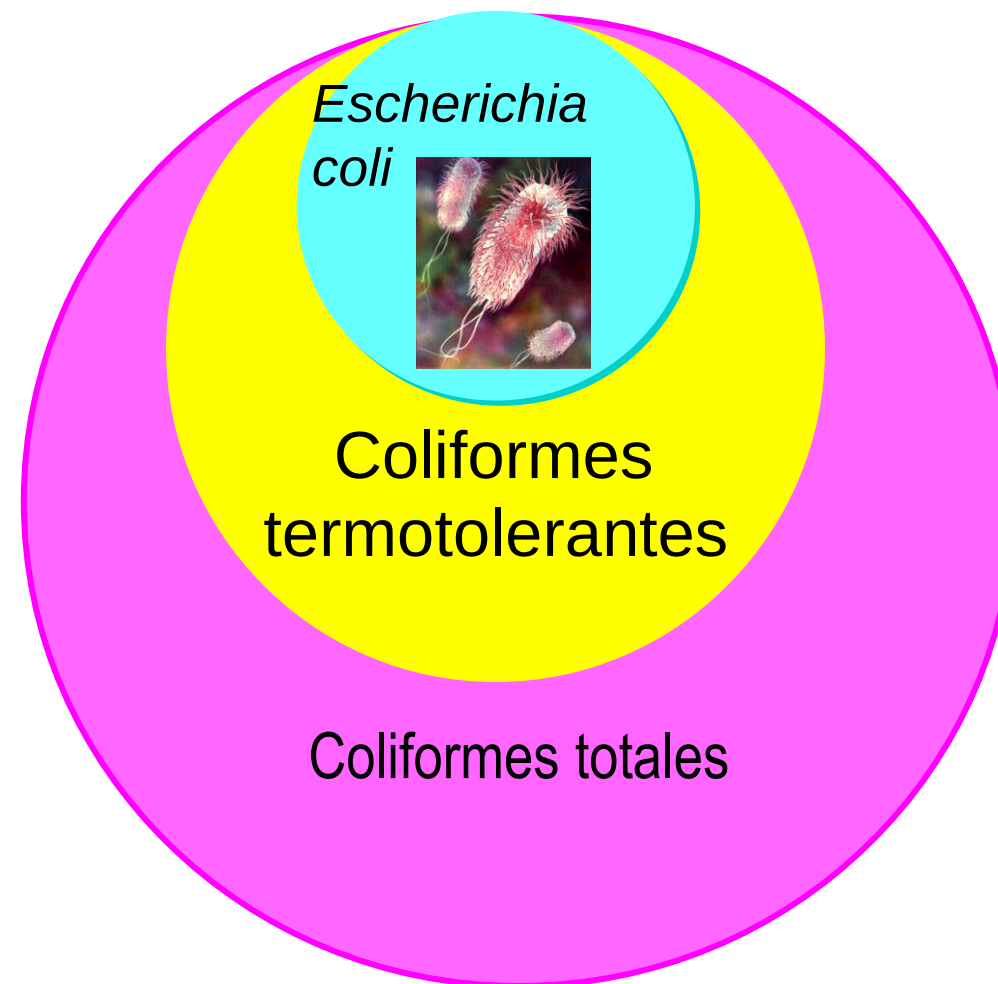
Control de calidad, Organismos Indicadores

BACTERIAS

- Coliformes totales
- *Coliformes termotolerantes (fecales)*
- *Escherichia coli*
- Recuento de bacterias heterotróficas
- *Streptococos fecales*
- *Clostridium perfringens*

PROTOZOOS

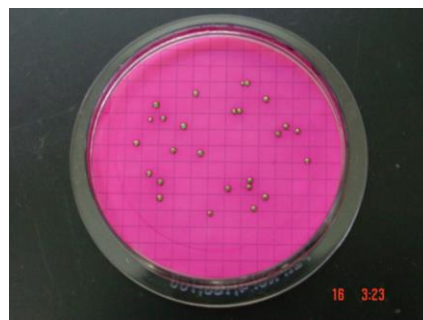
- *Entamoeba coli*
- *Giardia lamblia*
- *Cryptosporidium*





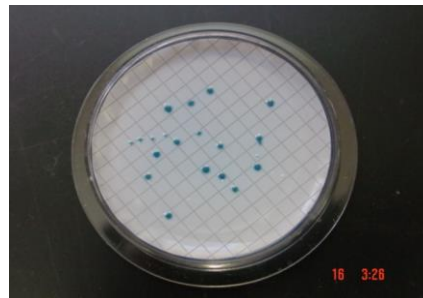
Grupo Coliforme

Coliformes Totales



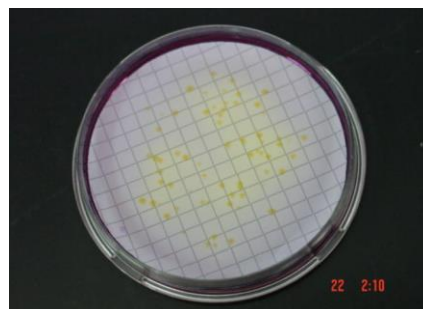
Bacterias Gram-negativas con forma de bastoncillos, se desarrollan en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos, tienen propiedades de inhibición, **fermentan la lactosa a 35 - 37°C, produciendo gas, ácido y aldehído en 24 - 48 horas**, Son oxidasa negativa y no forman esporas, Presentan actividad a la β -galactosidasa.

Coliformes Termotolerantes



Se definen como aquellos **coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente**, que **fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44,5 °C.**

Escherichia Coli



Cuando se usa un sustrato definido, *E. coli* se define como aquellos coliformes que producen la enzima β -glucoronidasa que hidroliza el sustrato MUG produciendo un compuesto fluorescente que se observa con luz UV de onda larga.

Métodos para determinar los coliformes

Filtración por membrana

tiene la ventaja de obtener resultados rápidos y, en consecuencia, se pueden llevar a cabo acciones correctivas rápidamente.

Número Más Probable de coliformes (NMP)

se fundamenta en la determinación del número de coliformes mediante la siembra de distintos volúmenes del agua a analizar, en series de tubos con caldo deslactosado y resiembra en medios de cultivo selectivos e incubando a temperaturas adecuadas.

Presencia o Ausencia (P/A) de coliformes*

es el método más simple para determinar coliformes fecales. Esta prueba se basa en la suposición de que no debe haber coliformes en el agua potable y es necesario, en caso positivo, confirmación.

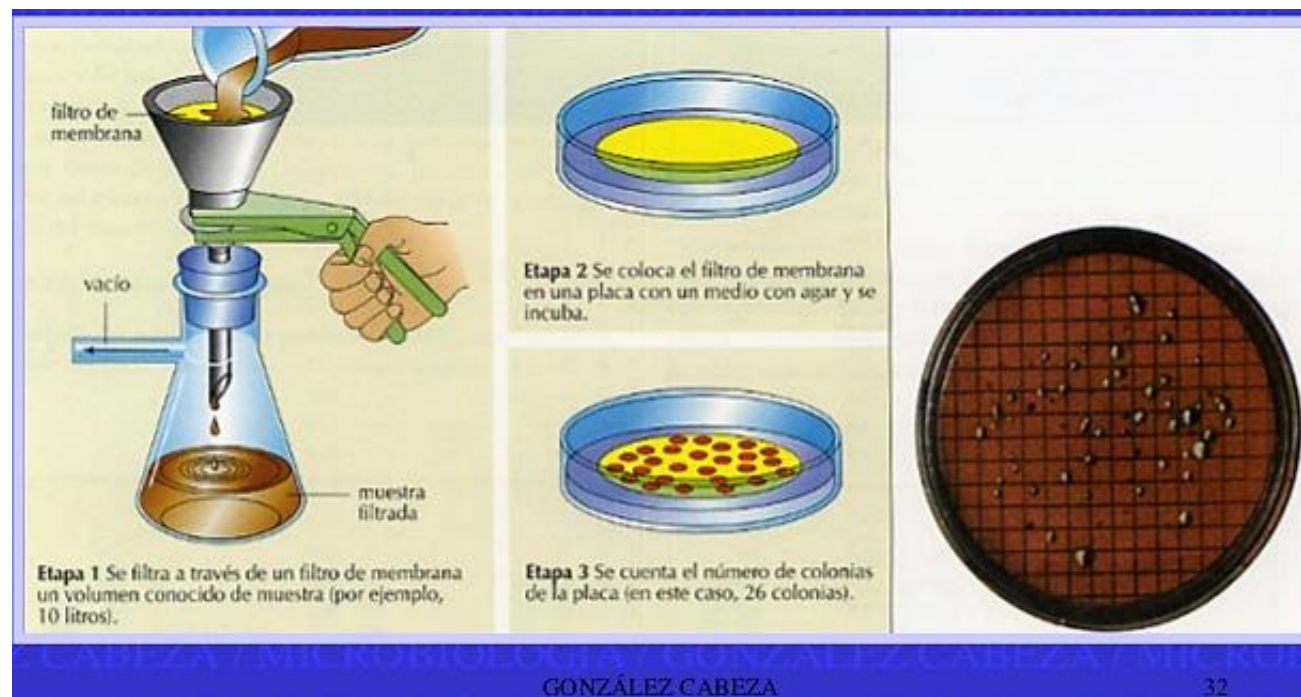
Es una prueba cualitativa.

Gas sulfhídrico

Es un método (de Presencia o Ausencia P/A), muy sencillo que asocia la presencia de contaminación de origen fecal en el agua cuando se hace la prueba del gas sulfhídrico en el agua y esta es positiva. Es una prueba cualitativa.

Filtración por membrana

Se basa en el **crecimiento, la identificación y el recuento de las colonias** de los microorganismos **retenidos en la superficie de un filtro**, a través del cual se ha **filtrado** un volumen conocido de muestra de agua. Incubada en un medio de cultivo durante un tiempo y a una temperatura adecuadas.



Número Más Probable (NMP)

La técnica NMP, se basa en la reacción enzima-sustrato, el medio de cultivo es rico en nutrientes, y en lactosa, lo que permite que los microorganismos fermentadores crezcan rápidamente, por la adición de sales biliares, el medio es selectivo para los microorganismos acompañantes, la presencia de la lactosa ayuda a la producción de gas.

Pasos:

Servir con una jeringuilla **10** cc de la muestra de agua en cada uno de los **cinco tubos** que contienen **caldo lactosado**.

Figura 9. Tubos de ensayo usados para la prueba

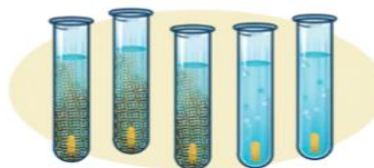


© Se coloca en una incubadora realizada con tecnología apropiada, que manejará una temperatura de 37 °C. Las muestras se dejan allí entre 24 a 48 horas.

Figura 10. Incubadora



Figura 11. Tubos de ensayo usados para la prueba



Lectura

Ejemplo:
tres tubos presentan gas (positivos), se busca en la tabla y el resultado es: 4,6.

Tabla 1. Tabla de lectura en relación con coliformes totales

n.º de tubos positivos	NMP/MI
0	<1,1
1	1,1
2	2,6
3	4,6
4	8,0
5	>8,0

Utilizando este método, los grados de contaminación en NMP de coliformes son:

<1,1 [Ausente]

1,1 [Contaminación mínima]

2,6 [Contaminada]

4,6 [Contaminada]

8,0 [Muy contaminada]

>8,0 [Alta contaminación]

Referencia: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
21 Edition.

Presencia o Ausencia (P/A)* de coliformes

La nueva técnica de Presencia /Ausencia (P/A), útil tanto para trabajo de campo como para Laboratorio, **cuando lo que se precisa no es recuento, sino detección de un microorganismo** en grandes muestras.

CARACTERÍSTICAS:

- Tiempo de resultados: 24 horas
- Lectura: Amarillo: presencia de Coliformes, fluorescente: presencia de E-Coli
- Presentación de la muestra: 100 ml
- El kit está compuesto de: Reactivo Colilert para 100 ml y frasco con tiosulfato de sodio.

Requiere incubadora (no incluida) y lámpara UV para lectura de E-Coli (no incluida)

Código: Reactivo Colilert 98-21375-00 y frasco con tiosulfato de sodio 98-20714-00
MARCA: IDEXX



Enfermedades transmitidas por el agua

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos	Defunciones por año
Disentería amebiana	Los protozoos pasan por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	500 millones por año	*
Disentería bacilar	Las bacterias pasa por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	*	*
Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar)	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	4,000 millones actualmente	3 – 4 millones
Cólera	Las bacterias pasa por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	Sudamérica, África, Asia	384,000 por año	20,000
Hepatitis A	El Virus pasa por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	Todo el Mundo	600,000 a 3 millones por año	2,400 – 12,000
Fiebre paratifoidea y tifoidea	Las bacterias pasa por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	80% en Asia, 20% en A. Latina , África	16 millones actualmente	600,000
Poliomielitis	El virus pasa por la vía fecal- oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra	66 % en India, 34 % Cercano Oriente, Asia, África	82,000 actualmente	9,000

El número de casos se presenta como incidencia (por año) – el número de nuevos casos ocurridos en un año – o como prevalencia (actualmente) – el número de casos existente en un momento dado.

* Incluidas en las enfermedades diarreicas

** No hay defunciones , pero causa 270,000 casos notificados por ceguera anualmente

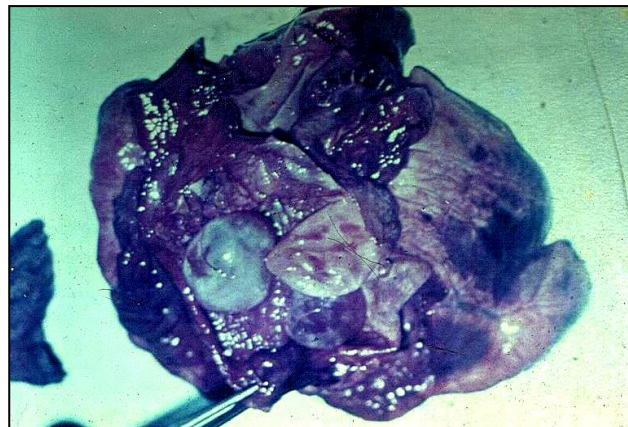
ND = no disponible

Fuente : WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

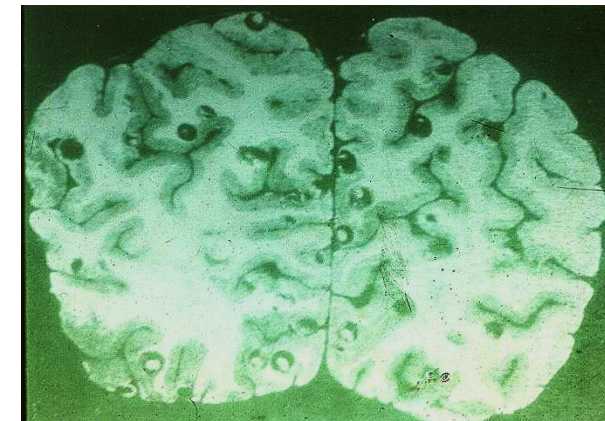
Enteroparásitos hidrotransmisible, Patología



**CISTICERCUS EN
CORAZON**



**QUISTE HIDATIDICO EN
HIGADO**



**CISTICERCUS.EN EL
CEREBRO**



**INTESTINO INFECTADOS
CON.TRICHURIS**



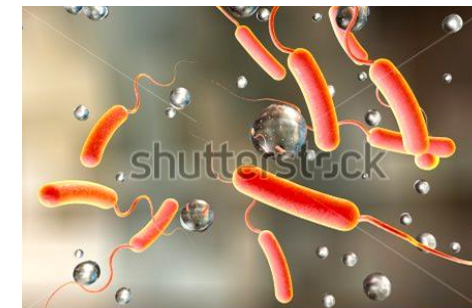
**INTESTINO CON ASCARIS
LUMBRICOIDES**



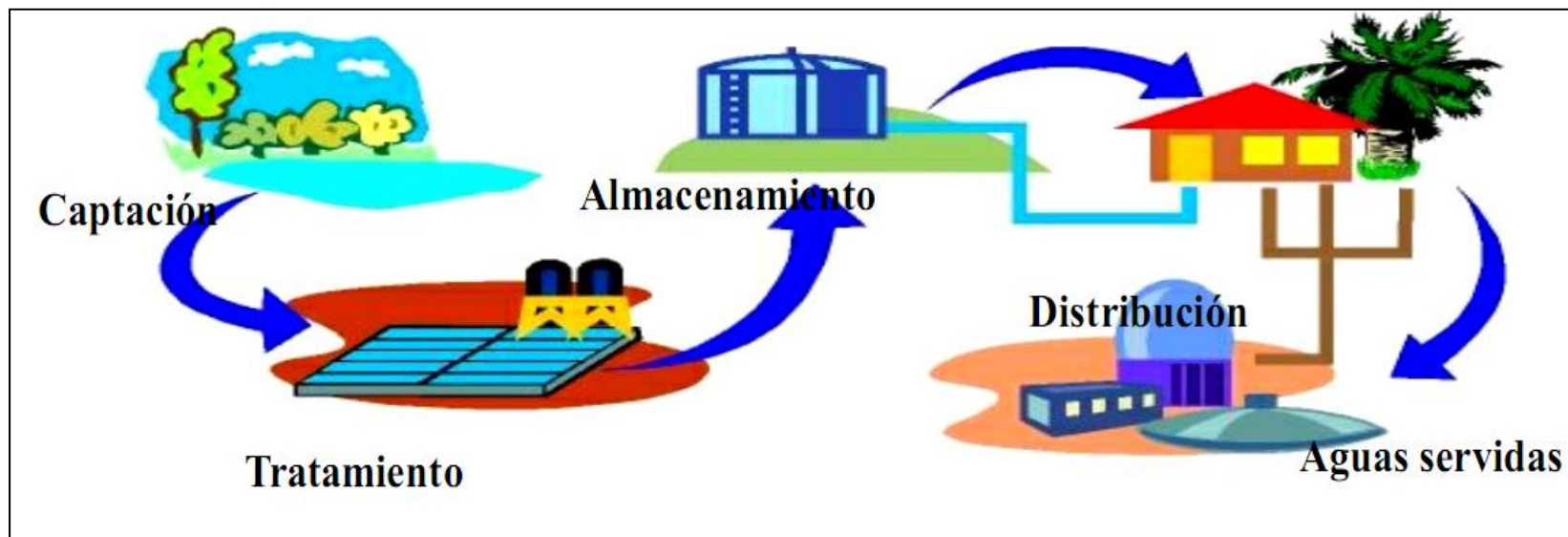
QUISTES DE BALANTIDIUM

Características Microbiológicas del Agua Potable

- El agua potable no debe contener agentes patógenos que puedan afectar la salud del consumidor.
- Coliformes termotolerantes o *Escherichia coli*, no deben estar presentes en 100 ml de muestra.
- Esta calidad debe mantenerse desde que sale de la planta de tratamiento, o de la fuente de agua en el caso de aguas de origen subterráneo hasta llegar al consumidor.



Vibrio Cholerae



Norma Técnica Nacional para la calidad del Agua

Potable (Acuerdo No.084 del 31 de Julio
de 1995, Vigencia 4 de Octubre de 1995)

Artículo 7

El programa de Control de Calidad del Agua de la **primera etapa será efectuado en todos los acueductos del país.**

Los programas de control de la **segunda etapa deben ser iniciados a máximo tres años** después de la fecha de aprobación de esta Norma, y los de la **tercera etapa máximo a los cinco años** de esta fecha

A. Modelos de los Análisis

Parámetros a Incluir	Control Básico (E1)	Control Normal (E2)	Control Avanzado (E3)	Control ocasional por una situación especial o de emergencia (4)
A. Parámetros Organolépticos	❖ Olor ❖ Sabor ❖ Turbiedad ❖ Color	Análisis (E1) +	Análisis (E2) + otros parámetros según nota No.4	La autoridad nacional competente determina los parámetros según las circunstancias tomando en cuenta todos los factores negativos que podrían incidir sobre la calidad del agua potable suministrada al usuario.
B. Parámetros Físicos Químicos	❖ Conductividad ❖ pH ❖ Cloro residual³	❖ Cloruros ❖ Dureza ❖ Sulfatos ❖ Calcio ❖ Magnesio ❖ Sodio ❖ Potasio ❖ Zinc ❖ Aluminio ❖ Cobre	❖ Sólidos Totales Disueltos	
C. Parámetros no deseado		❖ Nitratos ❖ Nitritos ❖ Amonio ❖ Hierro ❖ Manganeso ❖ Fluoruro ❖ Sulfuro de Hidrógeno		
D. Parámetros Tóxicos orgánicos e inorgánicos		❖ Arsénico ❖ Cadmio ❖ Cianuro ❖ Cromo ❖ Mercurio ❖ Níquel ❖ Plomo ❖ Antimonio ❖ Selenio	❖ Orgánicos con significado para la salud ❖ Subproductos de la desinfección	
E. Parámetros Microbiológicas	❖ Coliformes Totales ❖ Coliformes Fecales	❖ Coliformes Totales ❖ Coliformes Fecales E.Coli		

RECOMENDACIÓN: Se recomienda añadir un análisis (llamado primer análisis), que sobre todo ha de llevarse a cabo antes de la puesta en marcha del sitio de muestreo. Los parámetros a tomar en cuenta serían los del análisis de control normal, a los cuales podrían agregarse, entre otros, con base en suposiciones, diferentes sustancias tóxicas no deseadas. La lista será definida por las autoridades nacionales competentes.

Frecuencia de Muestreo

B. Frecuencia Mínima de Análisis³

Población afectada (bases de cálculo 200 Litros por habitante y por día)	Análisis E1 cantidad de muestra/año	Análisis E2 cantidad de muestra/año	Análisis E3 cantidad de muestra/año	Análisis E4
500	(1)	(1)	(1)	La frecuencia será fijada por la autoridad nacional competente según cada caso.
5000	(1)	(1)	(1)	
10000	12	3	(1)	
50000	60	6	1	
100000	120	12	2	
150000	180	18	3	
300000	360 ²	36	6	
500000	360 ²	60	10	
1000000	360 ²	120 ²	20 ²	
5000000	360 ²	120 ²	20 ²	

1. La frecuencia será determinada por la autoridad nacional competente.
2. La autoridad nacional competente deberá esforzarse, de ser posible, por aumentar esta frecuencia.
3. a) En el caso de agua que es desinfectada la frecuencia de los análisis microbiológicos deberá duplicarse.
- b) En caso de una alta frecuencia se recomienda observar en lo posible intervalos regulares entre dos tomas de muestras.
- c) Si los valores de los muestreos de los años anteriores fueran constantes y mucho mejores que los límites previstos en el anexo1, y no determinara un factor que pudiera tener efectos negativos sobre la calidad del agua, se puede reducir la frecuencia mínima de los análisis como se indica:
 - c.1 Para aguas superficiales es un factor 2, con excepción de la frecuencia de los análisis microbiológicos.
 - C.2 En aguas subterráneas, independiente de (a), es un factor 4.

Parámetros Bacteriológicos

Cuadro 1. Parámetros Bacteriológicos (a)

ORIGEN	PARÁMETRO (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	OBSERVACIONES
A. Abastecimiento con agua entubada				
A.1 Agua no tratada que entra en el sistema de distribución	Coliformes Totales	0	3	En una muestra ocasional pero no en muestras consecutivas.
	Coliformes Fecales	0	0	
A.2 Agua tratada que entra en el sistema de distribución	Coliformes Totales	0	0	Turbiedad <1. Para la desinfección con cloro es preferible pH<8.0 y cloro residual libre de 0.2-0.5 mg/l después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.
	Coliformes Fecales	0	0	
A3. Agua en el sistema de distribución.	Coliformes Totales	0	0	En el 95% de las muestras examinadas durante el año. Cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras.
	Coliformes Fecales	0	0	
	Coliformes Totales	0	3	Ocasionalmente en alguna muestra pero no en muestra consecutivas.
B. Abastecimiento con agua no entubada	Coliformes Totales	0	10	No debe ocurrir en forma repetida. Cuando la ocurrencia sea frecuente se buscará otra fuente.
	Coliformes Fecales	0	0	
C. Agua embotellada y agua para preparación de hielo.	Coliformes Totales	0	0	La fuente debe estar exenta de contaminación fecal.
	Coliformes Fecales	0	0	

- (a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o UFC (unidades formadoras de colonias)/100 ml. en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia Coli* definida en el artículo 2. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- (b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliformes fecales. Si el remuestreo da resultado negativo no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el muestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no se debe ser consideradas para la valorización anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año el porcentaje de negatividad debe ser >90%.



Análisis bacteriológicos recomendados por la OMS

Números de muestras mínimos recomendados para análisis de indicadores de contaminación fecal en sistemas de distribución ^a

Tipo de abastecimiento de agua y población	Número total de muestras por año
Fuentes puntuales Sistemas de abastecimiento por tuberías	Muestreo progresivo de todas las fuentes durante ciclos de 3 a 5 años (máximo)
< 5000	12
5000–100 000	12 por cada 5,000 habitantes
> 100 000–500 000	12 por cada 10,000 habitantes más un adicional de 120 muestras
> 500 000	12 por cada 50,000 habitantes más un adicional de 600 muestras

^a Los parámetros como cloro, turbidez y pH deben analizarse con más frecuencia como parte del monitoreo operativo y de verificación

Parámetros Organolépticos y Físico Químicos

Cuadro 2. Parámetro Organolépticos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Color Verdadero	Mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor Dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor Dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

Cuadro 3. Parámetros Físico, Químicos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 – 30	
Concentración Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Color Residual	mg/l	0.5 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/l CaCo3	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/l CaCo3	100	
Cobre	Mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg CaCo3	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot Dis.	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3.0

(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustaciones en los acueductos.

(b) Cloro residual libre

(c) 5 mg/l con base en evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor "residual" no afecta la salud.

Sustancias no deseadas

Cuadro 4. Parámetros para Sustancias no Deseadas

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Nitratos-N03	mg/l	25	50
Nitratos-N02	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.01	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 – 1.5 ²
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l		0.05

(1) Nitritos: Valor máximo admisibles 0.1 ó 3.0

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula.

$$\frac{[\text{NO}_3]}{\text{V.R.NO3}} + \frac{[\text{NO}_2]}{\text{V.R.NO2}} < 1$$

(2) 1.5 MG/L T = 8-12 °C
0.7 MG/L t = 25-30 °C

Nota: V.R. = Valor recomendado

Sustancias inorgánicas

Cuadro 5. Parámetros para Sustancias Inorgánicas con Significado para la Salud

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.003
Cianuro	mg/l	0.07
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.02
Plomo	mg/l	0.01
Antimonio	mg/l	0.005
Selenio	mg/l	0.01

Sustancias orgánicas

Cuadro 6. Parámetros para Sustancias Orgánicas con Significado para la Salud, Excepto Plaguicidas

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (Microgramos por Litro)
Alcanos Clorados	
Tetracloruro de Carbono	2
Diclorometano	20
1,1-dicloroetano	
1,2-dicloroetano	30
1,1,1-Tricloroetano	2000
Etenos Clorados	
Cloruro de vinilo	5
1,1-dicloroetano	30
1,2-dicloroetano	50
Tricloroetano	70
Tetracloroetano	40
Hidrocarburos Aromáticos	
Tolueno	
Xilenos	700
Etilbenceno	500
Estireno	20
Benzo-alfa-pireno	0.7
Bencenos Clorados	
Moneclorobenceno	300
1,2-Diclorobenceno	1000
1,3-Diclorobenceno	
1,4-Diclorobenceno	300
Triclorobenceno	20
Otros Compuestos Orgánicos	
di (2-etilhexil) adipado	80
di (2-etilhexil) ftalido	3
acrilamida	0.5
Epiclorohidrina	0.4
Hexaclorobutadieno	0.5
EDTA	200
Ácido nitriloacético	200
Dialkitinos	
Oxido de tributilestano	2
Hidrocarburos policíclicos	0.2
Aromáticos totales	
Bifenilos policlorados totales	0.5

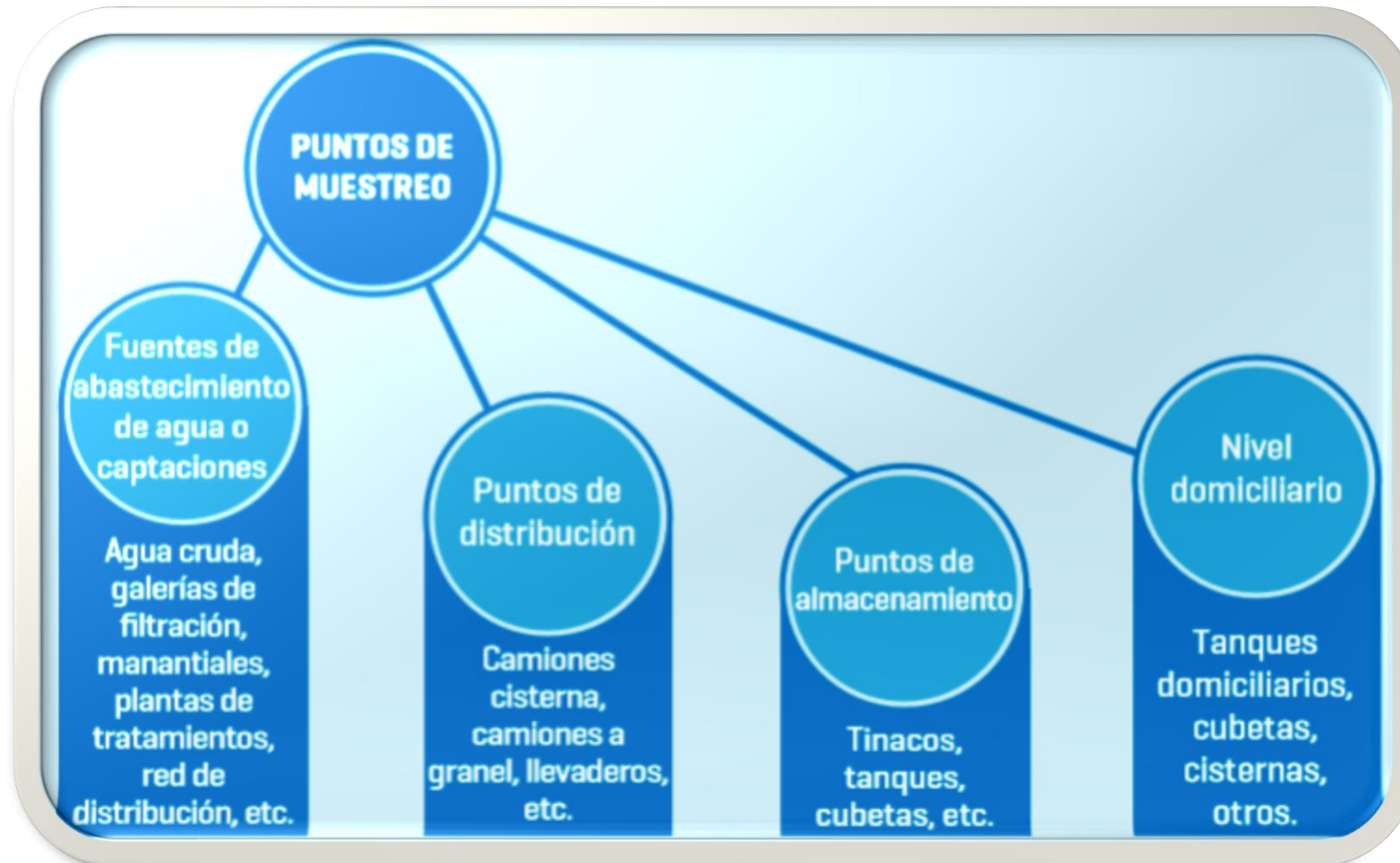
Pesticidas

Cuadro 7. Parámetro para Pesticidas

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (Microgramos por Litro)
Alacloro	20
Aldicarb	10
Aldrin/Dieldrin	0.03
Atracina	2
Bentazona	30
Carnofurano	5
Clordano	0.2
DDT	2
1,2-dibromo-3,3 cloropropano	1
2,4-D	30
1,2-dicloropropano	20
1,3 dicloropropano	20
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0.03
Isoproturon	9
Lindano	2
MCPA	2
Metoxicloro	20
Metolacloro	10
Molinat	6
Pendimetalina	20
Pentaclorofenol	9
Permitrina	20
Propanil	20
Pyridad	100
Simazin	2
Trifluranilo	20
Dicloroprop	100
2,4-DB	100
2,4,5-T	9
Silvex	9
Mecroprop	10

Puntos de muestreo

Se debe realizar el muestreo desde la fuente de abastecimiento hasta el manejo intradomiciliario, definiendo puntos estratégicos que sean representativos del sistema y de la provisión de agua a la población.



Indicadores de calidad del agua

- ✓ % promedio de coliformes fecales
- ✓ Índice de potabilidad
- ✓ % de cloración
- ✓ Índice de calidad
- ✓ Índice de riesgo
- ✓ % de envío de muestras
- ✓ % de población cubierta por control sanitario Acueductos con cloración.

Indicadores de calidad del agua

% promedio de coliformes fecales

Es el porcentaje de tubos positivos para coliformes fecales en relación con una cantidad total de tubos sembrados. Según la **OMS**, no deben estar presentes los coliformes en el agua para consumo humano. **Este indicador representa el grado de contaminación.**

Índice de potabilidad.

Es el porcentaje de tubos positivos para coliformes en relación con una cantidad total de tubos sembrados. Según la **OMS**, debe estar por encima del **95 %**.

% de cloración.

Es el porcentaje de muestras con presencia de cloro residual en relación con una cantidad determinada de muestras tomadas.

Indicadores de calidad del agua

Índice de calidad.

Mide el nivel de riesgo al que están expuestas las personas que habitan en las comunidades, que reciben los servicios de agua con la poca seguridad de la calidad. Su fórmula es:

$$IC = \text{Índice de Potabilidad} \times \% \text{ de Envío} / 100.$$

Este indicador permite categorizar el agua de la siguiente manera:

- ✓ muy mala (10 a 30),
- ✓ mala (31 a 50),
- ✓ regular (51 a 70),
- ✓ aceptable (71 a 90),
- ✓ buena (91 a 100).

Indicadores de calidad del agua

Índice de riesgo.

Mide el nivel de riesgo al que están expuestas las personas que habitan en las comunidades que reciben los servicios de agua de un proveedor, **en relación con la cantidad y la calidad** del agua suministrada por el acueducto. Su fórmula es:

$$\text{IR} = \text{Cobertura} / \text{Índice de Potabilidad} \times \% \text{ Envío}$$

La cobertura del servicio es un indicador de la calidad de la gestión. Identifica la proporción de la población que tiene acceso al servicio de agua potable, ya sea mediante conexión domiciliaria o una llave pública.

Si el indicador es cercano al **100 %**, significa que la mayor parte de la población cuenta con acceso al servicio de agua potable. Por el contrario, si este indicador es bajo, significa que buena parte de la población no cuenta con el servicio de agua potable, lo cual repercute negativamente en la salud de las personas

Indicadores de calidad del agua

% de envío de muestras.

Permite conocer el cumplimiento del Programa de Vigilancia del Agua y, con ello, su gestión y funcionamiento.

Es un indicador que se obtiene al dividir el número de muestras recibidas y procesadas entre el número de muestras programadas multiplicadas por 100.

% de población cubierta por control sanitario.

Corresponde al porcentaje de la población que es servida con un sistema de abastecimiento de agua potable en donde se realiza el control sanitario por el ente operador.

Acueductos con cloración.

Es el número de acueductos que cumplen con las normas para la cloración del agua distribuida a la población

Nota:

se recomienda conocer los indicadores de salud EDAS (morbilidad y mortalidad), prevalencia (%) de diarreas en menores de 5 años.

Control estadístico

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

RESUMEN ESTADISTICO MENSUAL

Periodo: del ____ / ____ / ____ hasta el ____ / ____ / ____
Día Mes Año Día Mes Año

PROVINCIAS	ACUEDUCTOS	% ENVIO DE MUESTRAS	% CLORACIÓN	% INDICE DE PORTABILIDAD
	TOTALES			
	TOTALES			
	TOTALES			
	TOTALES			

OBSERVACIONES:



CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento

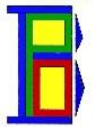


water for people
HONDURAS

¡Muchas gracias!



para todos
por siempre
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN HONDURAS



Ing. Pedro E. Ortiz

- pedroeortizb@gmail.com
- www.conasa.hn