

Contaminación Microbiológica del Agua para consumo humano

El rostro de la pobreza



Ing. Pedro E. Ortiz

29 de Agosto 2023



Consideraciones y principios generales

El agua es esencial para la vida, ***Se debe hacer el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible.***

El agua de consumo humano segura, se define como ***la que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida***, teniendo en cuenta las vulnerabilidades diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida..

Los que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son ***los lactantes y los niños pequeños, las personas debilitadas y los adultos mayores***, especialmente si viven en condiciones antihigiénicas

La finalidad de las Guías de OMS es apoyar el ***desarrollo y la ejecución de estrategias de gestión preventiva de la seguridad***, mediante la reducción de los riesgos en los puntos críticos de control de los componentes peligrosos del agua.

En la implementación de normas y reglamentos, ***debe evitarse gastar innecesariamente los escasos recursos en el monitoreo de sustancias cuya importancia para la salud pública es relativamente menor.***

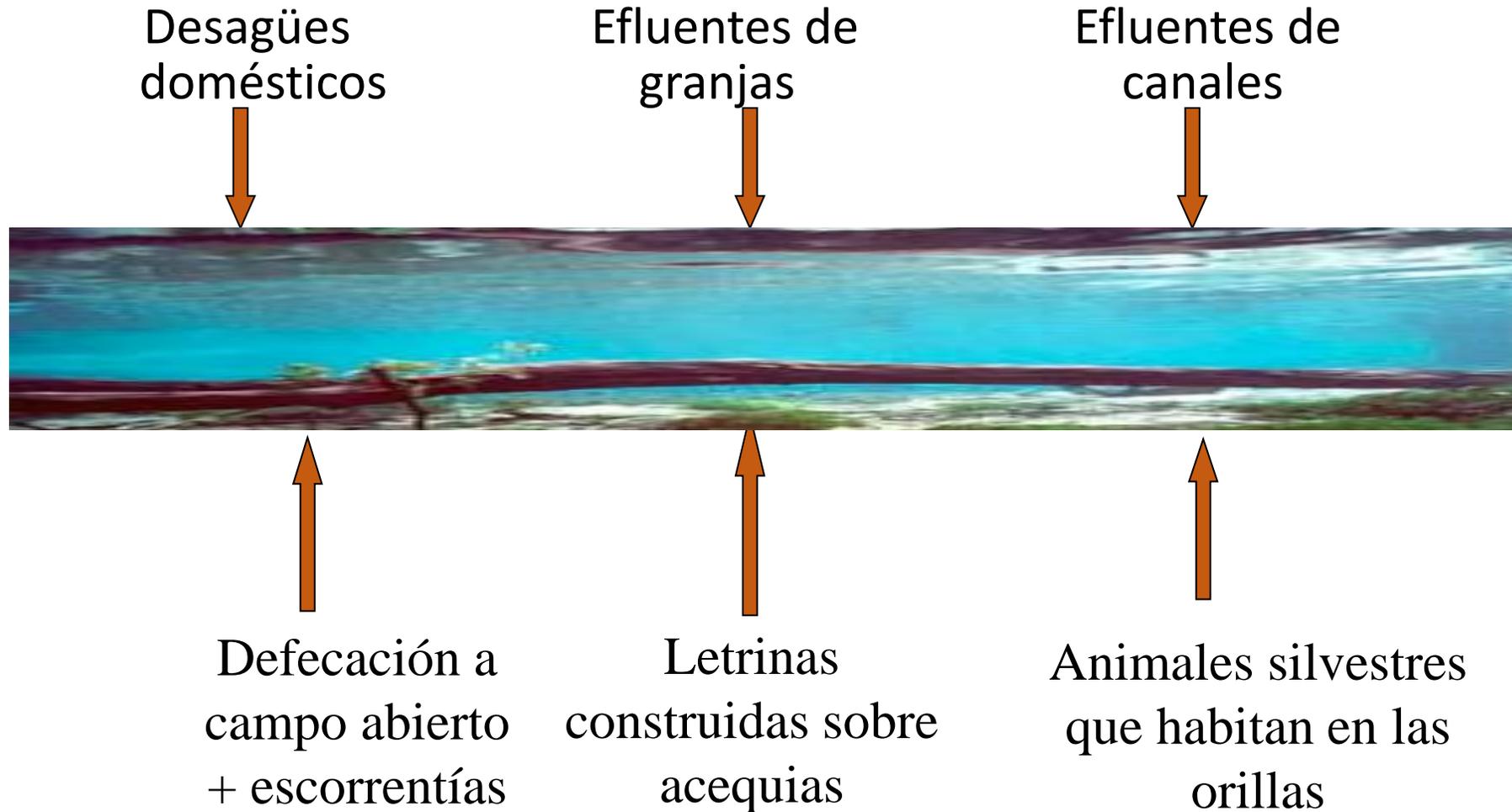
Guías para la
calidad del agua
de consumo humano

CUARTA EDICIÓN QUE INCORPORA
LA PRIMERA ADENDA



Aguas superficiales

Origen de la contaminación con microorganismos alóctonos (enteroparásitos, bacterias y virus)





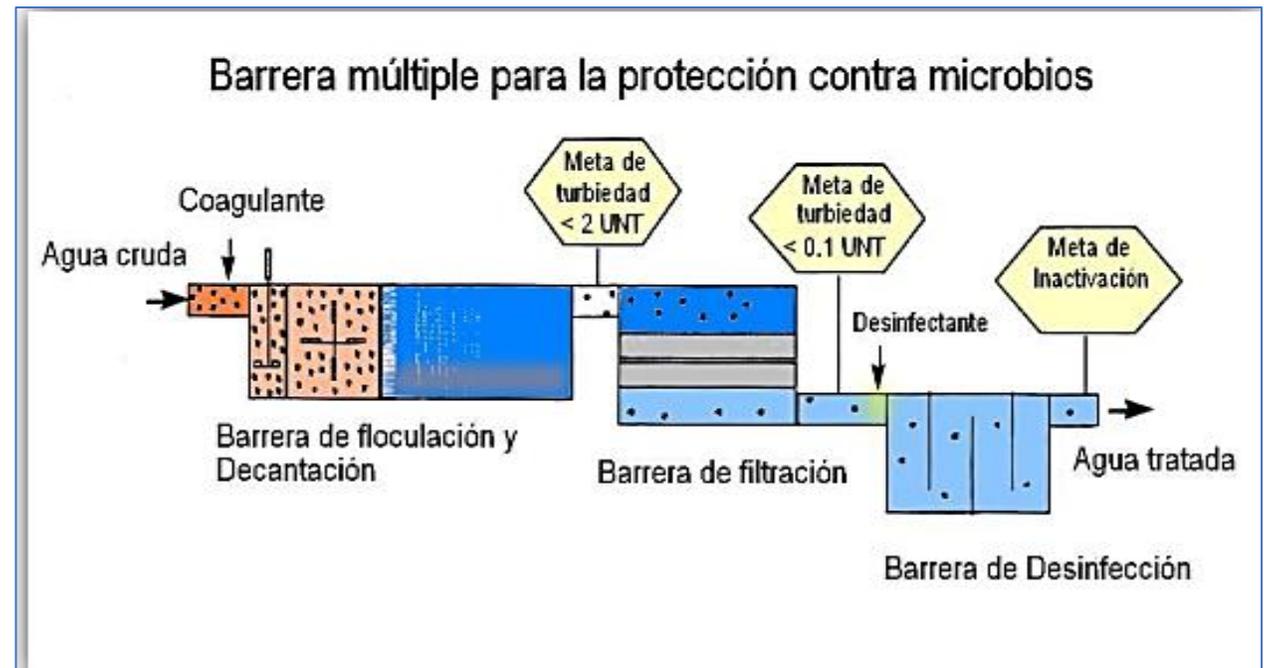
Aspectos microbiológicos

La garantía de la inocuidad microbiana de los abastecimientos de agua de consumo humano se basa en la aplicación de **barreras múltiples**, desde la captación hasta el consumidor **para evitar la contaminación del agua de consumo humano o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud**.

La estrategia recomendada es **enfaticar principalmente la prevención o reducción de la entrada de agentes patógenos a las fuentes de agua** con el propósito de reducir la dependencia de procesos de tratamiento para su posterior eliminación.

Muchas personas pueden exponerse a la enfermedad antes de que se detecte la contaminación.

Por lo tanto, es **imprescindible la prevención mediante la implementación de planes integrales de seguridad del agua**. Para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo humano, **no se puede confiar únicamente en el análisis del producto final**, incluso si se realiza con frecuencia.





Cont. Aspectos Microbiológicos

El mayor riesgo a la salud pública debido a los microbios del agua se relaciona con el consumo de agua de consumo humano **contaminada con heces humanas o de animales**.

Los brotes de enfermedades transmitidas por el agua se han asociado con el **tratamiento inadecuado del suministro de agua y la gestión insatisfactoria de la distribución del agua potable**, pueden evitarse y prevenirse si se aplica un marco integrado de gestión de riesgos basado en un **enfoque de barreras múltiples desde la cuenca hasta el consumidor**.

Las enfermedades infecciosas causadas por **bacterias, virus y parásitos patógenos** (p. ej., protozoos y helmintos) son el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo humano.

La falta de seguridad en el abastecimiento de agua (ya sea en la fuente, en el tratamiento o en la distribución) **puede generar contaminación a gran escala** y, posiblemente, cause brotes de enfermedades detectables.





Propiedades de los organismos patógenos

- Los agentes patógenos ***pueden causar efectos agudos y también crónicos sobre la salud.***
- Algunos agentes patógenos pueden proliferar en el ambiente.
- Los agentes patógenos ***se encuentran en número discreto en el ambiente.***
- Los organismos patógenos a menudo ***se agregan o se adhieren a los sólidos suspendidos*** en el agua y sus concentraciones varían con el tiempo, de modo que la probabilidad de ingerir una dosis infecciosa no se puede predecir a partir de su concentración media en el agua.
- 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, ***los agentes patógenos se multiplican en su huésped.***
- Ciertos organismos patógenos del agua 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 Patógenas

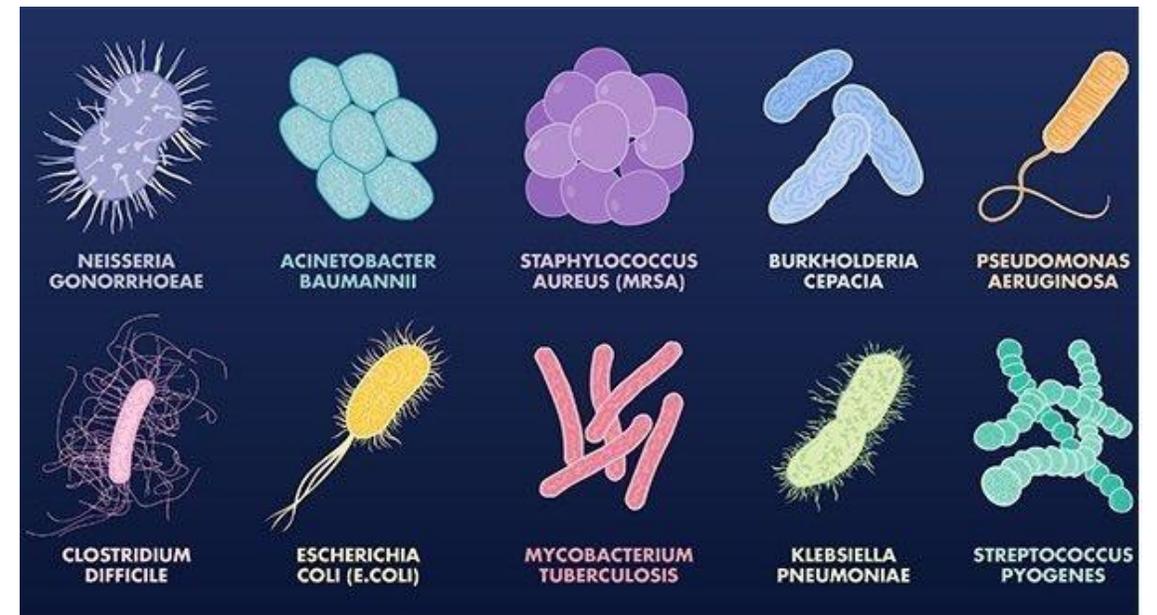
Las bacterias patógenas de transmisión hídrica **proviene del intestino de seres humanos y de animales de sangre caliente** (animales domésticos, ganado y animales silvestres).

Llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, del drenaje de lluvias, de las descargas de plantas de procesamiento de carne de ganado y de aves y de escorrentías que pasan por los corrales.

En las zonas rurales, la defecación a campo abierto constituye una fuente de contaminación de las aguas superficiales.

Su presencia representa un serio riesgo y **su eliminación del agua de consumo humano reviste alta prioridad** debido a que su ingestión podría ocasionar una epidemia con consecuencias graves para la salud de la población.

Otras bacterias se presentan en forma natural en las aguas y normalmente no son patógenas, pero **pueden causar enfermedades en personas con ciertas deficiencias orgánicas que facilitan la infección**. Estos microorganismos se denominan **bacterias patógenas oportunistas**



Bacterias patógenas transmitidos por el agua

Bacteria patógena	Tipo de especie/ género/grupo ^b	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa	Fuente animal importante
Burkholderia	B. pseudomallei	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja (<100)	No
Campylobacter	C. coli C. jejuni	Alta	Moderada	Baja	Moderada (10 ² – 10 ⁴)	Si
Escherichia coli – diarrogénica ^c		Alta	Moderada	Baja	Baja	Si
E. coli – enterohemorrágica	E. coli O157	Alta	Moderada	Baja	Alta > (10⁴)	Si
Francisella	F. tularensis	Alta	Larga	Moderada	Alta	Si
Legionella	L. pneumophila	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Micobacteria (no tuberculosa)	Mycobacterium avium complex	Baja	Puede Multiplicarse	Alta	Baja	No
Salmonella typhi		Alta	Moderada	Baja	Baja	No
Otras Salmonellas	S. Enterica S. bongori	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	Si
Shigella	S. dysenteriae	Alta	Corta	Baja	Alta	No
Vibrio	V. cholerae O1 y O139	Alta	Corta a larga	Baja	Baja	No



Campylobacter

Es un tipo de **bacteria que vive en el sistema digestivo** de muchos animales, como, por ejemplo: vacas, cerdos y aves. Si usted tuvo contacto con animales infectados con esta bacteria, puede enfermarse.

La infección a menudo se propaga a través del agua y la comida contaminada, como la carne poco cocida. También puede provocar la diarrea del viajero.

Puede reducir la probabilidad de infectarse con esta bacteria si manipula la comida de manera segura. Lávese bien las manos con agua corriente limpia (fría o tibia) y jabón durante al menos **20** segundos antes y después de manipular carne de res o de pollo cruda. También lave las tablas para cortar, los utensilios y las encimeras con agua caliente y jabonosa y un desinfectante después de cada uso.

¿Cuáles son las complicaciones posibles de la infección por Campylobacter?

- **Síndrome del intestino irritable.** Se trata de una afección en la que se alternan diarrea y estreñimiento. No es una complicación común.
- **Dolor en las articulaciones (artritis).** Esta afección suele aparecer muchos días o algunas semanas después de que la fiebre y la diarrea han disminuido.
- **Síndrome de Guillain-Barré.** **Esta enfermedad causa debilidad muscular grave o parálisis.** Es una complicación muy poco frecuente.





E. coli – enterohemorrágica

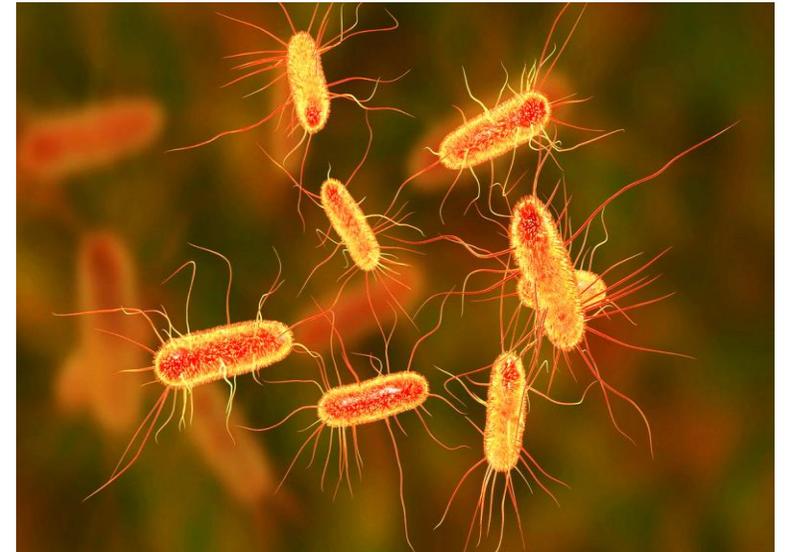
La Escherichia coli (o simplemente E. coli) es uno de los muchos grupos de **bacterias que suelen vivir en los intestinos de los seres humanos sanos y de la mayoría de los animales de sangre caliente**. Esta bacteria ayuda a mantener el equilibrio de las bacterias intestinales normales contra las bacterias nocivas.

No obstante, hay cientos de tipos o cepas de la bacteria E. coli. Una familia de cepas de E. coli que **causa una infección intestinal grave en humanos se conoce como E. coli enterohemorrágica (EHEC**, por su sigla en inglés) o E. coli productora de toxina shiga. **Esta toxina daña el revestimiento de la pared intestinal, y causa diarrea con sangre**.

¿Cuáles son las posibles complicaciones de una infección por EHEC?

- Si los vómitos son de moderados a graves, **puede producirse deshidratación**.
- Entre el **5 %** y el **10 %** de las personas infectadas por EHEC **pueden desarrollar Síndrome urémico hemolítico (SUH)**.

SUH es una complicación grave que puede causar disminución de la micción, insuficiencia renal, cansancio extremo, palidez y recuento bajo de glóbulos rojos (anemia). **Puede poner la vida en peligro**.





Salmonela

La infección causada por la bacteria salmonela (salmonelosis) **es una enfermedad que afecta los intestinos**. Puede contagiarse al beber agua o ingerir alimentos que estén contaminados.

La carne de vaca, de cerdo y de pollo, los huevos y la leche sin pasteurizar tienen más probabilidades de estar contaminados con salmonela que otros alimentos.

La salmonela **suele contagiarse a través de comida que no ha sido bien cocinada**, o que ha estado en contacto con carne de res cruda o huevos. También puede contagiarse **por contacto con heces de animales infectados**. O por alimentos contaminados por un manipulador de alimentos infectado.

Síntomas comunes de la infección por salmonela

Los síntomas suelen aparecer entre **12** y **72** horas después de contraer la infección. Entre los síntomas, se incluyen los siguientes:

- Fiebre
- Cólicos estomacales
- Diarrea
- Vómitos
- Malestar estomacal (náuseas)



Beba mucho líquido mientras está enfermo y durante su recuperación. Esto ayudará a prevenir la deshidratación. **No tome ningún medicamento antidiarreico** a menos que su médico así lo indique, porque pueden impedir que el organismo combata la bacteria. Además, **pueden prolongar la enfermedad**.



Shigella

La shigelosis es una **infección bacteriana que causa una enfermedad digestiva**. Es más común en niños pequeños. Puede contraerla a través del **contacto con las heces de una persona infectada**. También puede contraerla si consume **alimentos o bebe agua contaminados** con esta bacteria. Las frutas y las verduras crudas son la fuente alimentaria más común. Las frutas y las verduras pueden contaminarse en los campos de cultivo o al ser manipulados por operarios infectados.

También puede contraer shigelosis en los siguientes casos:

- Toca una superficie contaminada y se toca la boca con esa mano
- Nada en agua contaminada y traga agua (por ejemplo, en una piscina comunitaria)

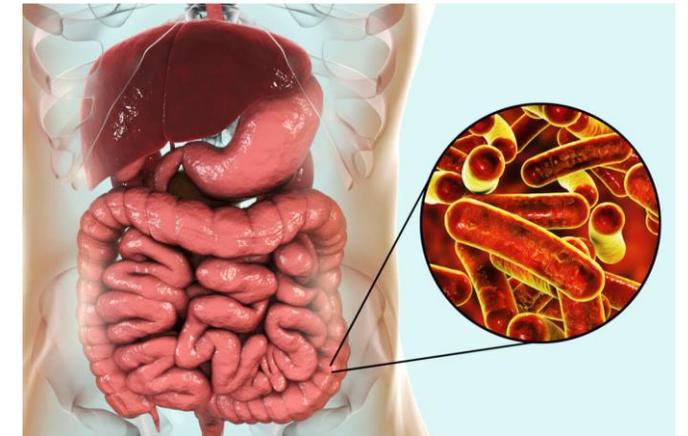
¿Cuáles son los síntomas de una intoxicación por alimentos con Shigella?

- Fiebre
- Dolor o cólicos estomacales
- Diarrea aguada
- Diarrea con sangre en los casos graves
- Urgencia dolorosa por ir al baño

Los síntomas comienzan entre **1 y 3** días o hasta una semana después y suelen durar unos días.

La infección puede ser más grave en los niños y en los adultos mayores.

Los síntomas graves incluyen convulsiones, un orificio o úlcera en el intestino e, incluso, la muerte.





Vibrio Cholerae

La bacteria del cólera **se transmite a través del consumo de alimentos o agua contaminada** debido a la eliminación antihigiénica de los excrementos. **La transmisión de persona a persona es rara.**

Normalmente procedente de:

- Suministros de agua municipal (de la llave)
- Hielo hecho con agua municipal (de la llave)
- Alimentos y bebidas comprados de los vendedores ambulantes
- Verduras regadas con aguas residuales
- Pescado crudo o incorrectamente cocinado y mariscos capturados en aguas contaminadas por aguas residuales.

¿Cuáles son los síntomas del cólera?

La mayoría de las personas que presentan síntomas **tienen molestias estomacales de leves a moderadas y pueden derivar en una deshidratación.** Los signos y síntomas pueden incluir:

- Frecuencia cardíaca muy rápida
- Membranas mucosas secas
- Presión arterial muy baja
- Calambres musculares.



Los casos más graves pueden provocar vómitos y diarrea acuosa profusa, conocida como "heces de agua de arroz".



Virus



Los virus no se encuentran normalmente en las heces del hombre. **Están presentes solamente en el tracto gastrointestinal** de individuos que han sido afectados. **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.

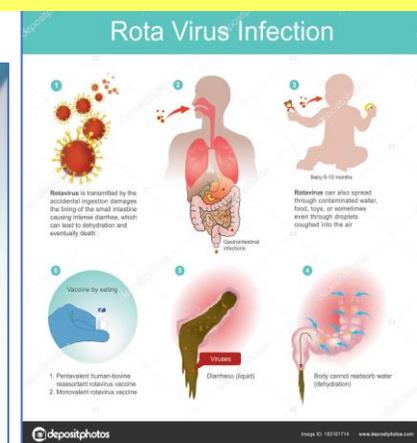
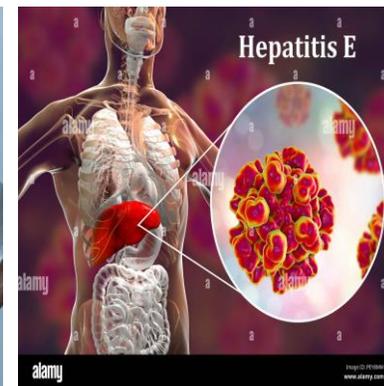
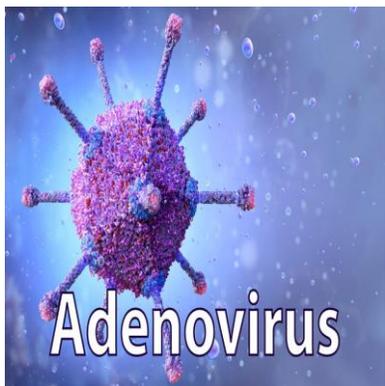
Virus de referencia

- **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 **3** días.

Virus patógenos transmitidos por el agua

Virus patógeno	Tipo de especie/ género/grupo ^b	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa	Fuente animal importante
Adenoviridae	Adenovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Astroviridae	Astrovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Caliciviridae	Norovirus, Sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Hepeviridae	Virus de la hepatitis E.	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Picornaviridae	Enterovirus, parechovirus, Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Reoviridae	Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No

Infectividad relativa : Es la capacidad del microorganismo para invadir y multiplicarse en un huésped susceptible. Se mide generalmente mediante el número mínimo de microorganismos infecciosos necesarios para producir la infección.





Adenovirus

Los adenovirus son un grupo de virus que típicamente **causan enfermedades respiratorias como resfriados, conjuntivitis (infección de los ojos), crup, bronquiolitis o neumonía**. En los niños, los adenovirus **generalmente causan infecciones en los tractos respiratorio e intestinal**.

- Las infecciones por adenovirus **pueden presentarse en niños de cualquier edad**. Sin embargo, los niños de entre **6 meses y 2 años** de edad que asisten a guarderías tienen más probabilidad.
- Las infecciones respiratorias por adenovirus se producen con mayor frecuencia al final del invierno, durante la primavera y a inicios del verano. Sin embargo, pueden presentarse en cualquier momento.
- **Las infecciones del tracto digestivo son más comunes en niños menores de 5 años**.
- La mayoría de los niños han tenido alguna forma de la infección por adenovirus antes de los 10 años.

¿Cómo se pueden prevenir los adenovirus?

- Lave sus manos con agua y jabón frotándolas durante por lo menos **20 segundos**, enjuáguese bien, y seque con una toalla limpia. Especialmente en lugares de cuidado de niños
- Use un pañuelo de papel para cubrir su boca y nariz cuando estornude o tosa.
- Evite el contacto cercano con las personas enfermas.
- Si su hijo está internado, los trabajadores de la salud usarán indumentaria con aislación especial (batas, guantes y máscaras) cuando ingresen a la habitación del niño.





Virus de hepatitis E

La hepatitis E es causada por **virus** que invaden las células normales del cuerpo y causan una **infección viral que provoca inflamación en el hígado**. La inflamación es una hinchazón que ocurre cuando los tejidos del cuerpo se lesionan o infectan. **La inflamación puede dañar los órganos.**

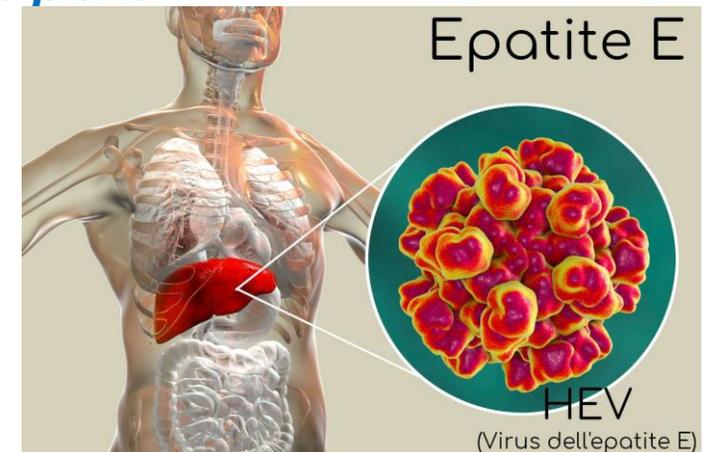
Hay diferentes tipos de virus de hepatitis E que puede transmitirse de diferentes maneras

- **Algunos tipos se transmiten al tomar agua contaminada.** Estos tipos ocurren más frecuentemente en países en desarrollo, incluyendo partes de África, Asia, América Central y el Medio Oriente.
- Otros tipos **se transmiten al comer carne poco cocida de cerdo o de caza silvestre** (como de venado). Estos tipos son más comunes en los países desarrollados, como los Estados Unidos, Australia, Japón y partes de Europa y Asia Oriental.

La hepatitis E **típicamente causa una infección aguda, es decir, de corto plazo.**

Hepatitis E crónica

La hepatitis E crónica **es una infección duradera** que ocurre cuando el cuerpo no puede combatir el virus y el virus no desaparece. La hepatitis E crónica es rara y **solo ocurre en personas con sistemas inmunológicos debilitados**. Por ejemplo, personas que toman medicinas que debilitan su sistema inmunológico después de un trasplante de órgano o en personas que tienen VIH o SIDA.





Virus de Hepatitis A

La hepatitis **es una inflamación del hígado**. En la mayoría de los casos, **este virus se transmite mediante alimentos o agua que han sido contaminados por heces infectadas**.

También **se puede transmitir directamente de una persona a otra**. Ocurre si no se lava las manos después de haber estado en contacto con heces infectadas, ejemplo, después de ir al baño o cambiar un pañal sucio.

Puede transmitirse **mediante relaciones sexuales** con una persona infectada.

El VHA se transmite más fácilmente en situaciones de grupo, como guarderías y hogares de ancianos. A diferencia de la hepatitis B y C, la **hepatitis A** suele cumplir su ciclo y **no se convierte en una enfermedad crónica**. Puede durar entre unas pocas semanas y **6** meses.

Solo en raras ocasiones provoca insuficiencia hepática, la necesidad de un trasplante de hígado o la muerte. El VHA puede prevenirse aplicándose la vacuna.

Una persona **puede transmitir el virus a otros, incluso antes de que manifieste síntomas** y durante algunos días después de los síntomas.

¿Como evitarlo ?

- Lávese las manos a menudo.
- No vaya a trabajar ni a lugares públicos hasta que pasen los síntomas.
- Vacunarse contra la hepatitis A y B si no lo han hecho.
- Se recomienda administrar la vacuna contra la hepatitis A, a niños de 1 año.





Rotavirus

El rotavirus es un **virus contagioso y, entre los niños, es la causa principal de diarrea infecciosa grave**. En algunos bebés y niños, **la diarrea puede ser tan fuerte que se pueden deshidratar** y requerir atención de emergencia u hospitalización.

Se transmite a través del contacto fecal oral. Generalmente, **esto ocurre del mal lavado de las manos o del consumo de alimentos o agua contaminada**.

El virus puede vivir en superficies, como las perillas de puertas, juguetes y otras superficies duras durante bastante tiempo. Por esta razón, pueden ocurrir brotes en centros de atención infantil y dentro de familias que comparten una vivienda.

- Después de entrar en contacto con el virus, puede llevar hasta **2** días para que se presenten los síntomas.
- **El niño hospitalizado necesitará estar aislado** de otros niños para prevenir la transmisión del virus.

¿Cómo se puede prevenir el rotavirus?

Las siguientes medidas de prevención ayudarán a prevenir la propagación del rotavirus:

- Higiene adecuada y técnicas de lavado de las manos: lavarse con jabón y agua antes de comer y después de ir al baño;
- Limpieza de superficies duras, juguetes y perillas de puertas;
- Manejo apropiado y eliminación de pañales sucios, incluso después de que su hijo ya no tenga síntomas.

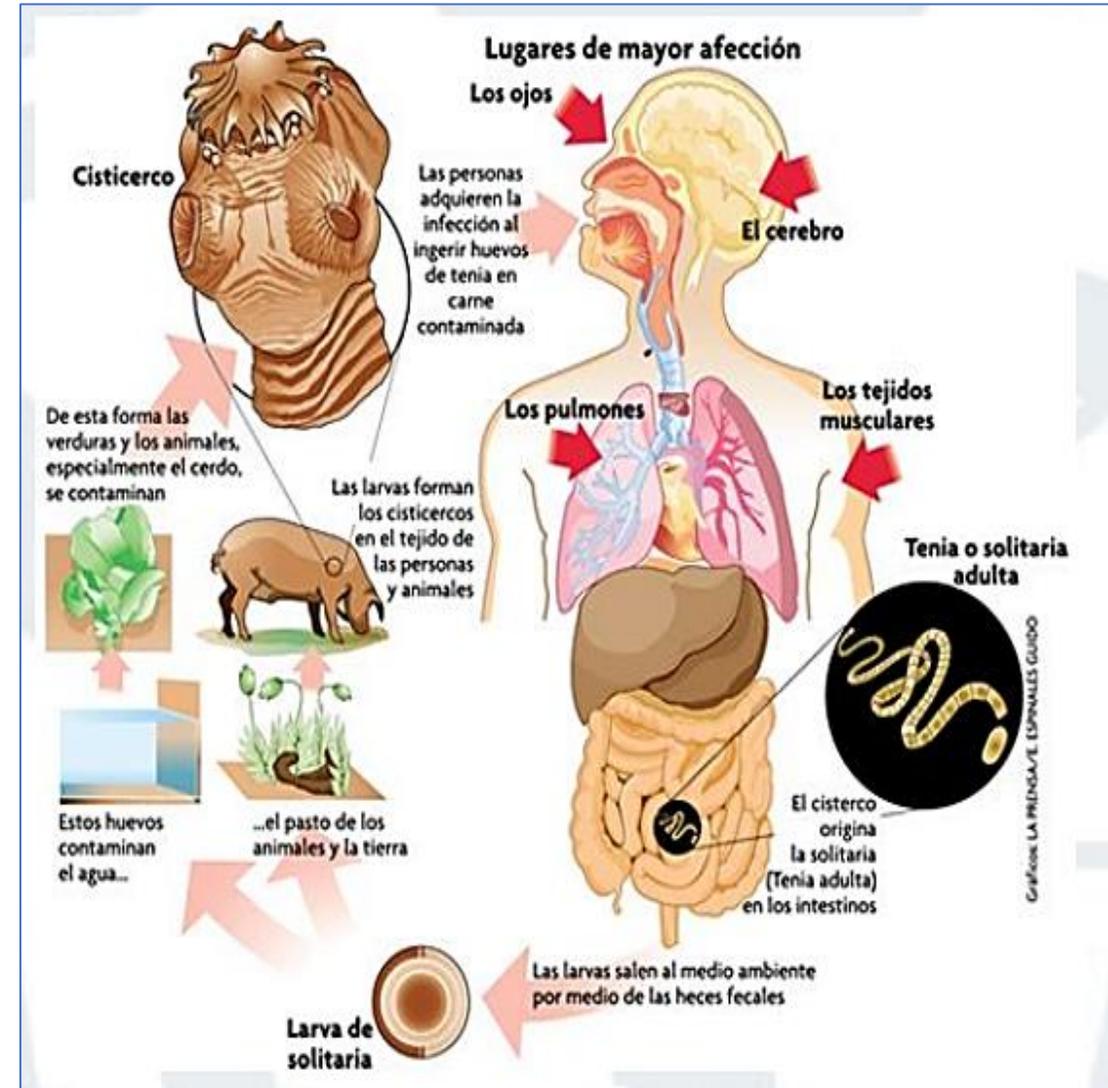
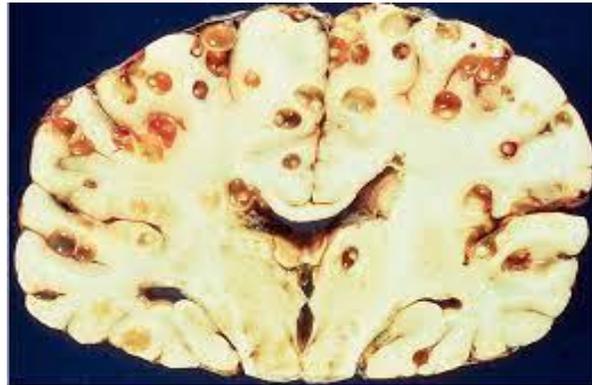




Parásitos intestinales

Los parásitos 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.





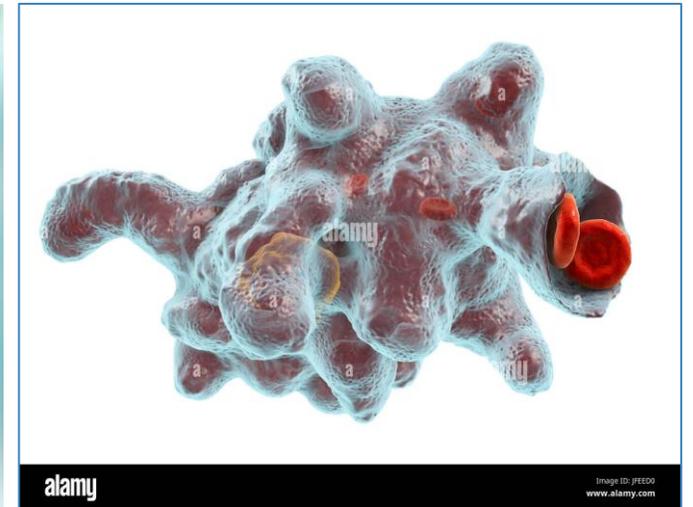
Protozoos

Las aguas superficiales están expuestas a la contaminación con quistes de Giardia y ooquistes de Cryptosporidium y otros protozoarios enteroparásitos como la Entamoeba histolytica y el Balantidium coli.

Asimismo, en las aguas superficiales pueden estar presentes **las amebas patógenas de vida libre, que se introducen por las vías nasales**, al nadar o bucear en aguas dulces, especialmente en acequias estancadas; lagos ubicados en zonas de clima cálido o a finales de verano; manantiales con agua caliente; grandes masas de aguas calentadas por el vertimiento de aguas industriales; aguas calientes de tinas, estaciones de aguas termales o piscinas públicas con deficiente mantenimiento sanitario.

Los trofozoítos de Naegleria **colonizan las vías nasales y después invaden el cerebro y las meninges.**

Acanthamoeba **llegan al cerebro por la vía sanguínea.** Probablemente, utilizan como punto de entrada una lesión en la piel o lesiones de córnea. En personas que usan lentes de contacto blandos, la infección corneal se ha relacionado con la solución salina casera que se usa como agente de limpieza o humedecimiento.





Características de los Protozoos

Los protozoos son el grupo de **agentes patógenos menos sensibles a la inactivación por la desinfección química**. La irradiación de luz UV es eficaz contra Cryptosporidium.

Características

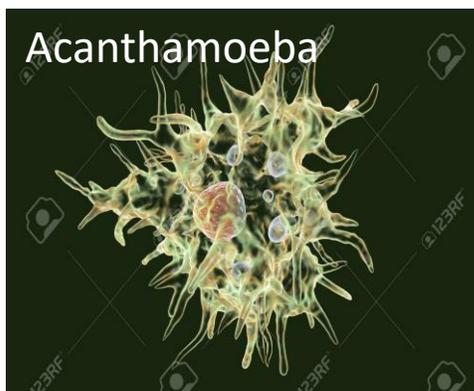
- ✓ Son de tamaño moderado ($> 2 \mu\text{m}$) y **se pueden eliminar mediante procesos físicos**. Sin embargo, El Cryptosporidium es más difícil porque es más pequeño, también es más resistente a los desinfectantes oxidantes y hay alguna evidencia de que sobrevive más tiempo en el agua.
- ✓ **Pueden 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.**



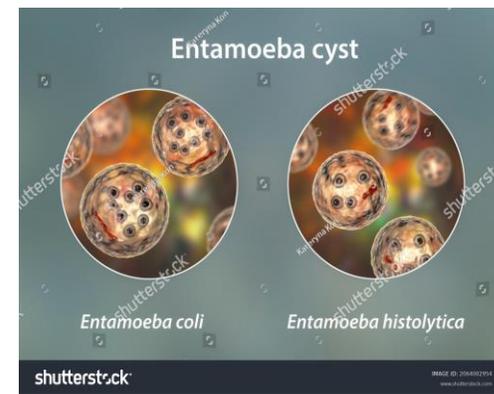


Protozoos patógenos transmitidos por el agua

Protozoo	Tipo de especie/ género/grupo ^b	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa	Fuente animal importante
Acanthamoeba	A. culbertsoni	Alta	Puede multiplicarse	Alta	Alta	No
Cryptosporidium	C.hominis/parvum	Alta	Larga	Alta	Alta	Si
Cyclospora	C. cayetanensis	Alta	Larga	Alta	Alta	No
Entamoeba	E. histolytica	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
Giardia	G. intestinalis	Alta	Moderada	Alta	Alta	Si
Naegleria	N. fowleri	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No



Cyclospora cayetanensis
Parasite that causes the food-born illness Cyclosporiasis





Remoción de protozoarios

Para lograr la remoción de protozoarios mediante **el tratamiento y la desinfección**, se debe considerar lo siguiente:

- **La remoción de partículas** mediante coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.
- **El tratamiento combinado** de coagulación con filtración convencional logra una remoción de **99%** a **99,99%** de quistes y ooquistes. **La filtración es la mejor manera de optimizar el proceso.**
- **La filtración rápida no garantiza la remoción de Giardia y Cryptosporidium.**
- Se ha demostrado la presencia de **Cryptosporidium en el agua de retrolavado de los filtros**, por lo que se considera que esta es una fuente potencial de contaminación.
- El ooquiste de Cryptosporidium es **30** veces más resistente al ozono que el quiste de Giardia.
- **Los quistes de Giardia y los ooquistes de Cryptosporidium son extremadamente resistentes al cloro** y demás desinfectantes en las concentraciones que comúnmente se usan para la desinfección de agua.
- **El ozono y el dióxido de cloro son varias veces más efectivos** para eliminar la Giardia y el Cryptosporidium que el cloro libre.



Brotos de *Giardia* y *cryptosporidium*

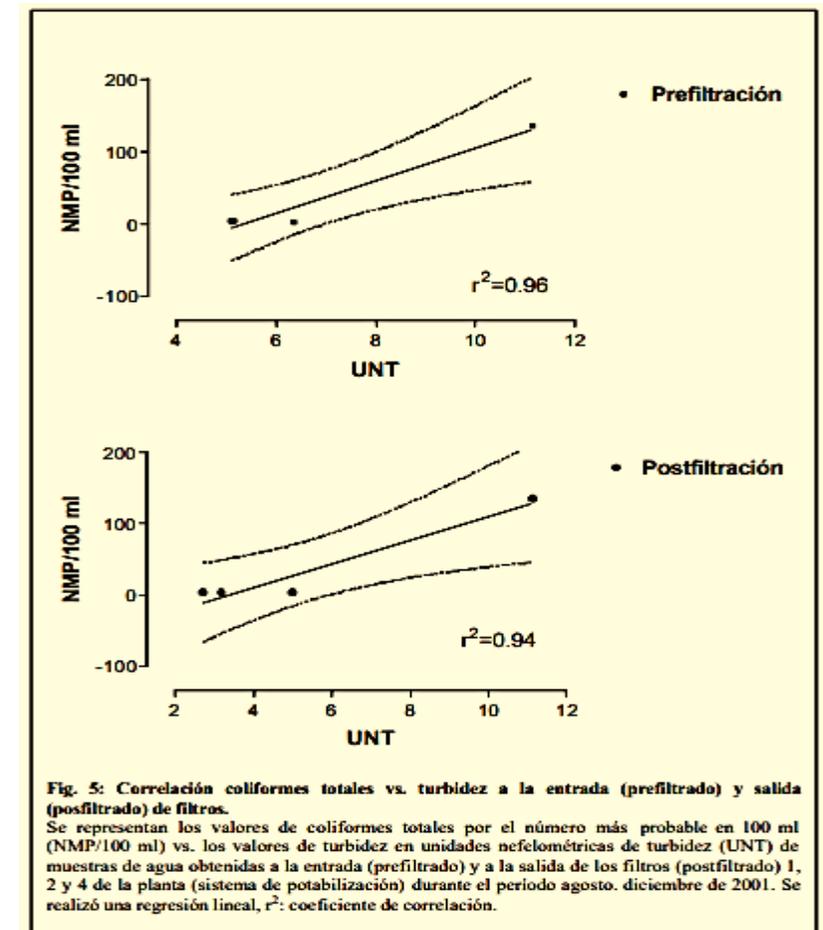
Están asociados con aguas de abastecimiento que provienen de fuentes de aguas superficiales. Los reportes mencionan que, **al menor incremento de la turbidez del agua tratada, aumenta el riesgo de transportar partículas con las dimensiones de la *Giardia* y el *Cryptosporidium***. Se observan las siguientes condiciones de riesgo:

- ✓ Aguas con turbidez de **0,7** pueden indicar la presencia de quistes; **es ideal una turbidez** de **0,1** UNT.
- ✓ Deficiencias en los filtros.
- ✓ Deficiente control de la coagulación y remoción de sólidos.

No existe una buena correlación con los parámetros microbiológicos de calidad de agua tradicionales con la presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium*.

Se ha encontrado una correlación aceptable con niveles de turbidez y conteo de partículas de 5 μm .

El tratamiento multibarrera que incluye filtración es la mejor forma de disminuir el riesgo de exposición frente a los enteroparásitos.





Entamoeba histolytica

Es el protozoario parásito **responsable de la amebiasis en humanos**. Esta enfermedad **afecta al 10% de la población mundial**, es frecuente en países subdesarrollados con clima tropical y **es responsable de aproximadamente 100 mil muertes por año en el mundo**. La amebiasis también se presenta en urbes localizadas en grandes altitudes.

Cuando el parásito invade el intestino grueso del ser humano se puede comportar como un comensal inofensivo o bien **invadir la mucosa intestinal y causar destrucción tisular** dentro de estas alteraciones, **la más habitual es la colitis amebiana ulcerativa**. Con menor frecuencia, el parásito también **puede invadir el hígado, los pulmones, el cerebro y la piel**.



Se ha sugerido que la microbiota intestinal, los factores de histocompatibilidad y la composición de los carbohidratos de la mucosa intestinal, los cuales tienen una gran variabilidad entre los individuos, pueden facilitar o limitar la invasividad amebiana.



Ciclo de la *Entamoeba Histolytica*

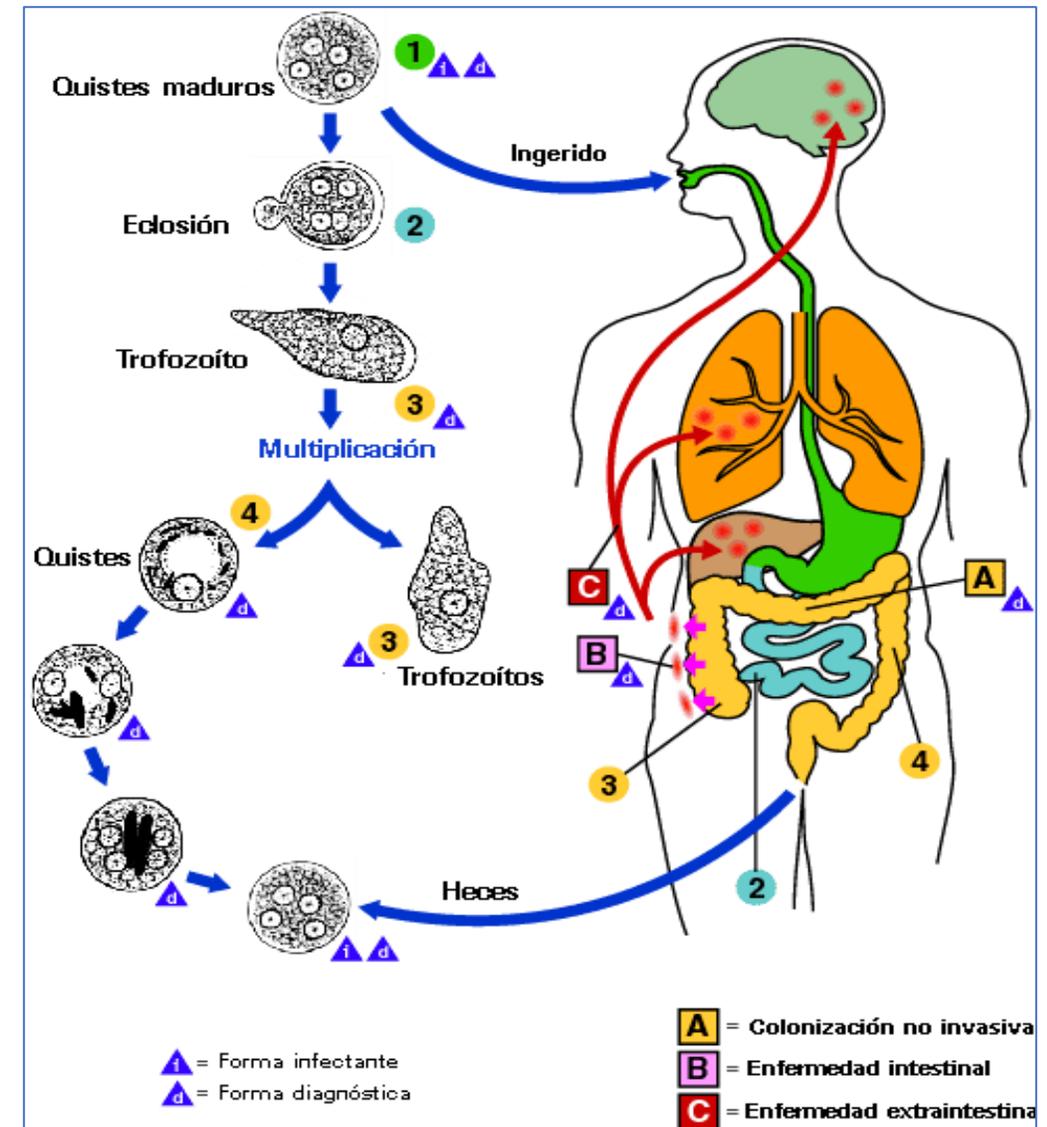
Su principal reservorio es el ser humano, en el que el protozoo se manifiesta en dos formas evolutivas durante el ciclo vital: **quiste y trofozoíto**. La infección se produce por la ingestión del quiste maduro resistente a los jugos gástricos.

Una vez llega al intestino delgado se produce el desenquistamiento, proceso en el que el quiste libera una ameba tretranucleada que, por multiplicación nuclear, origina una ameba de 8 núcleos.

Posteriormente se produce la fragmentación en 8 pequeñas amebas (amébulas metaquísticas) que se transforman en **los trofozoítos, responsables de la colonización del colon donde se alimentan de bacterias y restos celulares**.

Es también en este paso donde tiene lugar **la generación de nuevos quistes y más trofozoítos** que, en ocasiones, **pueden invadir otros órganos y producir abscesos**.

Los quistes se acaban eliminando junto con las heces, y su viabilidad en el medio es de semanas a meses, tiempo en el que pueden transmitir nuevas infecciones.

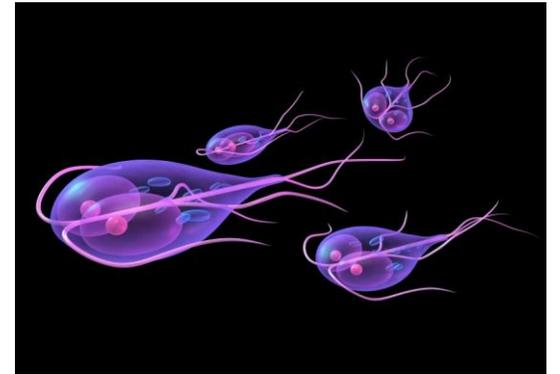




Giardia

La infección por Giardia (también conocida como giardiasis) **es una enfermedad intestinal** causada por el parásito Giardia. Este parásito **se encuentra en agua o en alimentos contaminados con heces** de personas o animales infectados.

A menudo, la infección se transmite en el agua contaminada. Suele ocurrir cuando una persona traga agua de una piscina, de un lago o de un arroyo o río.



¿Cómo se puede prevenir la infección por Giardia?

- Límpieme bien las nalgas cuando le esté cambiando los pañales. Luego, lávese bien las manos con agua corriente limpia y jabón. Haga lo mismo con el niño.
- No lleve el niño a la guardería o la escuela hasta que lo autorice el proveedor de atención médica.
- No trague ni beba agua de piscinas, lagos, arroyos ni ríos. Cuando esté en un camping o de viaje fuera de su país, evite beber agua o cocinar con agua, a menos que tenga la certeza de que no está contaminada.
- Si bebe agua de pozo, solicite que la analicen una vez al año para ver si tiene microbios, incluido el Giardia.
- A menudo, lávese las manos con agua corriente limpia y jabón frotándoselas durante **20** segundos. Hágalo, sobre todo, antes de preparar y consumir comidas, y después de ir al baño, limpiarse la nariz, estornudar o toser.
- Use un termómetro para alimentos cuando cocine. Cocine la carne de ave a 165 °F (**73.8** °C) como mínimo. Cocine la carne de cerdo, de res y de cordero a 145 °F (**62.7** °C) como mínimo. Cocine la carne molida a 160 °F (**71.1** °C) como mínimo.
- Lave o pele las frutas y verduras antes de comerlas.



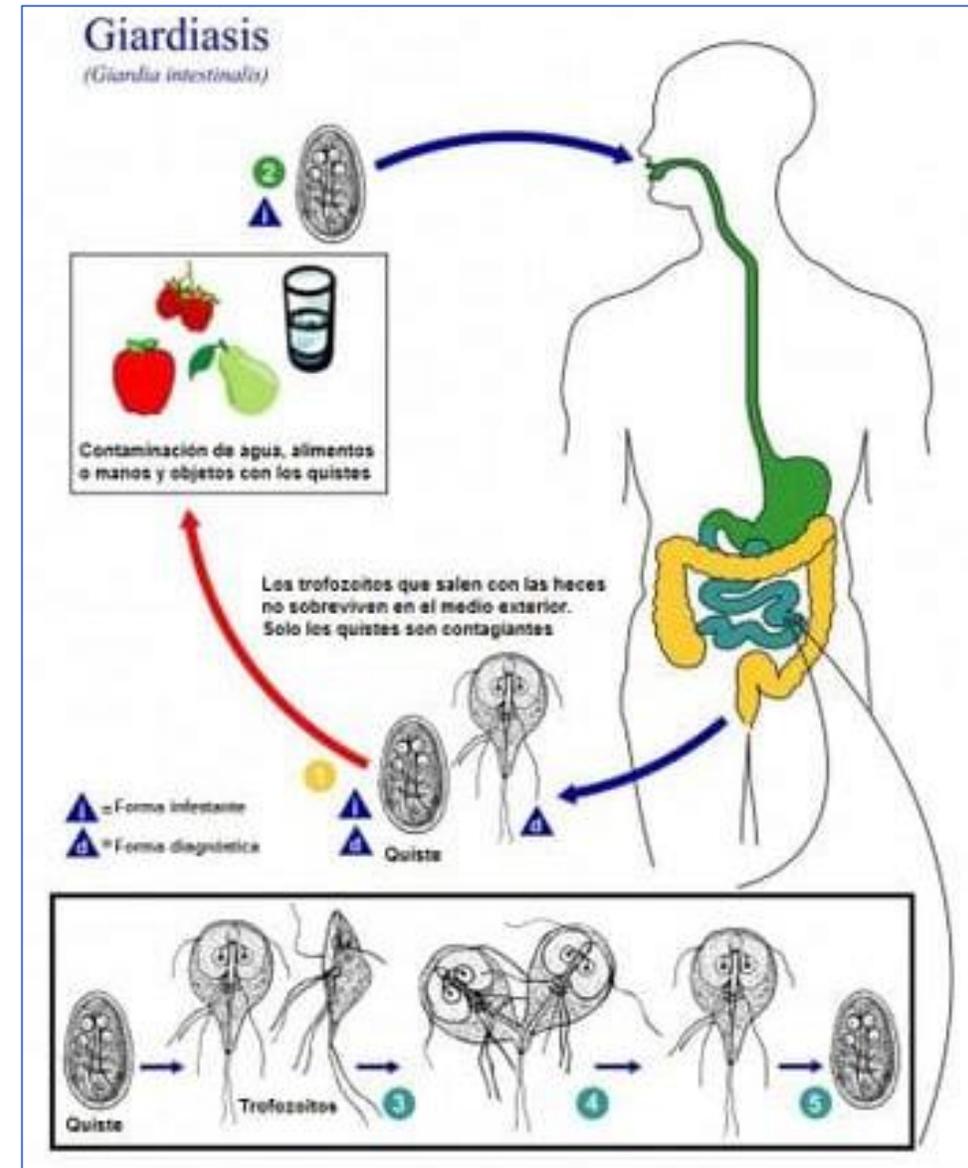
Ciclo de la Giardia

Su ciclo de vida comprende dos estadios: la forma vegetativa móvil, que parasita el intestino delgado (**trofozoíto**) y la forma de vida libre e infectante (**quiste**). El trofozoíto es anaerobio aerotolerante, heterótrofo y **se multiplica por fisión binaria longitudinal cada 9 a 12 horas**.

Es un protozoo flagelado, tiene forma de pera, mide de **9 a 21** micras (μm) de largo y de **5 a 15** μm de ancho y su espesor es de **2 a 4** μm ; presenta dos núcleos colocados en la parte anterior, un disco ventral convexo en la mitad anterior, con el que se adhiere a la mucosa intestinal, y cuatro pares de flagelos que participan en la locomoción. Los quistes son ovalados, con paredes finas y un tamaño de **11-14** μm de longitud, de **7-10** μm de ancho y de **0,3-0,5** μm de espesor.

Su ciclo de vida es directo (un hospedador). Cuando el **hospedador animal o humano** ingiere los quistes, en el intestino (duodeno) del hospedador la cubierta del quiste se disuelve dejando libre la forma vegetativa, el trofozoíto móvil.

El trofozoíto se multiplica en el intestino delgado y a medida que avanza hacia el colon se va transformando en quiste, que sale al exterior con las heces. con los primeros síntomas, si los hay.





Cryptosporidium

La infección por Cryptosporidium es una enfermedad que **afecta los intestinos**. También se la denomina criptosporidiosis. Este parásito **se encuentra en el agua y en los alimentos contaminados con residuos de heces** de personas o animales infectados.

La infección por Cryptosporidium se **transmite a menudo en el agua contaminada**. El síntoma principal de esta infección es la **diarrea muy aguada**. Comienza alrededor de entre **2 y 10** días después de la exposición a este parásito. La diarrea puede ir acompañada de cólicos, náuseas y vómitos o fiebre.



Como Prevenir la infección por Cryptosporidium

- No trague ni beba agua de piscinas, lagos, arroyos o ríos. Cuando viaje o vaya de campamento, evite beber agua, lavar frutas o verduras o cocinar con agua, a menos que tenga la certeza de que no está contaminada.
- Si bebe agua de un pozo, solicite que la analicen una vez al año para ver si tiene microbios. Asegúrese de que Cryptosporidium se encuentre en la prueba.
- Lávese las manos con agua tibia y jabón durante por lo menos **20** segundos. Haga esto seguido. Lávese antes de preparar las comidas. También hágalo luego de usar el baño, cambiar pañales especialmente si tiene diarrea, trabajar en el jardín, y de estar en contacto con sus mascotas. Enséñele a su hijo a hacer lo mismo.
- Cocine el pollo a 165 °F (**74 °C**) como mínimo. Cocine la carne de cerdo y la carne picada a 160 °F (**71 °C**) como mínimo. Cocine la carne de vaca y cordero a 145 °F (**63 °C**) como mínimo.
- Lave bien las frutas y verduras antes de comerlas.
- Si está infectado por Cryptosporidium, hable con su médico sobre las medidas de seguridad que debe tomar.



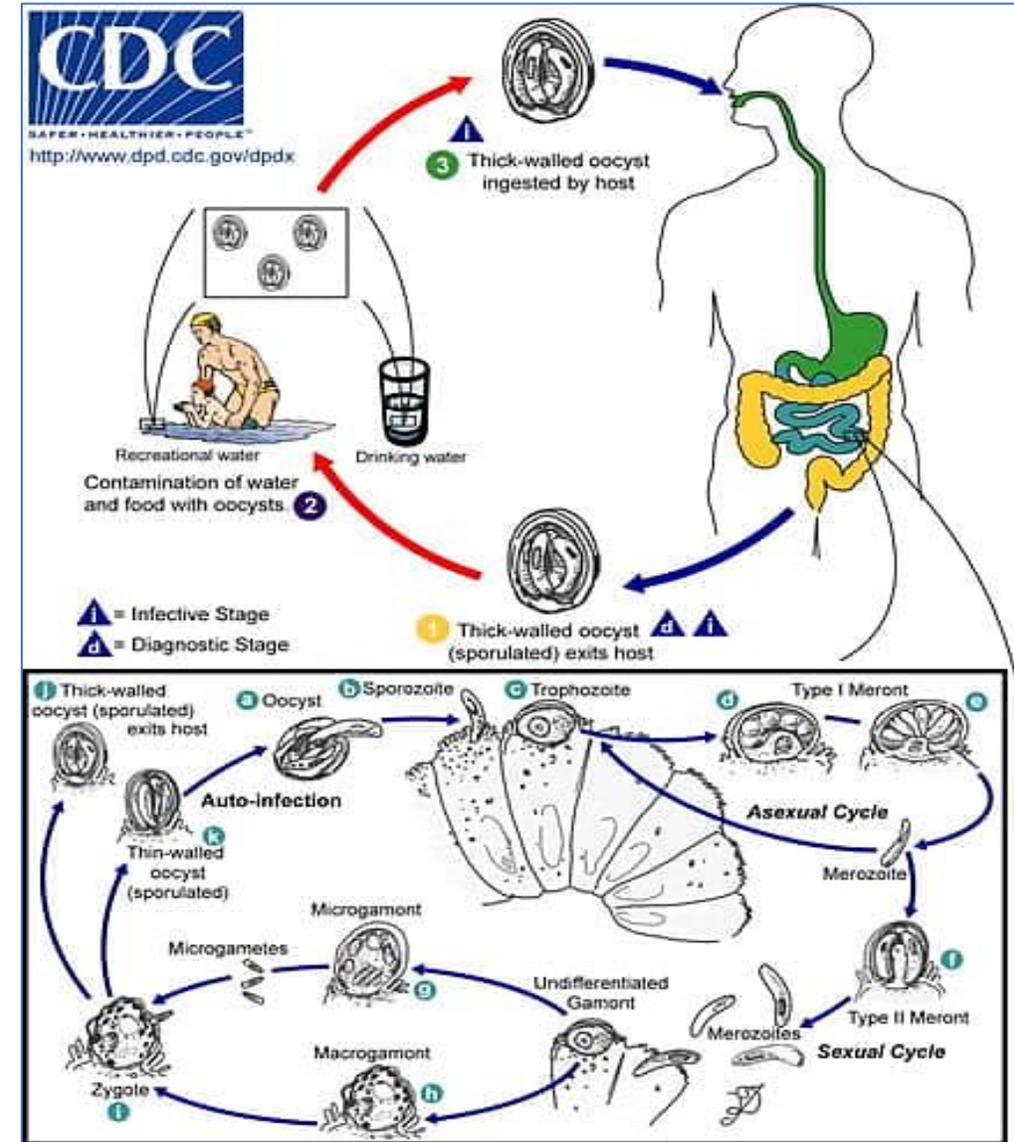
Ciclo del *Cryptosporidium*

1. Los **Ooquistes** esporulados son excretados en las heces por el huésped infectado y posiblemente por otras vías (p. ej., secreciones respiratorias). Los Ooquistes son infecciosos cuando se excretan; por lo tanto, **es posible la transmisión fecal-oral directa e inmediata**.

2-3 (a - k). Los Ooquistes son ingeridos (o posiblemente inhalados) y se desenquistan. **Los esporozoítos** se liberan y parasitan las células epiteliales del tracto gastrointestinal u otros tejidos (p. ej., las vías aéreas).

En estas células, los parásitos se transforman en **trofozoítos** y se multiplican asexualmente y luego sexualmente, produciendo **microgametos** (masculinos) y **macrogametos** (femeninos), que se aparean y producen Ooquistes.

Los Ooquistes esporulan en el huésped infectado. Se producen dos tipos de Ooquistes: **los Ooquistes de pared gruesa, que comúnmente son excretados por el huésped, y los Ooquistes de pared delgada, que participan principalmente en la autoinfección.**





Helmintos

Son animales invertebrados que **tienen forma de gusano** y así se les llama generalmente. En este grupo están incluidos los **helmintos parásitos y de vida libre**.

En aguas superficiales se pueden encontrar huevos de dos grupos de helmintos: **Nematodos y los Platelmintos**. Existen otros helmintos en el agua cuya transmisión no ocurre a través del agua de bebida.

✓ **Nematodos**
son gusanos redondos, como el *Ascaris lumbricoides*.



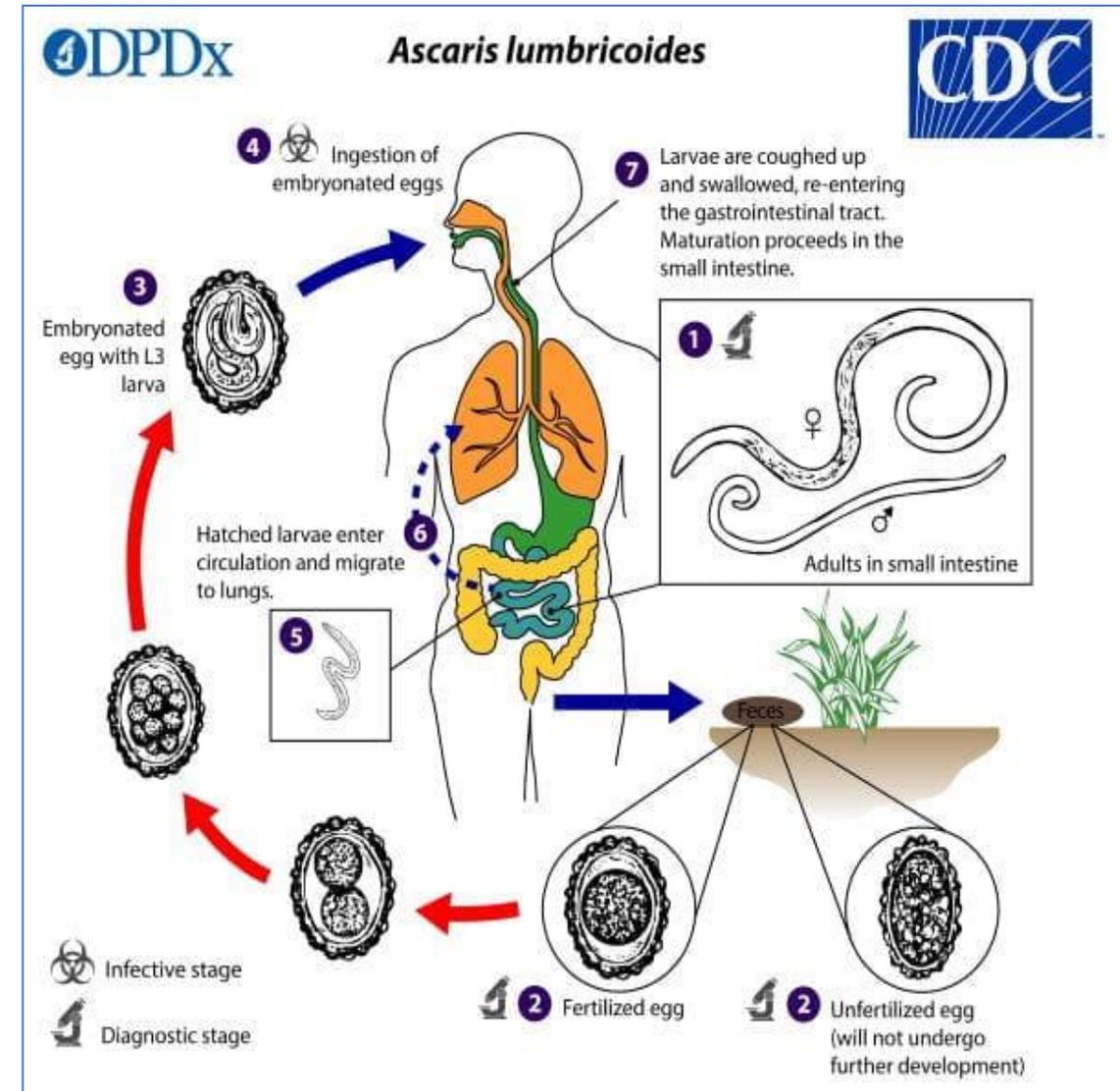
✓ **Platelmintos**
son acintados, como la *Taenia solium*.





Ciclo de la *Áscaris Lumbricoides*

1. Los adultos viven en el **intestino delgado** de las personas. Allí, las hembras pueden producir alrededor de **200,000** huevos por día. Los huevos se excretan en las heces.
2. **Solo los huevos fertilizados causan infección.**
3. **Los huevos fecundados se desarrollan en el suelo.** Los huevos se desarrollan mejor en un suelo húmedo, cálido y sombreado.
4. Las personas se infectan al tragar huevos de *Ascaris*, presentes a menudo en alimentos que entraron en contacto con tierra contaminada con heces humanas que contenían huevos fecundados de *Ascaris*.
5. **Los huevos eclosionan y liberan larvas en el intestino.**
6. **Las larvas penetran en la pared del intestino delgado y viajan a través de los vasos linfáticos y el torrente sanguíneo hasta los pulmones.**
7. Una vez en el interior de los pulmones, las larvas **pasan a los alvéolos pulmonares**, ascendiendo hasta la parte superior de las vías respiratorias, donde son deglutidas. Cuando las larvas llegan al intestino delgado, se convierten en gusanos adultos.



Helmintos transmitidos por el agua

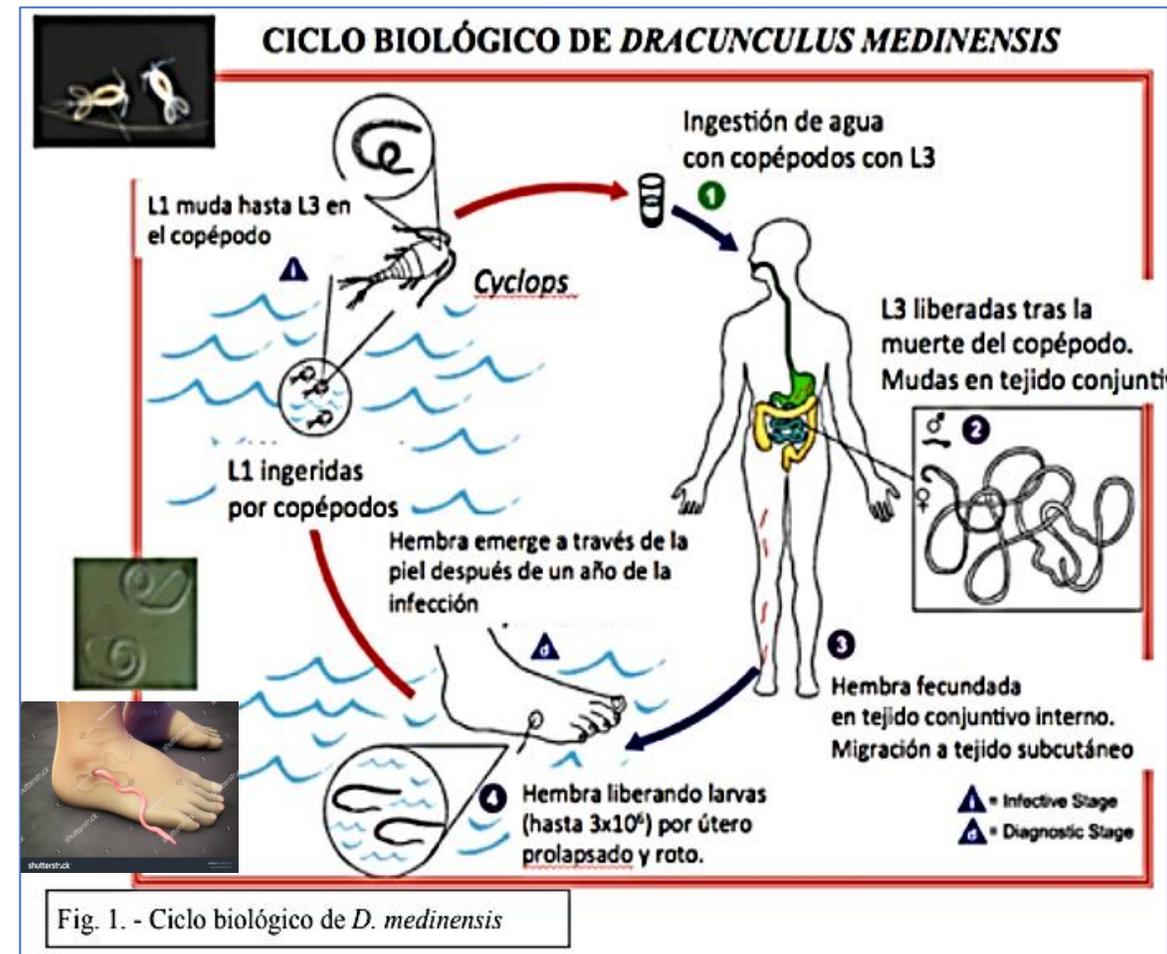
Helmintos	Tipo de especie/ género/grupo ^b	Significado en salud	Persistencia en el agua	Resistencia al cloro	Infectividad relativa	Fuente animal importante
Dracunculus	D. medinensis	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No

El hombre (hospedador definitivo) ingiere agua contaminada con copépodos (pequeños crustáceos insectos acuáticos). Una vez ingeridos, los copépodos son destruidos por el jugo gástrico del estómago, liberándose las L3 (larvas en estadio 3) e iniciándose la infección. Las larvas (Fig. 2.) liberadas tras la muerte del copépodo pasan desde el estómago hacia el intestino delgado.

Abandonan el intestino atravesando la pared duodenal y se disponen en tejido conjuntivo, normalmente en zona peritoneal. En esa localización tienen lugar las mudas y las larvas (L3) pasan a adultos. Es ahí, en el tejido conjuntivo interno, donde ocurre la cópula y las hembras son fecundadas.

Tras la cópula los machos son encapsulados y mueren y las hembras vivíparas migran hasta tejido subcutáneo, en la dermis, 12-14 meses después de la infección. Los individuos afectados permanecen asintomáticos hasta este momento.

Los gusanos que han migrado a la dermis inician las lesiones pruriginosas, inflamadas y dolorosas, fundamentalmente en las extremidades inferiores. La hembra emerge y lleva a cabo la puesta de larvas prolapsando el útero a través de la piel del hospedador, con mayor frecuencia en las piernas y en los pies. Eventualmente, un gusano emergente también puede incapacitar a una persona por varios meses.

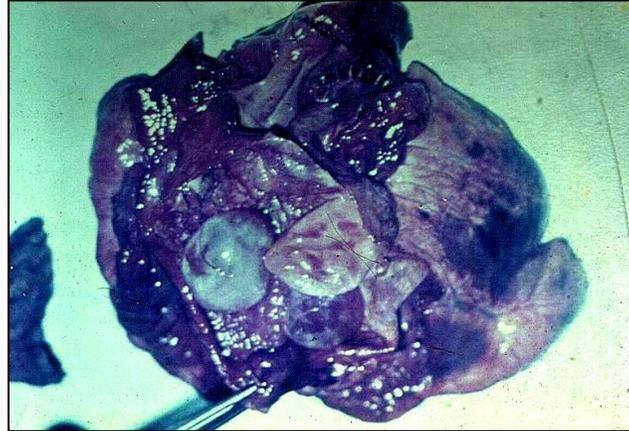




Enteroparásitos hidrottransmisible, Patología



CISTICERCUS EN CORAZON



QUISTE HIDATIDICO EN HIGADO



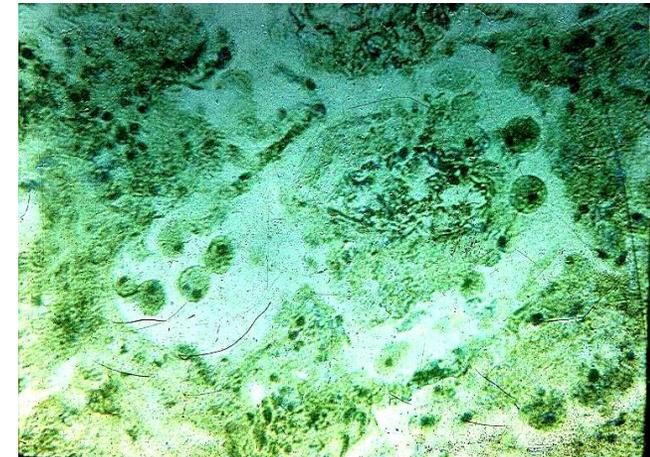
CISTICERCUS. EN EL CEREBRO



**INTESTINO INFECTADOS
CON. TRICHURIS**



INTESTINO CON ASCARIS LUMBRICOIDES



QUISTES DE BALANTIDIUM



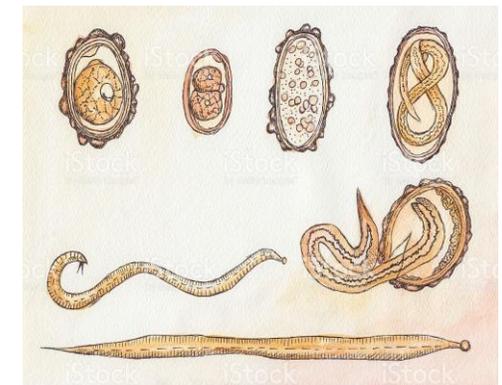
Largo tiempo de persistencia en agua/suelos de los estadios transmisibles

- ✓ 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 Áscaris, **2 -10** años en suelos

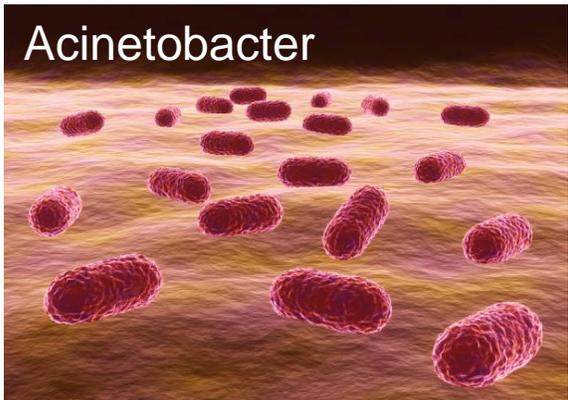


Baja dosis infectiva Transmisión de enteroparásitos

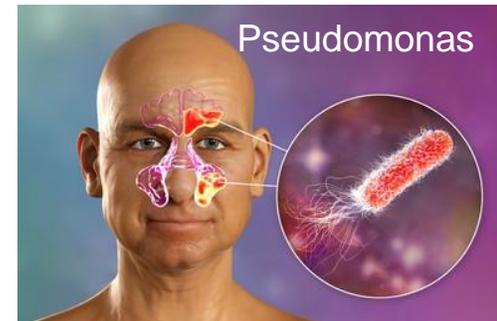
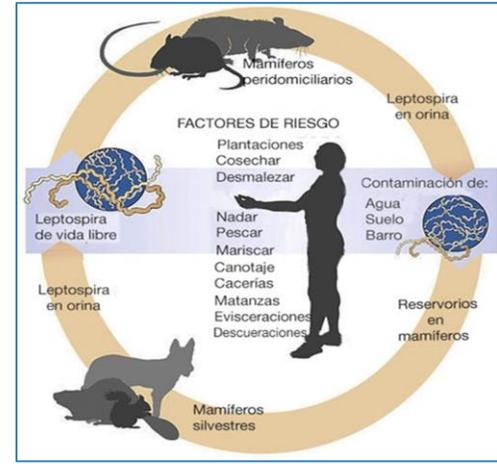
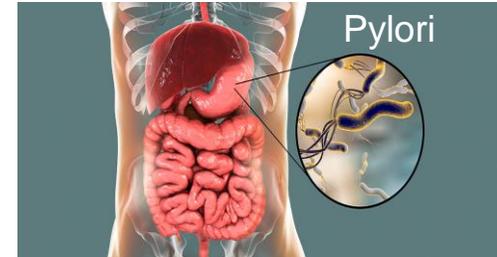
- Cryptosporidium **1- 30** ooquistes
- Giardia **1-100** quistes
- Entamoeba histolytica **10 -1,000** quistes
- Ascaris lumbricoides **1-10** huevos
- Taenia solium **1-10** huevos



Cuadro 7.2 Microorganismos cuya transmisión a través del agua potable se ha sugerido pero las pruebas no son concluyentes o se carece de ellas.



Microorganismo	Tipo de especie/género/grupo ^b	Prueba de transmisión a través del agua(o características epidemiológicas)	Presencia y comportamiento en el abastecimiento de agua	Resistencia al cloro ^c
Bacterias				
<i>Acinetobacter</i>	<i>A. calcoaceticus baumannii complex</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Baja
<i>Aeromonas</i>	<i>A. hydrophila</i>	Los aislamientos clínicos no coinciden con aislamientos ambientales	Común y puede multiplicarse	Baja
<i>Enterobacter</i>	<i>E. sakazakii</i>	Infección asociada con la fórmula infantil; no hay evidencia de transmisión por el agua	Improbable	Baja
<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>	Se sugiere, pero no hay evidencia directa; la familia es la ruta primaria de transmisión	Detectado, sobrevive por tiempo limitado	Baja
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Puede multiplicarse	Baja
<i>Leptospira</i>	<i>L. interrogans</i>	No hay pruebas de transmisión a través de la ingesta de agua potable. Se propaga principalmente por contacto con agua superficial contaminada; brotes asociados con inundaciones	Puede sobrevivir meses en el agua	Baja
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Moderada
<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	No hay pruebas de transmisión a través del agua potable; las manos son la fuente más importante	Común y puede multiplicarse	Moderada
<i>Tsukamurella</i>	<i>T. paurometabola</i>	Problema posible en centros de salud (no gastrointestinales)	Común y puede multiplicarse	Desconocida
<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolitica</i>	Las especies detectadas en agua probablemente no son patógenas; los alimentos son la fuente primaria	Común y puede multiplicarse	Baja



shutterstock.com · 1947600742

Cuadro 7.2 Microorganismos cuya transmisión a través del agua potable se ha sugerido pero las pruebas no son concluyentes o se carece de ellas.

Cuadro 7.2 (continuación)

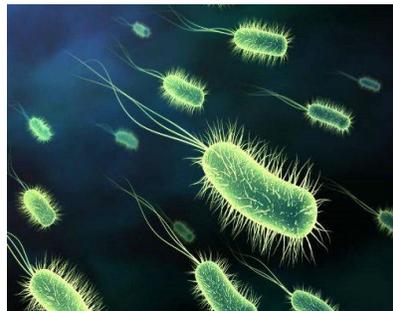
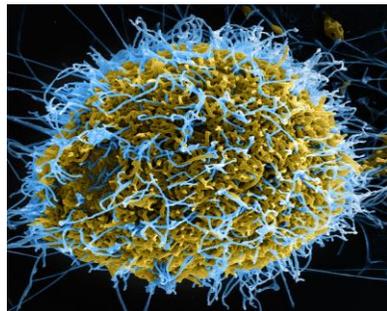
Microorganismo	Tipo de especie/género/grupo ^b	Prueba de transmisión a través del agua (o características epidemiológicas)	Presencia y comportamiento en el abastecimiento de agua	Resistencia al cloro ^c
Virus				
Filoviridae	Virus del Ebola	No hay pruebas de transmisión a través del agua potable	Improbable	Baja
Orthomyxoviridae	Virus de la influenza	No hay pruebas de transmisión a través del agua	Improbable	Baja
Coronaviridae	Síndrome respiratorio agudo grave por coronavirus (SARS)	Hay algunas pruebas de transmisión por inhalación de gotitas	Improbable	Desconocida
Picornaviridae/ Kobuvirus	Aichivirus	Presente en residuos fecales, aguas residuales y algunas veces en agua potable contaminada	Probable en agua contaminada con heces	Moderada

Protozoos

<i>Balantidium</i>	<i>B. coli</i>	Se reportó un brote en 1971	Detectado	Alta
<i>Blastocystis</i>	<i>B. hominis</i>	Prueba plausible, pero limitada	Desconocido, probable persistencia ^d	Alta
<i>Isospora</i>	<i>I. belli</i>	Plausible, pero no hay pruebas	Desconocido	Alta
Microsporidia	-	Prueba plausible, pero limitada; las infecciones ocurren predominantemente en personas con el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida)	Detectado, probable persistencia	Moderada
Toxoplasma	<i>T. gondii</i>	Se reportó un brote en 1995	Larga	Alta

Helminths

<i>Fasciola</i>	<i>F. hepatica</i> <i>F. gigantica</i>	Plausible, detectada en aguas de regiones hiperendémicas	Detectada	Alta
Nematodos de vida libre (que no son <i>Dracunculus medienensis</i>)	-	Plausible, pero la transmisión se asocia principalmente con los alimentos o el suelo	Detectados y pueden multiplicarse	Alta
<i>Schistosoma</i>	<i>S. mansoni</i> <i>S. japonicum</i> <i>S. mekongi</i> <i>S. intercalatum</i> <i>S. haematobium</i>	No hay pruebas de transmisión a través de la ingesta de agua potable. Se disemina principalmente por contacto con agua superficial contaminada en comunidades con acceso insuficiente al agua potable segura	El ciclo de vida involucra a huéspedes animales y caracoles; pueden ser liberados en el agua después de la reproducción en caracoles de agua dulce	Moderada





Cyanobacterias

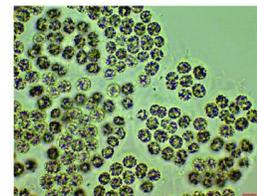
Las afloraciones de Cyanobacterias **son muy comunes en los lagos y reservorios usados para agua potable**. Estas bacterias son capaces de producir dos tipos de **toxinas ampliamente conocidas**:

- **las hepatotoxinas**: producidas por Microcystis, Oscillatoria y Anabaena y
- **las neurotoxinas**: producidas por Anabaena, Oscillatoria, Nostoc y Cylindrospermum.

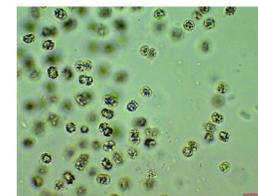
Las toxinas pueden producir gastroenteritis en la población y las hepatotoxinas pueden ocasionar muerte por shock.

Hay un número no confirmado de reportes sobre problemas de salud causados por toxinas provenientes de algas y relacionados con el agua de bebida. Estudios realizados han demostrado que **la remoción de las toxinas solo se logra con carbón activado**.

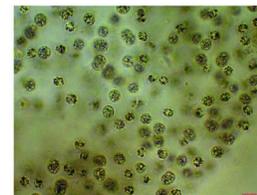
No se recomienda el uso de alguicidas debido a que ocasionan la muerte masiva de algas y es posible que esto conduzca a la **producción de olores desagradables y altere el sabor del agua** en los reservorios



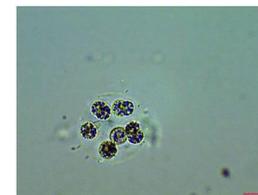
(a)



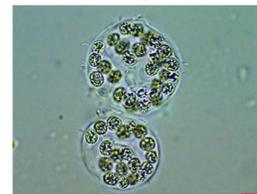
(b)



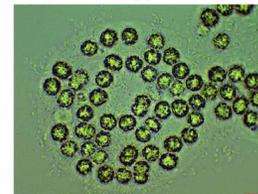
(c)



(d)



(e)



(f)





Organismos cuya presencia en el agua tratada origina reclamos de los usuarios

Frecuentemente, en las fuentes de agua y en los reservorios se presentan animales invertebrados que son de vida libre y que, **por problemas en la filtración, pueden pasar a los sistemas de distribución de agua tratada y causar pánico en la población.**

Estos invertebrados no son patógenos, pero **representan un riesgo de transporte de agentes microbianos.** Una de las causas de este transporte es que el cloro no actúa sobre ellos ni sobre las partículas que tienen incorporadas en sus intestinos y otros órganos; además, **su presencia altera la calidad estética del agua.**

En estaciones de verano, los filtros de arena pueden tener problemas con la **superpoblación de larvas de dípteros** como Chironomidos y Culex.

Su presencia puede causar problemas en los filtros y en la calidad del agua filtrada.





Infecciones transmitidas por el agua

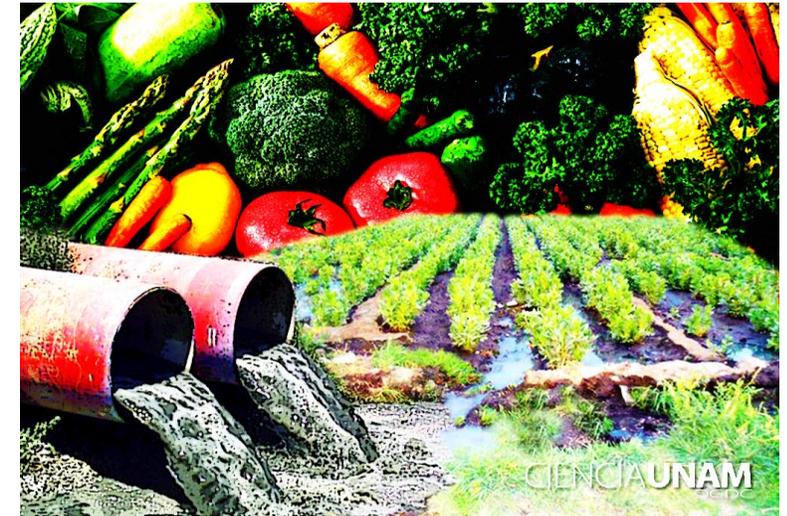
Los agentes patógenos que se pueden transmitir a través del agua de consumo humano contaminada **son diversos en cuanto a: sus características, comportamiento y resistencia.**

La inmunidad de las personas también varía considerablemente, ya sea por el contacto con un agente patógeno o por la influencia de factores como la **edad, el sexo, el estado de salud y las condiciones de vida.**

El agua de consumo humano es solo uno de los medios por los que los **agentes patógenos se transmiten a través de la vía fecal-oral.**

Los alimentos contaminados, agua, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene en el nivel domiciliario son deficientes, también se pueden convertir en vehículos de transmisión.

Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral **es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de heces y la higiene general.**





VÍAS DE TRANSMISIÓN Y PATOGENOS RELACIONADOS CON EL AGUA

**INGESTION
(BEBIDA)**

**INHALACION Y ASPIRACION
(AEROSOLE)**

**CONTACTO
(BAÑO)**

Vía de infección
Puede ocurrir
septicemia e
infección
generalizada

GASTROINTESTINAL

RESPIRATORIO

**PIEL MEMBRANA MUCOSA
HERIDAS, OJOS**

BACTERIAS
Campylobacter
jejuni/coli.
E. coli diarrogénica
E. coli
henterohemorrágica
Francisella tularensis
Salmonella entérica,
S.bongori y S. typhi
Shigella dysenteriae,
Vibrio cholerae O1 y
O139.

VIRUS
Adenovirus
Astrovirus
Enterovirus
Parechovirus
Virus de la
hepatitis A Virus
de la hepatitis E
Norovirus
Rotavirus
Sapovirus

**PROTOZOOS Y
HELMINTOS**
Cryptosporidium hominis/
parvum Cyclospora
cayetanensis
Dracunculus medinensis
Entamoeba histolytica
Giardia intestinalis
Toxoplasma gondii

**Adenovirus
Enterovirus**
Legionella pneumophila
Mycobacterium avium
complex
Naegleria fowleri

Acanthamoeba culbertsoni
Burkholderia pseudomallei
Leptospira interrogans.
Mycobacterias (no tuberculosas)
chistosoma mansoni



Persistencia y proliferación en el agua

Los organismos patógenos transmitidos por el agua que **dependen de sus huéspedes**, después de dejar el cuerpo de sus huéspedes, pierden gradualmente viabilidad y la capacidad de infectar. Sin embargo, la Legionella, **pueden proliferar en el agua**.

Los agentes patógenos con baja persistencia **deben encontrar rápidamente nuevos huéspedes** y tienen más probabilidades de propagarse por contacto de persona a persona o por la falta de higiene personal que por el agua de consumo humano .

La presencia de **cantidades relativamente altas de carbono orgánico biodegradable**, junto con **temperaturas cálidas y concentraciones bajas de cloro residual pueden permitir la proliferación** de Legionella, Vibrio cholerae, Naegleria fowleri, Acanthamoeba y organismos indeseables en algunas aguas superficiales y en los sistemas de distribución.

Los microorganismos **pueden acumularse en los sedimentos** y se movilizan cuando aumenta el flujo de agua.





Aspectos relativos a la salud pública

Los brotes de enfermedades transmitidas por el agua pueden afectar a numerosas personas, por lo que la **primera prioridad debe ser el control de esos brotes.**

Algunos de los agentes patógenos, cuya transmisión por el agua de consumo humano contaminada es conocida, **producen enfermedades graves que, en ocasiones, pueden ser mortales.** Los ejemplos incluyen:

- la fiebre tifoidea,
- el cólera,
- la hepatitis infecciosa (causada por el virus de la hepatitis A o de la hepatitis E) y
- la enfermedad causada por *Shigella* spp. y *E. coli* O157.

La exposición repetida a un agente patógeno puede estar asociada a una menor probabilidad o gravedad de la enfermedad debido a los efectos de la **inmunidad adquirida.**

Para algunos organismos patógenos (p. ej., el virus de la hepatitis A), la inmunidad es de por vida.

Las personas con infecciones asintomáticas, así como los pacientes durante y después de la enfermedad **pueden contribuir a la propagación secundaria de los agentes patógenos.**



Cuadro 7.6 Ejemplo de la ocurrencia de organismos indicadores y de agentes patógenos seleccionados en las heces, aguas residuales y agua cruda (los datos locales pueden variar)

Microbio	Número por gramo de heces	Número por litro en el agua residual sin tratar	Número por litro en el agua cruda
Coliformes fecales (E. coli y Klebsiella).	10 ⁷ (la mayoría no son agentes patógenos)	10 ⁶ –10 ¹⁰	100 - 10 ⁴
Campylobacter spp	10 ⁶	100–10 ⁶	100 - 10 ⁴
Vibrio cholerae ^a	10 ⁶	100–10 ⁶	100 - 10⁸
Enterovirus	10 ⁶	1–1000	0.01 - 10
Rotavirus	10 ⁹	50 - 5000	0.01 - 100
Cryptosporidium	10 ⁷	1 – 10 ⁴	0 - 10 ³
Giardia intestinalis	10 ⁷	1 – 10 ⁴	0 - 10 ³

^a Vibrio puede crecer en ambientes acuáticos. Fuentes: Feachem et al. (1983); Stelzer (1988); Jones, Betaieb & Telford (1990); Stampi et al. (1992); Koenraad et al. (1994); Gerba et al. (1996); AWWA (1999); Maier, Pepper & Gerba (2000); Metcalf & Eddy, Inc. (2003); Bitton (2005); Lodder & de Roda Husman (2005); Schijven & de Roda Husman (2006); Masini et al. (2007); Rutjes et al. (2009); Lodder et al. (2010).



Tratamiento



Las aguas de muy alta calidad, como las **aguas subterráneas de acuíferos confinados**, pueden depender de; la **protección de la fuente de agua y del sistema de distribución** como las principales medidas de control para el suministro de agua de consumo humano segura.

Sin embargo, **lo usual es que se requiera el tratamiento del agua para eliminar o destruir los microorganismos patógenos**. En muchos casos (p. ej., cuando el agua superficial es de mala calidad), **se requieren múltiples etapas de tratamiento**.

Cuadro 7.7 Reducción de bacterias, virus y protozoos mediante tecnologías en plantas de tratamiento de agua de consumo humano para comunidades grandes

Proceso del tratamiento	Grupos de agentes patógenos entéricos	Remoción mínima (LRV)	Remoción máxima (LRV)	Notas
Pretratamiento				
Filtros gruesos	Bacterias	0.2	2.3	Depende del medio filtrante, coagulante
Reservorios de almacenamiento	Bacterias	0.7	2.2	Tiempo de retención > 40 días
Filtración en la orilla	Protozoos	1.4	2.3	Tiempo de retención: 160 días
	Virus	> 2.1	8.3	Depende de la distancia del viaje, tipo del suelo, tasa de bombeo, pH y de la fuerza iónica
	Bacterias	2	> 6	
	Protozoos	> 1	> 2	



Cuadro 7.7 Reducción de bacterias, virus y protozoos mediante tecnologías en plantas de tratamiento de agua de consumo humano para comunidades grandes

Proceso del tratamiento	Grupos de agentes patógenos entéricos	Remoción mínima (LRV)	Remoción máxima (LRV)	Notas
Coagulación, floculación y sedimentación				
Clarificación convencional	Virus	0.1	3.4	Depende de las condiciones de la coagulación
	Bacterias	0.2	2	
	Protozoos	1	2	
Clarificación de alta tasa	Protozoos	> 2	2.8	Depende del uso apropiado de la capa de polímeros
Flotación por aire disuelto	Protozoos	0.6	2.6	Depende de la dosis del coagulante
Ablandamiento con cal	Virus	2	4	Depende del pH y del tiempo de sedimentación
	Bacteria	1	4	
	Protozoos	0	2	
Filtración				
Filtración granular de alta tasa	Virus	0	3.5	Depende del medio filtrante y del pretratamiento de la coagulación, la turbiedad del agua filtrada
	Bacterias	0.2	4.4	
	Protozoos	0.4	3.3	

Cuadro 7.7 (continuación)

Proceso del tratamiento	Grupos de agentes patógenos entéricos	Remoción mínima (LRV)	Remoción máxima (LRV)	Notas
				será de $\leq 0,3$ NTU en el 95% de las muestras (y ninguna debe superar 1 UNT) asociada con 1-2 log de reducción de virus y 3 log de reducción de <i>Cryptosporidium</i> ^a
Filtración lenta de arena	Virus	0.25	4	Depende de la presencia de la schmutzdecke, del tamaño del gránulo, del caudal y de las condiciones de la operación (principalmente de la temperatura y del pH); la turbiedad del agua filtrada será de ≤ 1 UNT en el 95% de las muestras (y ninguna debe superar 5 UNT) asociada con 1-2 log de reducción de virus y 2.5-3 log de reducción de <i>Cryptosporidium</i> ^a
	Bacterias	2	6	
	Protozoos	0.3	> 5	
Filtración de precapa	Virus	1	1.7	Si hay torta del filtro Depende del pretratamiento químico Depende del tamaño del medio y de la tasa de filtración
	Bacteria	0.2	2.3	
	Protozoos	3	6.7	
Filtración de membrana: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa	Virus	< 1	> 6.5	Varía según el tamaño del poro de la membrana (microfiltros, ultrafiltros, nanofiltros y filtros para la ósmosis inversa), la integridad del medio filtrante, de los sellos de los filtros y de la resistencia al avance de la degradación química y biológica; las reducciones máximas se asocian con una turbidez del agua filtrada de <0.1 UNT ^a
	Bacterias	1	> 7	
	Protozoos	2.3	> 7	

Tratamiento



Tratamiento



Cuadro 7.7 (continuación)

Proceso del tratamiento	Grupos de agentes patógenos entéricos	Remoción mínima (LRV)	Remoción máxima (LRV)	Notas
Cloro	Virus	2 (Ct_{99} 2-30 min·mg/l; 0-10 °C; pH 7-9)		El cloro libre por tiempo de contacto predice eficacia; no es eficaz contra los ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> . La turbidez y los solutos que demandan cloro inhiben este proceso; por ello, la turbidez debe mantenerse por debajo de 1 UNT para propiciar una desinfección eficaz. Cuando esto no resulte práctico, el objetivo deberá ser mantener la turbidez por debajo de 5 UNT, aunque la desinfección todavía deberá aplicarse si no se consigue 5 UNT. Además de la desinfección inicial, se deben considerar los beneficios de mantener el residual del cloro libre en los sistemas de distribución por encima de 0.2 mg/l
	Bacterias	2 (Ct_{99} 0.04-0.08 min·mg/l; 5 °C; pH 6-7)		
	Protozoos	2 (Ct_{99} 25-245 min·mg/l; 0-25 °C; pH 7-8; <i>Giardia</i> principalmente)		
Dióxido de cloro	Virus	2 (Ct_{99} 2-30 min·mg/l; 0-10 °C; pH 7-9)		
	Bacterias	2 (Ct_{99} 0.02-0.3 min·mg/l; 15-25 °C; pH 6.5-7)		
	Protozoos	2 (Ct_{99} 100 min·mg/l)		
Ozono	Virus	2 (Ct_{99} 0.006-0.2 min·mg/l)		Generalmente, los virus son más resistentes que las bacterias



Cuadro 7.7 (continuación)

Proceso del tratamiento	Grupos de agentes patógenos entéricos	Remoción mínima (LRV)	Remoción máxima (LRV)	Notas
UV	Bacterias	2 (Ct_{99} 0.02 min•mg/l)		Depende de la temperatura; <i>Cryptosporidium</i> varía ampliamente La eficacia de la desinfección depende de la fluencia administrada (dosis), que varía con la intensidad, el tiempo de exposición y la longitud de onda UV. La turbidez excesiva y ciertas especies disueltas inhiben este proceso; por ello, la turbidez debe mantenerse por debajo de 1 UNT para propiciar una desinfección eficaz. Cuando esto no resulte práctico, la turbidez debe mantenerse por debajo de 5 UNT con fluencias más altas ^a
	Protozoos	2 (Ct_{99} 0.5–40 min•mg/l)		
	Virus	4 (7–186 mJ/cm ²)		
	Bacterias	4 (0.65–230 mJ/cm ²)		
	Protozoos	4 (< 1–60 mJ/cm ²)		

Ct es el producto de la concentración del desinfectante por el tiempo de contacto; LRV es el valor de la reducción \log_{10}

^a Vea *Turbidity: information for regulators and operators of water supplies* (Anexo 1).

^b Desinfección química: se dan valores de Ct que logran 2 LRV.

^c Radiación UV: se da el rango de dosis UV que logra 4 LRV.

Fuentes: Chevretils et al. (2006); Dullemont et al. (2006); Hijnen, Beerendonk & Medema (2006); ver también el documento complementario *Water treatment and pathogen control* (Anexo 1).



Valores de C*T



Cuadro D-5. Valores CT para la inactivación de quistes de Giardia con cloro libre a 20 °C

Concentración del cloro (mg/L)	pH <= 6.0 Log de inactivación						pH = 6.5 Log de inactivación						pH = 7.0 Log de inactivación						pH = 7.5 Log de inactivación					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
< = 0.4	6	12	18	24	30	36	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62
0.6	6	13	19	25	32	38	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	21	32	43	53	64
0.8	7	13	20	26	33	39	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66
1	7	13	20	26	33	39	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67
1.2	7	13	20	27	33	40	8	16	24	32	40	48	10	19	29	38	48	57	12	23	35	46	58	69
1.4	7	14	21	27	34	41	8	16	25	33	41	49	10	19	29	39	48	58	12	23	35	47	58	70
1.6	7	14	21	28	35	42	8	17	25	33	42	50	10	20	30	39	49	59	12	24	36	48	60	72
1.8	7	14	22	29	36	43	9	17	26	34	43	51	10	20	31	41	51	61	12	25	37	49	62	74
2	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62	13	25	38	50	63	75
2.2	7	15	22	29	37	44	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	26	39	51	64	77
2.4	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78
2.6	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66	13	27	40	53	67	80
2.8	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67	14	27	41	54	68	81
3	8	16	24	31	39	47	10	19	29	38	48	57	11	23	34	45	57	68	14	28	42	55	69	83
Concentración del cloro (mg/L)	pH = 8.0 Log de inactivación						pH = 8.5 Log de inactivación						pH <= 9.0 Log de inactivación											
	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0						
< = 0.4	12	25	37	49	62	74	15	30	45	59	74	89	18	35	53	70	88	105						
0.6	13	26	39	51	64	77	15	31	46	61	77	92	18	36	55	73	91	109						
0.8	13	26	40	53	66	79	16	32	48	63	79	95	19	38	57	75	94	113						
1	14	27	41	54	68	81	16	33	49	65	82	98	20	39	59	78	98	117						
1.2	14	28	42	55	69	83	17	33	50	67	83	100	20	40	60	80	100	120						
1.4	14	28	43	57	71	85	17	34	52	69	86	103	21	41	62	82	103	123						
1.6	15	29	44	58	73	87	18	35	53	70	88	105	21	42	63	84	105	126						
1.8	15	30	45	59	74	89	18	36	54	72	90	108	22	43	65	86	108	129						
2	15	30	46	61	76	91	18	37	55	73	92	110	22	44	66	88	110	132						
2.2	16	31	47	62	78	93	19	38	57	75	94	113	23	45	68	90	113	135						
2.4	16	32	48	63	79	95	19	38	58	77	96	115	23	46	69	92	115	138						
2.6	16	32	49	65	81	97	20	39	59	78	98	117	24	47	71	94	118	141						
2.8	17	33	50	66	83	99	20	40	60	79	99	119	24	48	72	95	119	143						
3	17	34	51	67	84	101	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146						

$$T = \frac{CT}{C}$$

NOTA: CT 99.9 = CT para 3-log de inactivación.



Tratamiento Domiciliar

La tecnología del tratamiento domiciliario del agua comprende una gama de dispositivos o métodos que se emplean para tratar el agua **en el hogar o en el punto de uso** en otros entornos.

Estas opciones permiten a las personas y a las comunidades **tratar el agua captada o el agua entubada contaminada con el fin de eliminar o inactivar microbios patógenos**. Muchos de estos métodos se complementan con el almacenamiento seguro del agua tratada para **impedir o minimizar la contaminación después del tratamiento domiciliario** (Wright, Gundry y Conroy, 2003).

Los abordajes del tratamiento domiciliario del agua tienen el potencial de **impactar de manera positiva y rápida en la salud donde no hay posibilidades de tener agua entubada** y las personas dependen de fuentes de agua que podrían estar contaminadas **o donde el agua almacenada se contamina** debido a la manipulación antihigiénica durante el transporte o en la vivienda.

No todas las tecnologías de tratamiento domiciliario del agua tienen alta eficacia para reducir todos los agentes patógenos transmitidos por el agua (bacterias, virus, protozoos y helmintos).

Por ejemplo, **el cloro es ineficaz para inactivar ooquistes del protozoo *Cryptosporidium*** que se transmite a través del agua, **y algunos métodos de filtración, como los filtros de cerámica, de tela o de fibra, son ineficaces para eliminar virus entéricos**.



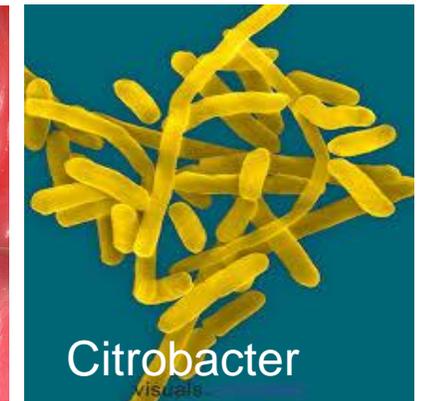
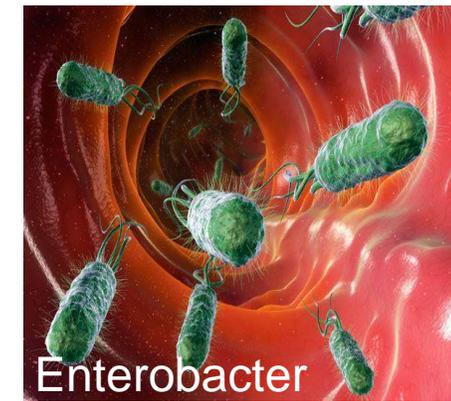
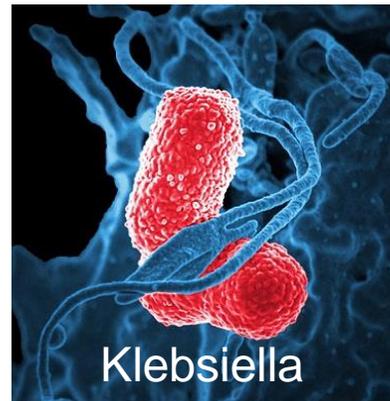
Indicadores microbiológicos de la calidad del agua

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 **se encuentran en todo el ambiente** 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 y no se multiplican en los ambientes acuáticos.**



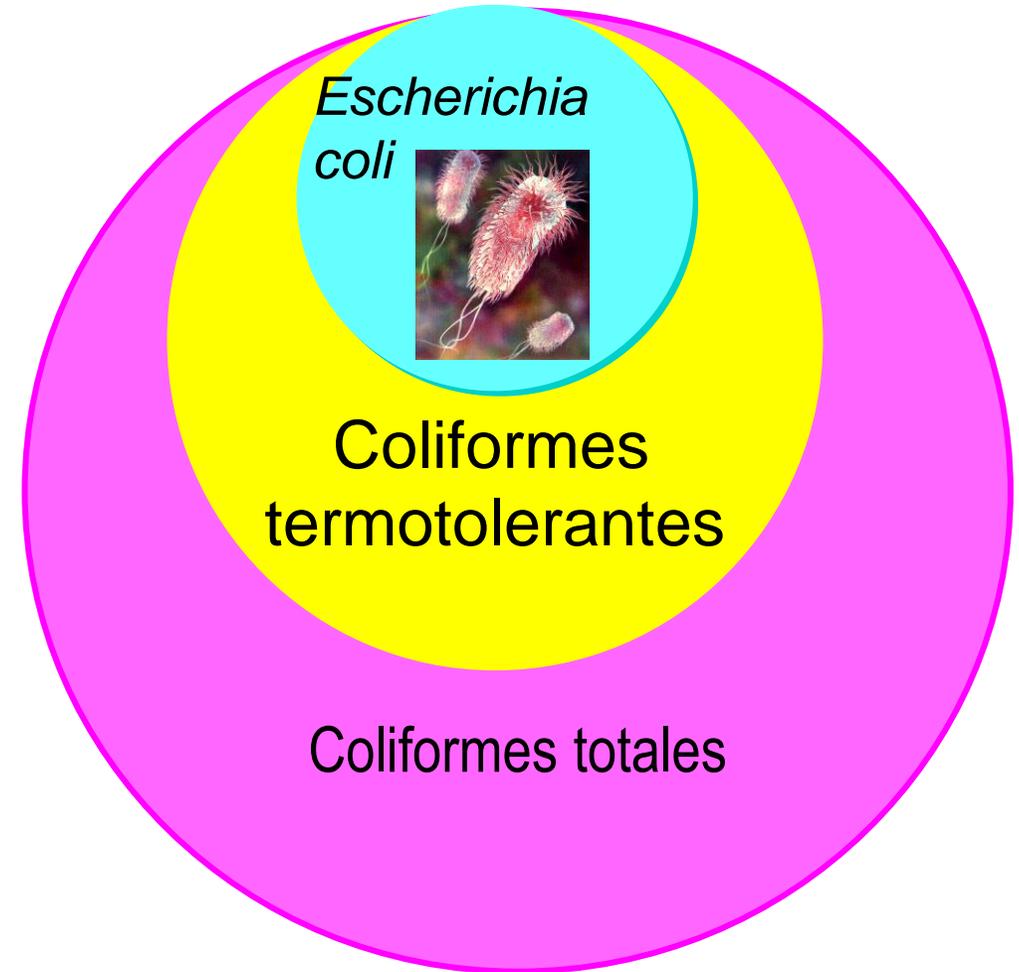
Control De Calidad, Organismos Indicadores

BACTERIAS

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

PROTOZOOS

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





Bacterias Coliformes

Las bacterias coliformes incluyen un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. **Son comunes en el suelo y el agua superficial e incluso pueden aparecer en la piel.** También se pueden encontrar grandes cantidades de ciertos tipos de bacterias coliformes **en los desechos de humanos y animales.** La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunas, transmitidas por el agua, pueden provocar enfermedades graves.

Las bacterias coliformes a menudo **se denominan "organismos indicadores"** porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes no garantiza que beber el agua cause una enfermedad. Más bien, **su presencia indica que existe una vía de contaminación de bacterias** (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua.

Los coliformes termotolerantes (fecales)

Las bacterias coliformes fecales son la familia de coliformes que **están presentes específicamente en el intestino y por lo tanto pasan a las heces de los animales de sangre caliente.**

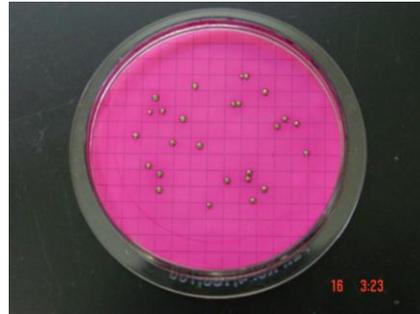
La **Escherichia coli (E. coli)** es la principal especie del grupo de coliformes fecales. De los grupos generales de bacterias que componen los coliformes totales, **sólo la E. coli no se encuentra generalmente creciendo y reproduciéndose en el medio ambiente.**

Por consiguiente, se considera que **E. coli es la especie de bacteria coliforme que es el mejor indicador de la contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos.**



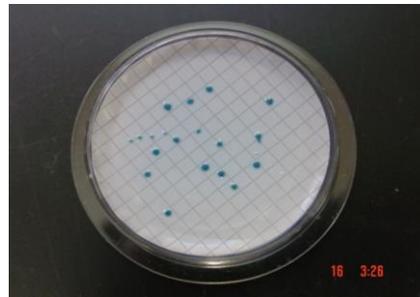
Grupo Coliforme

Coliformes Totales



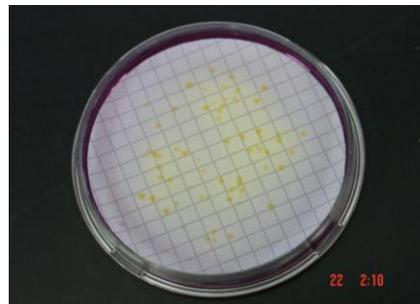
Bacterias Gram-negativas con forma de bastoncillos, se desarrollan en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos, tienen propiedades de inhibición, **fermentan la lactosa a 35 - 37°C, produciendo gas, ácido y aldehído en 24 - 48 horas**, Son oxidasa negativa y no forman esporas, Presentan 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 substrato definido, *E. coli* se define como aquellos coliformes que producen la enzima β -glucoronidasa que hidroliza el substrato 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.**



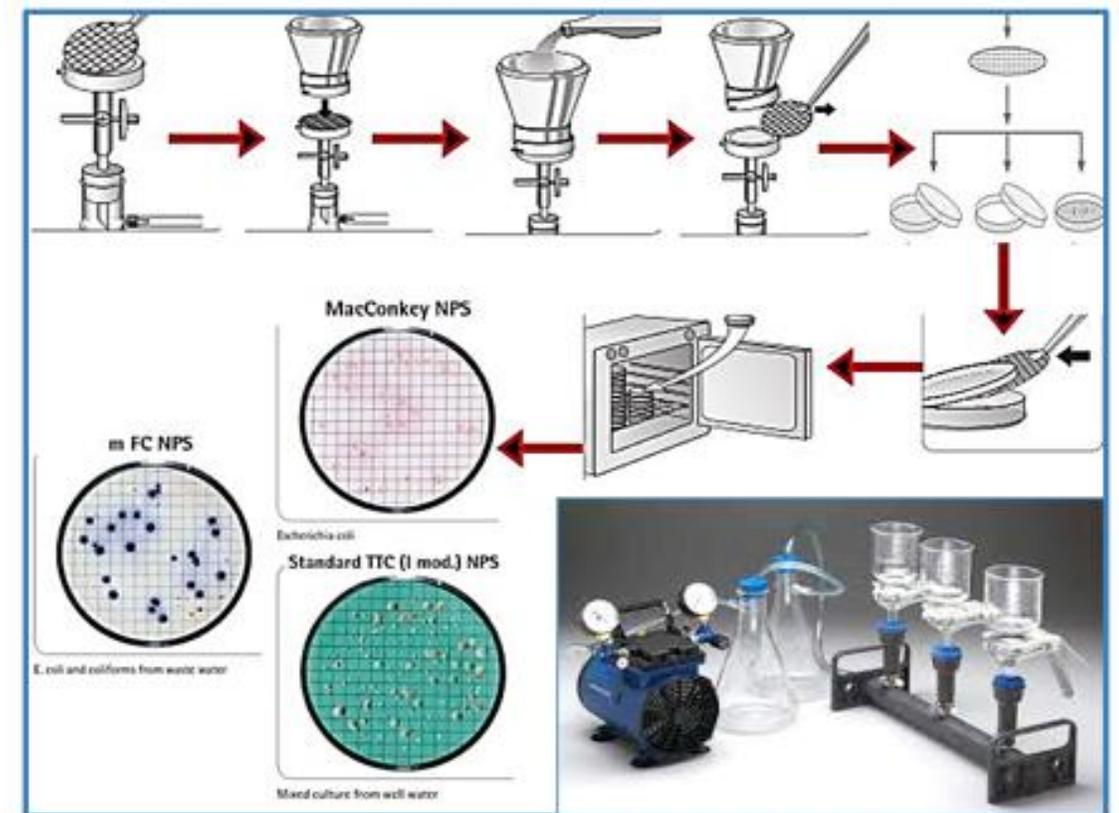
Filtración por membrana

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.

En esencia, el método consiste en:

- Pasar una muestra de agua a través de un filtro de membrana (**0,45** μ tamaño de poro y **47** mm de diámetro).
- Transferir el filtro con las bacterias atrapadas a la superficie de un medio sólido (con agar) o a un soporte absorbente, conteniendo el medio líquido deseado (sin agar).
- El uso del medio apropiado permite la detección rápida de los **CT, CF y EF**.

Se ha convertido en el **método más común y preferido** para evaluar las características microbiológicas del agua.





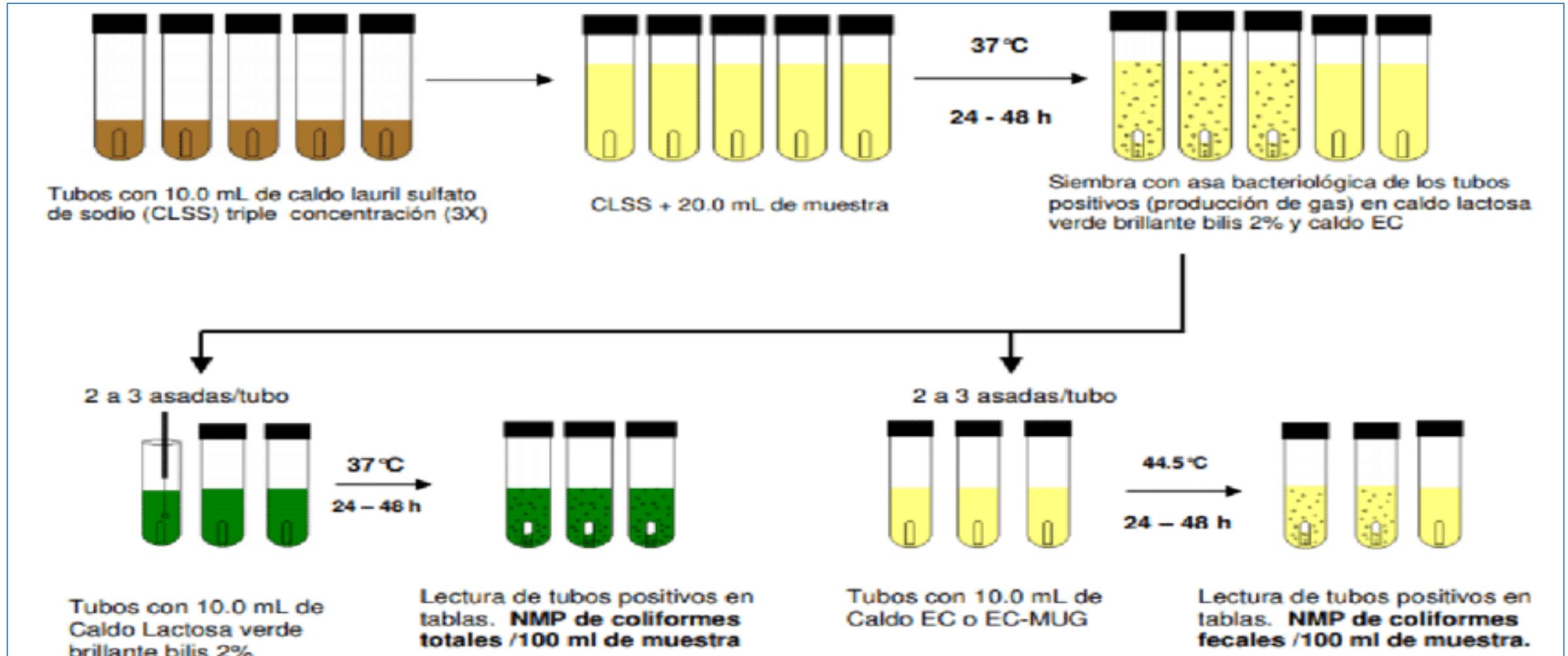
Número más probable (NMP)

Es un método ampliamente utilizado en microbiología para **estimar la concentración de microorganismos**, específicamente organismos indicadores, en una muestra dada. La prueba implica una serie de tres pasos:

- 1. Prueba presuntiva:** El primer paso es la prueba presuntiva. Implica inocular múltiples tubos de medio de crecimiento líquido con diferentes volúmenes de la muestra que se está analizando. El medio de cultivo utilizado contiene indicadores que pueden detectar la presencia de organismos indicadores, como E. coli. Estos indicadores promueven el crecimiento de organismos indicadores y provocan un cambio de color notable en el medio. **Los tubos que muestran crecimiento y un cambio de color característico se consideran positivos, lo que indica la presencia de organismos indicadores.**
- 2. Prueba Confirmada:** Después de la prueba presuntiva, los tubos que arrojaron resultados positivos se someten a la prueba confirmada. En este paso, una parte de los tubos positivos de la prueba presuntiva se transfiere a un medio de crecimiento secundario diseñado específicamente para confirmar la presencia de organismos indicadores. La prueba confirmada **ayuda a eliminar los falsos positivos que pueden haber ocurrido durante la prueba presuntiva, lo que garantiza resultados más precisos.**
- 3. Prueba Completa:** El paso final es la prueba completada. **Implica observar el crecimiento y el cambio de color en los tubos de la prueba confirmada.** Se registra el número de tubos que muestran resultados positivos. Basándose en la distribución estadística de reacciones positivas y negativas, **el MPN de organismos indicadores en la muestra se puede estimar consultando tablas de MPN o usando software estadístico.**



Diagrama del método NMP estándar para agua de consumo humano.



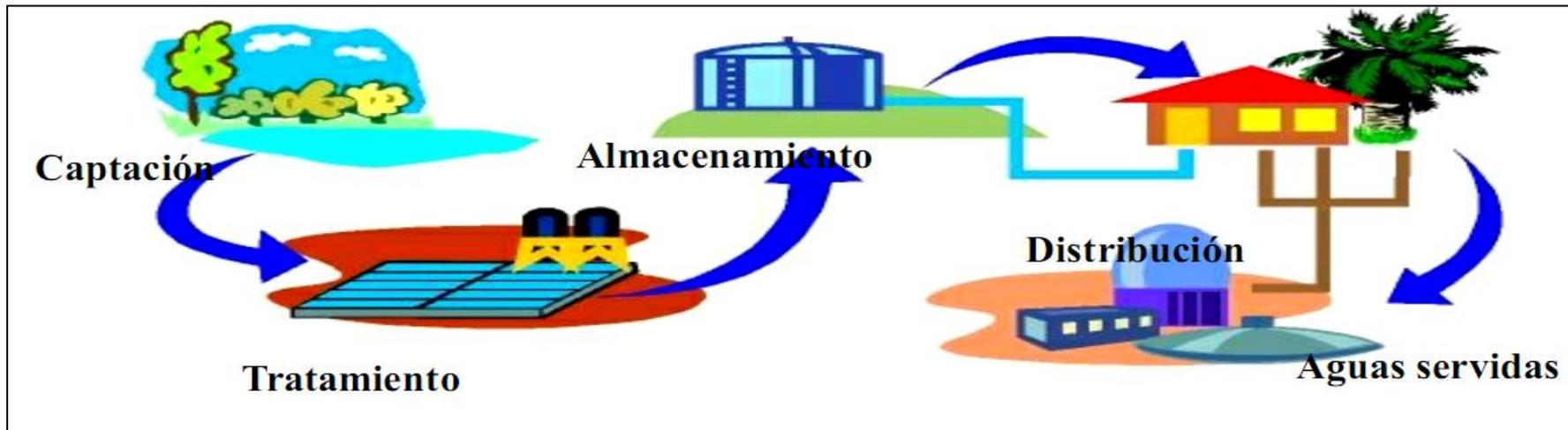


Características Microbiológicas del Agua Potable

- 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	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 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	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Conductividad ❖ pH ❖ Cloro residual³ 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cloruros ❖ Dureza ❖ Sulfatos ❖ Calcio ❖ Magnesio ❖ Sodio ❖ Potasio ❖ Zinc ❖ Aluminio ❖ Cobre 	❖ Sólidos Totales Disueltos	
C. Parámetros no deseado		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Nitratos ❖ Nitritos ❖ Amonio ❖ Hierro ❖ Manganeso ❖ Fluoruro ❖ Sulfuro de Hidrógeno 		
D. Parámetros Tóxicos orgánicos e inorgánicos		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Arsénico ❖ Cadmio ❖ Cianuro ❖ Cromo ❖ Mercurio ❖ Níquel ❖ Plomo ❖ Antimonio ❖ Selenio 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Orgánicos con significado para la salud ❖ Subproductos de la desinfección 	
E. Parámetros Microbiológicas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Coliformes Totales ❖ Coliformes Fecales 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 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.



Parámetros Bacteriológicos

- (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%.

ANEXO No.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

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		
	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	
A.3. 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		



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	

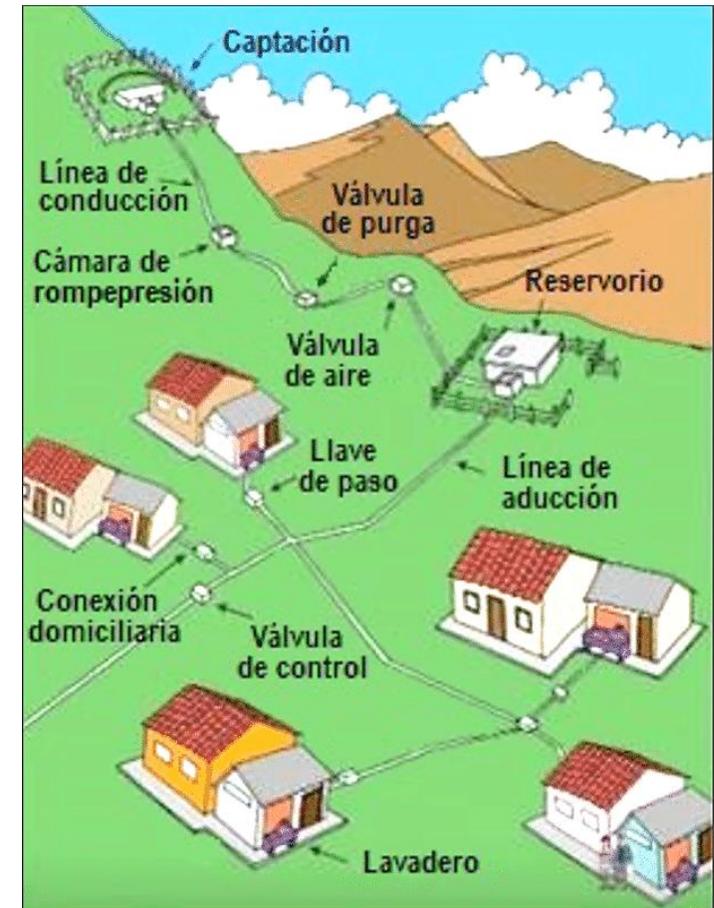
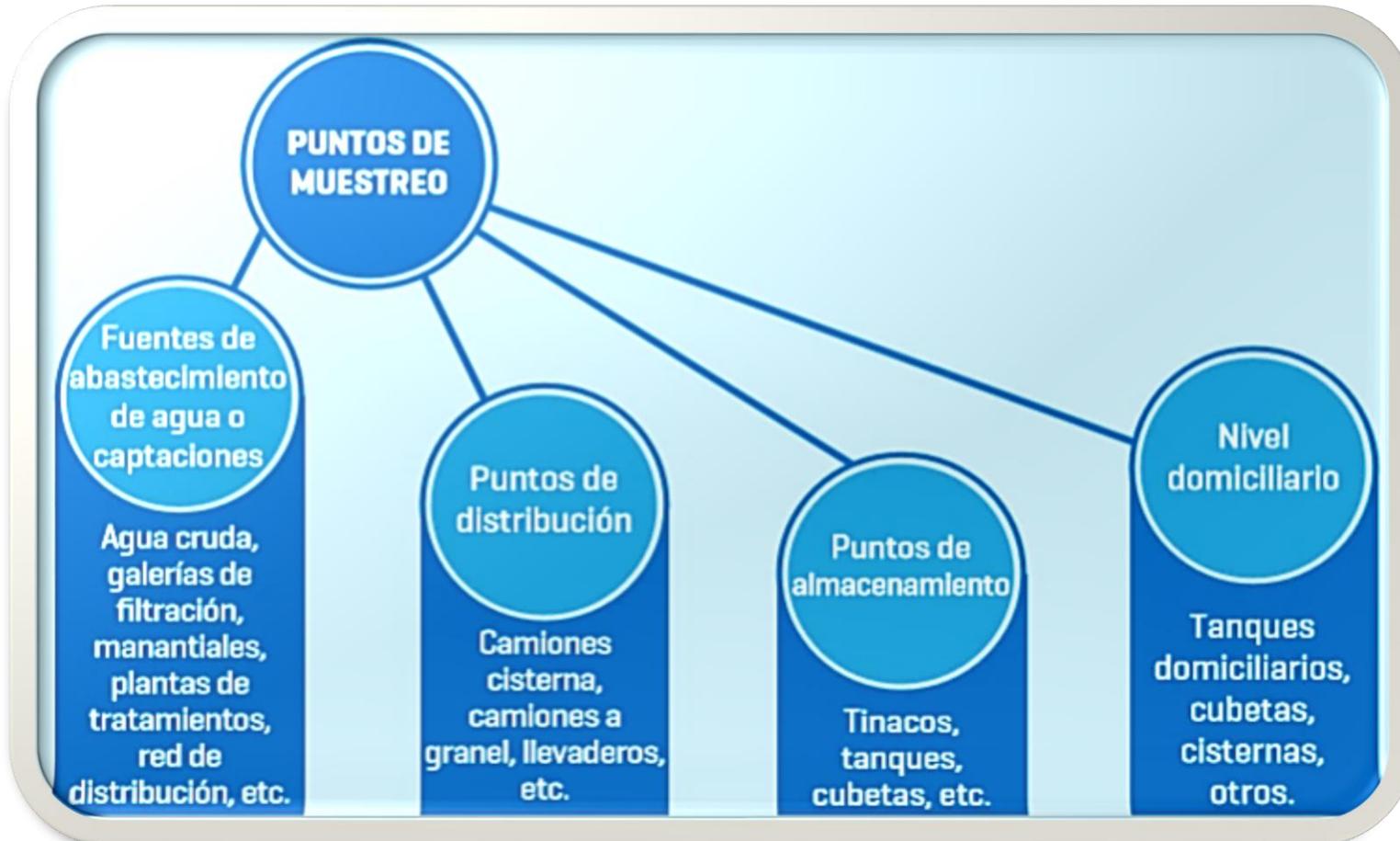
Frecuencia de Muestreo

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.



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:

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

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:

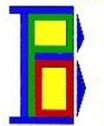
se recomienda conocer los indicadores de salud EDAS (morbilidad y mortalidad), prevalencia (%) de diarreas en menores de 5 años.



Conclusiones

- la Asamblea General de la ONU declaró **el agua de consumo humano limpia y segura y el saneamiento como un derecho humano esencial** para el pleno disfrute de la vida y todos los demás derechos humanos.
- Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo humano **representan una carga importante en la salud humana. Las intervenciones para mejorar la calidad del agua de consumo humano proporcionan beneficios significativos para la salud.**
- **La ausencia de E. coli no garantiza la ausencia de agentes patógenos** o de concentraciones de agentes patógenos por debajo de los niveles significativos para la salud pública.
- **Las aguas de muy alta calidad**, como las aguas subterráneas de acuíferos confinados, pueden depender de la protección de la fuente de agua y del sistema de distribución como las principales medidas de control para el suministro de agua de consumo humano segura. Sin embargo el agua superficial requiera el tratamiento del agua para eliminar o destruir los microorganismos patógenos. En muchos casos y dependiendo de la calidad del agua cruda , se requieren múltiples etapas de tratamiento.
- **El tratamiento domiciliario** del agua tienen el potencial de impactar de manera positiva y rápida en la salud **donde no hay posibilidades de tener agua entubada** y las personas dependen de fuentes de agua que podrían estar contaminadas **o donde el agua almacenada se contamina debido a la manipulación antihigiénica** durante el transporte o en la vivienda.
- En algunos casos podría ser necesario aumentar la desinfección del agua después de su tratamiento o durante su distribución. Si no puede mantenerse la calidad microbiológica, puede ser necesario recomendar a los consumidores que hiervan el agua mientras dure la situación de emergencia.

**¡Muchas
gracias!**



Ing. Pedro E. Ortiz

www.conasa.hn