

6. CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

6.1. *Introducción, microorganismos indicadores de contaminación*

6.2. *Criterios de calidad microbiológica*

6.- CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

6.1.- INTRODUCCIÓN. MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

Como se ha visto en capítulos precedentes, las aguas subterráneas no son en modo alguno invulnerables a la contaminación microbiológica. De hecho, los acuíferos libres (con materiales permeables sobre el nivel freático) y en especial los kársticos y fisurados, presentan una gran vulnerabilidad. Incluso acuíferos aislados por formaciones impermeables, que estarían protegidos de forma natural, dejan de estarlo cuando la incorrecta ejecución de sondeos los pone en comunicación con niveles de peor calidad o con el exterior.

Como la separación e identificación de todos los microorganismos de una muestra sería un proceso muy largo y costoso, se eligen unos "indicadores" que permiten la determinación rápida y fiable de la existencia de contaminación, para luego realizar un estudio de detalle si se precisa.

A continuación se resumen los principales microorganismos patógenos humanos que se pueden encontrar en un entorno hídrico.

VIRUS:

Virus de la Poliomielitis, poliovirus.
Coxsackie A y B.
Echovirus

Hepatitis A y E.

Reovirus humanos
Rotavirus humanos
Adenovirus humanos
Agente de Norwalk
Parvovirus

BACTERIAS:

Escherichia coli (algunos serotipos)
Staphylococcus s.p. (*Entre ellos S. aureus*)
Vibrio s.p.
Clostridium s.p. (*C. perfringens, C. tetani, C. botulinum*)
Campylobacter s.p. (*C. jejuni*)
Leptospira s.p. (*L. icterohaemorrhagiae*)
Pseudomonas s.p. (*P. aeruginosa*)
Listeria (*L. monocytogenes*)
Salmonella s.p.
Shigella s.p.
Yersinia s.p. (*Y. enterocolitica*)
Mycobacterium s.p.
Brucella s.p.
Legionella s.p.
Bacillus anthracis

PROTOZOOS:

Entamoeba histolytica
Giardia intestinalis
Balantium coli

HELMINTOS

Taenia saginata
Trichiuris trichiura
Ancylostoma duodenale
Schistosoma s.p.
Dhyphylobotrium latum
Strongyloides stercoralis
Ascaris lumbricoides
Enterobius vermicularis
Necator americanus
Hymenolepis nana
Fasciola hepática

MOHOS Y LEVADURAS:

Candida albicans

Aspergillus s.p. (Aspergillus fumigatus)

Las características que debe cumplir un microorganismo para ser empleado como indicador de contaminación son:

- No debe ser un poblador natural de las aguas en estudio
- Debe ser específico del proceso contaminante, por ejemplo, si se está estudiando la contaminación de un acuífero por el vertido de aguas residuales urbanas en un río (que recarga al acuífero) sería adecuado estudiar la presencia de *E. coli*, que procedería con seguridad del vertido
- La pervivencia del indicador en el agua ha de ser suficiente para que en el intervalo entre el vertido y el muestreo aún quede una cantidad representativa
- No deberían poder multiplicarse en las condiciones del acuífero, pues ello falsearía los resultados
- La técnica de análisis ha de ser sencilla, poco costosa y lo más específica posible. Conviene emplear, cuando ello es posible, métodos oficiales o métodos estándar a fin de garantizar la reproductibilidad del ensayo.

En vista de lo anteriormente expuesto, un análisis bacteriológico rutinario incluye:

- Recuento total de bacterias aerobias
- Coliformes totales
- Coliformes fecales (*E. coli*)

- Estreptococos fecales (del grupo D)

- Esporas de *Clostridium* sulfito reductores.

- Otras determinaciones específicas cuando se sospeche algún problema concreto.

- Cuando se disponga de las técnicas adecuadas conviene determinar la presencia de virus (enterovirus, adenovirus, reovirus).

La determinación de coliformes totales indica de forma muy inespecífica la existencia de contaminación. Los coliformes son un grupo muy heterogéneo de bacterias que agrupa a bacilos Gram negativos fermentativos, como *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Edwardsella*, *Citobacter*, etc. cuya procedencia puede ser fecal (se encuentran en el intestino del hombre y de los animales), pero también pueden proceder del suelo, polvo y agua. Por ello cuando se precisa determinar si la contaminación tiene origen fecal se recurre a los coliformes fecales, y más comúnmente a *E. coli*. Su presencia en el agua indica contaminación reciente, pero no ha de estar necesariamente ligada con organismos patógenos.

Los estreptococos fecales del grupo D proceden del intestino del hombre y de los animales. Estos organismos son un buen indicador al estar siempre ligados con las heces, empleándose como índice de desinfección. Son más resistentes a las condiciones ambientales, tratamiento térmico y agentes desinfectantes que *E. coli*

Los *Clostridium* sulfitorreductores son bacilos esporulados anaerobios (aunque

algunos pueden crecer en condiciones microaerófilas) encontrando como hábitat natural el suelo y el intestino del hombre y animales. Aunque la mayor parte son saprofitas del suelo, algunos (*C. botulinum*, *C. tetani*, *C. perfringens*) pueden causar graves enfermedades en el hombre. La capacidad de producir esporas les confiere una gran resistencia a las condiciones ambientales adversas, por lo que mucho después de que los microorganismos viables hayan desaparecido aun se encuentran esporas viables en el agua contaminada. Se pueden descubrir así procesos contaminantes antiguos o deficiencias en el tratamiento de las aguas.

Los indicadores citados son los comúnmente empleados al estar recogidos en la legislación, pues están ligados a la actividad humana que supone la fuente de riesgo, mas importante (desde un punto de vista microbiológico), no obstante, existen otras muchas actividades que producen vertidos con carga microbiana (industria alimentaria, papelera, conservera maderas, ganado, etc.) cuyos vertidos aportan un sustrato adecuado para el desarrollo bacteriano, si bien este tipo de contaminación no contiene en muchas ocasiones microorganismos patógenos representan una importante agresión al medio.

En el capítulo 4 se han descrito contaminantes microbianos frecuentes en actividades diferentes a la contaminación humana, muchos de ellos pueden ser empleados como indicadores, destacan:

Bacterias de la putrefacción como *P. aeruginosa*, *Proteus vulgaris*, etc

Bacterias de ambientes especiales

Desulfovibrio desulfuricans, *Thiobacillus ferrooxidans*, etc

Otras bacterias como *Sphaerotilus natans*.

Hongos como *Aspergillus*, *Fusarium*, etc.

6.2.- CRITERIOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Se resumen en este capítulo los criterios de calidad microbiológica que la legislación actual impone sobre las aguas de consumo.

A) AGUAS POTABLES DE CONSUMO PÚBLICO

La reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público, RD 1138/1990 de 14 de septiembre (BOE de 20 de septiembre) determina:

El número máximo de microorganismos incubados a 37°C y a 22°C (tabla 6.2)

Las aguas potables de consumo público no deberán contener organismos patógenos ni indicadores de contaminación fecal (tabla 6.1).

A fin de completar, dado que es necesario, el examen microbiológico de las aguas potables de consumo público, conviene buscar además de los microorganismos anteriormente citados, los microorganismos patógenos y en particular

- Las salmonellas
- Los estafilococos patógenos
- Los bacteriófagos fecales

Tabla 6.1 Nivel admitido de microorganismos en aguas para consumo público.

PARÁMETROS	VOLUMEN DE MUESTRA (ml)	NIVEL GUÍA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE	
			MÉTODO DE MEMBRANA FILTRANTE	MÉTODO DE TUBOS MÚLTIPLES (nmp)
Coliformes totales	100	--	0 (*)	NMP<1 (*)
Coliformes fecales	100	--	0	NMP<1
Estreptococos fecales	100	--	0	NMP<1
Clostridium sulfito reductores	20	--	--	NMP<=1

(*) Este valor en la red de distribución podrá ser rebasado en un 5% de las muestras como máximo, siempre que ninguna contenga más de 10 bacterias coliformes por 100 ml de agua y que en ningún caso se encuentren bacterias coliformes en dos muestras consecutivas.

- Los enterovirus

Por otro lado las aguas no deben contener

- Ni organismos parásitos
- Ni algas
- Ni otros elementos figurados (animáculos)

B) AGUAS DE BEBIDA ENVASADAS

En el RD 1164/1991 de 22 de julio se recoge la reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas

En esta reglamentación se define lo que se entiende como microbismo normal del agua: *es la flora bacteriana perceptiblemente constante, existente en el manantial con anterioridad a cualquier*

manipulación del mismo y cuya composición cualitativa y cuantitativa, tenida en cuenta para el reconocimiento de dicha agua, sea controlada periódicamente mediante los análisis pertinentes.

B-1) Aguas minerales naturales:

En los puntos de alumbramiento, el contenido total de microorganismos revivificables de un agua mineral natural deberá ajustarse a su microbismo normal y manifestar una protección eficaz del manantial contra toda contaminación. A título orientativo, el contenido total de microorganismos revivificables no debería normalmente superar, respectivamente, 20 colonias por mililitro después de incubación a 20 - 22 °C durante setenta y dos horas y cinco colonias por mililitro después de incubación a 37 °C durante veinticuatro

Tabla 6.2.- Concentración máxima de microorganismos en aguas potables.

PARÁMETROS	T° INCUBACIÓN	RESULTADOS VOLUMEN DE MUESTRA (ml)	NIVEL GUÍA	CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE
Recuento de los gérmenes totales en las aguas destinadas al consumo	37 °C	1	10 (1) (2)	--
	22 °C	1	100 (1) (2)	--
Recuento de los gérmenes totales para las aguas acondicionadas	37 °C	1	5	20
	22 °C	1	20	100
(1) Para las aguas desinfectadas, los valores correspondientes habrán de ser netamente inferiores a la salida de la estación de tratamiento (2) Toda extralimitación de estos valores que persista durante sucesivas extracciones de muestras, habrá de estar sujeto a comprobación.				

horas

Tras el envasado, dicho contenido no podrá pasar de 100 colonias por mililitro después de incubación a 20 - 22 °C durante setenta y dos horas en placas de agar o de mezcla agar-gelatina, y de 20 por mililitro después de incubación a 37 °C durante veinticuatro horas en placas de agar. El recuento deberá efectuarse en las doce horas siguientes al envasado, durante este tiempo, el agua deberá mantenerse a una temperatura entre 4 °C y 1 °C

Tanto en los puntos de alumbramiento como durante su comercialización, un agua mineral natural deberá estar exenta de:

a) Parásitos y microorganismos patógenos

b) *Escherichia coli* y otros coliformes, y de estreptococos fecales, en 250 mililitros de la muestra examinada.

c) Clostridios sulfitorreductores, en 50 mililitros de la muestra examinada

d) *Pseudomonas aeruginosa*, en 250 mililitros de la muestra examinada

Sin perjuicio de lo establecido en los anteriores apartados, el contenido total de microorganismos revivificables del agua mineral natural sólo podrá resultar de la evolución normal del contenido en gérmenes que tuviera en los puntos de alumbramiento

B-2) Aguas de manantial:

Cumplirán los criterios fijados para las aguas minerales naturales en el apartado B-1.

B-3) Aguas preparadas:

En los puntos de alumbramiento, deberán

cumplir los requisitos establecidos para las aguas destinadas a la producción de agua potable de consumo público, antes de efectuarse tratamientos, de acuerdo con lo establecido en la Orden de 11 de mayo de 1988, sobre características básicas de calidad que deben ser mantenidas en corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de aguas potables (BOE del 24).

Efectuada la preparación, cumplirán las exigencias establecidas para las aguas minerales naturales en el apartado B-1.

B-4) Aguas de consumo público envasadas:

En todas sus especificaciones deberán ajustarse, al menos, a lo establecido para las aguas potables de consumo público en la vigente Reglamentación Técnico Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, aprobada por el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre.