

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUAS

INDICADORES QUÍMICOS:

La contaminación fecal del agua produce dos hechos notables desde un punto de vista sanitario: a) la incorporación de un gran número de microorganismos pertenecientes a la flora fecal, y b) la incorporación de materias orgánicas fecales. El primero de ellos justifica el empleo de indicadores microbiológicos mientras que la incorporación de materias fecales deberá condicionar el tipo de indicadores químicos.

Los indicadores químicos de contaminación fecal que han sido considerados clásicamente son: materia orgánica, cloruros, nitratos, nitritos y amonio.

Materia orgánica:

La materia orgánica es el principal elemento de la contaminación fecal, por lo que su presencia–ausencia es uno de los mejores indicadores de la existencia de dicha contaminación. Es posible considerarla como indicador, pues siempre está presente en este tipo de contaminación, es fácilmente detectable y cuantificable en un laboratorio.

Cloruros:

A los cloruros se les ha dado el carácter de indicador debido a que se encuentran en gran cantidad en la orina del hombre y animales. No obstante han perdido valor como indicador de contaminación fecal debido a que se encuentran presentes en todo tipo de aguas, a veces en concentraciones excesivas, debido a la sobreexplotación de acuíferos e intrusiones de aguas marinas.

Nitratos, nitritos y amonio se producen en los procesos de desaminación y nitrificación que sufre la materia orgánica tras la contaminación fecal, a expensas de la propia flora microbiana de las heces:

Materia orgánica ! NH_4^+ ! NO_2^- ! NO_3^-

Amonio:

El amonio, al producirse en el primer paso de la mineralización, constituye probablemente el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal en las aguas. Es el principal indicador químico de contaminación fecal, pues el cuerpo los expulsa en esta forma, lo que supone que indica una contaminación reciente.

Nitritos:

Los nitritos, en cambio, constituyen un paso intermedio en el proceso de oxidación, por lo que el contenido es variable y no muestra buena correlación con el grado o la antigüedad de la contaminación fecal. Son indicadores de contaminación fecal a medio–corto plazo, ya que desde que se produce la contaminación hasta que aparecen los nitritos debe pasar un tiempo no excesivamente largo.

Nitratos:

En cuanto a los nitratos, debido a su amplia utilización como abono agrícola, también se pueden encontrar, sobre todo en las aguas subterráneas, en concentraciones excesivas, por lo que han perdido gran parte de su valor como indicadores. Aún así, se consideran como indicadores de contaminación fecal a largo plazo, pues es el estado más oxidado del amonio, lo que hace pensar que un agua con nitratos es un agua que fue

contaminada hace tiempo y que no se ha repetido el vertido.

Otros:

Con frecuencia también se utilizan diversas sustancias tales como fosfatos, clorofila, turbidez, etc. El coprostanol, uno de los esteroides más abundantes en heces humanas, se ha utilizado también como indicador químico de contaminación fecal específico de heces humanas, obteniéndose buenas correlaciones con coniformes fecales y clostridios sulfito-reductores.

Los indicadores microbiológicos y químicos se correlacionan aceptablemente, aunque a veces esta correlación depende del tipo de muestras y condiciones de las aguas, por lo que los parámetros químicos facilitan el control de la contaminación fecal, ya que su determinación requiere un menor tiempo.

INDICADORES BIOLÓGICOS:

Bacterias:

La contaminación fecal ha sido, y sigue siendo, el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos procedentes de enfermos y portadores, y la transmisión hídrica a la población susceptible. Por ello el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

Para la investigación del agua se requiere la búsqueda y aplicación de indicadores biológicos de contaminación fecal, aceptándose de forma universal que deberían cumplir los siguientes criterios:

- 1.- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- 2.- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- 3.- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- 4.- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- 5.- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.
- 6.- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas (su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal).
- 7.- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- 8.- No debe ser patógeno.

No existe ningún microorganismo que cumpla con todos estos requisitos de un indicador ideal, por lo que se toman los que más de estas características cumplen.

Teniendo en cuenta estos criterios, los indicadores microbiológicos de contaminación fecal clásicos han sido aquellos microorganismos de la flora saprofita del intestino, que se encuentran muy abundantes y en el mayor número de individuos de la población.

Los grupos de microorganismos más habituales en heces humanas son *Bacteroides fragilis*, coniformes totales y fecales, *Escherichia coli* y estreptococos fecales. Muchos de estos microorganismos no son exclusivos del intestino humano, sino que forman parte también de la flora intestinal de diversos animales de sangre caliente.

Esto es importante, ya que la contaminación fecal causada por animales puede entrañar riesgos sanitarios, por lo que hay que considerar los microorganismos más abundantes y frecuentes en las heces de los animales, sobre todo en los de producción (vaca, cerdo, oveja, caballo, gallina, pato y pavo). En todos ellos encontramos coniformes y estreptococos fecales, aunque su abundancia relativa es mayor en los estreptococos fecales.

Otro aspecto importante es la capacidad de supervivencia, que al depender de las características del medio, no se podrá establecer como periodos de tiempo exactos para las distintas especies, pero si que es de gran importancia la resistencia relativa.

A la hora de elegir un microorganismo como indicador de contaminación fecal también hay que tener en cuenta la facilidad de su cultivo.

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44,5° C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coniformes presentes en heces están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coniformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal.

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a coliformes totales y fecales.

La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad

En aguas tratadas los coliformes totales actúan funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución.

El empleo de la relación CF/EF (Coliformes Fecales/Estreptococos Fecales) puede ser de gran utilidad para la determinación del origen humano o animal de la contaminación. Cuando el cociente CF/EF es mayor de 4 se trataría de una contaminación fecal de origen humano; cuando CF/EF es menor de 0,7 la contaminación es de origen animal; y en el intervalo entre 4 y 0,7 no se puede interpretar el origen de la contaminación, e incluso puede tratarse de una contaminación mixta humana-animal.

Las bacterias aerobias heterótrofas, no representan a ningún grupo de bacterias en particular pero tienen una gran utilidad para evaluar la calidad de las aguas, ya que reflejan la carga total microbiana. Se utilizan los recuentos a 22 y a 37° C, aunque este último tiene más interés sanitario.

Los *Streptococcus fecales* son bacterias integrantes de la flora normal de los animales homeotérmicos. Actualmente se considera que los estreptococos fecales pertenecen a dos géneros: *Enterococcus* y *Streptococcus*.

Todos los enterococos presentan alta tolerancia a condiciones ambientales adversas altas o bajas temperaturas, deshidratación, salinidad, luz solar), por lo que se suelen emplear para determinar la contaminación fecal en aguas de baño marítimas, pues son las que mejor soportan esas condiciones de salinidad.

El género estreptococos reúne a dos especies, más abundantes en heces de animales, por lo que son muy utilizadas en zonas donde sea abundante la cría de ganado.

Clostridium perfringens es de origen fecal y no es patógeno en el intestino de los animales homeotérmicos. No es exclusivamente fecal se encuentra en suelos y aguas contaminadas. Por ser una bacteria esporulada tolera elevadas temperaturas y desecación, pH extremos y falta de nutrientes, entre otras condiciones adversas.

Esta resistencia elevada la convierte en un indicador apropiado de contaminación fecal antigua, intermitente, también cuando las descargas domésticas se mezclan con las industriales que tienen un pH extremo que mata a las bacterias no esporuladas, o cuando hay altas temperaturas que también eliminan las formas vegetativas de las bacterias. Es de gran utilidad cuando los coliformes están ausentes, pues indicará contaminación fecal antigua. Por otro lado, esa resistencia elevada limita su uso, pues no puede ser aplicado como indicador de la eficiencia de tratamientos de aguas residuales, pues estará presente en los efluentes después de la eliminación de los patógenos. O sea, que su número no reflejará el verdadero grado de contaminación fecal.

Es un buen indicador de la eficiencia del tratamiento de aguas manantiales. Cuando está presente en el agua potabilizada y desinfectada indica fallos en el tratamiento o en la desinfección. Su presencia en aguas cloradas se asocia con deficiencias en la filtración.

Virus:

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

Más de 140 virus patógenos pueden ser transmitidos al hombre a través del agua. Estos son los virus entéricos eliminados a través de las heces de personas infectadas. Los más comunes son los virus causantes de gastroenteritis y el virus de la hepatitis.

Algunos virus son más resistentes a la desinfección que los coliformes, por lo que los indicadores habituales de contaminación bacteriana no evalúan de manera eficiente la presencia o ausencia de virus en el agua.

El poliovirus ha sido propuesto como indicador viral. Sin embargo, las cantidades de este virus encontradas en ambientes acuáticos son demasiado variable para que sea considerado un buen indicador. Además de estas variaciones, la detección de virus entéricos requiere laboratorios especializados y los resultados tardan varios días. Estas dificultades en el uso de enterovirus como indicadores de contaminación fecal en el agua ha llevado a la búsqueda de indicadores alternativos que sean de rápida y fácil detección y que permitan prever el comportamiento de los enterovirus en el medio ambiente. Estos indicadores son los fagos.

Se han propuesto dos tipos de fagos: colifagos somáticos y colifagos F específicos. Los argumentos que validan la propuesta son:

- Los fagos se encuentran abundantemente en agua residual y agua contaminada.
- Las poblaciones de colifagos son mucho más grandes que las de enterovirus.
- Los colifagos son incapaces de reproducirse fuera del huésped bacteriano.
- Los colifagos se pueden aislar y contar usando métodos sencillos.
- Se obtienen resultados más rápidos cuando se analizan los colifagos que cuando se trabaja con enterovirus.
- Ciertos colifagos son tan resistentes como los enterovirus a los procesos de desinfección.

Los colifagos se relacionan directamente con su huésped bacteriano específico *E. coli*. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, los coliformes fecales no son buenos indicadores de contaminación fecal, ya que desaparecen rápidamente. Por tanto, es mejor usar microorganismos más resistentes.

Los colifagos están presentes en cantidades bajas en las heces humanas y en animales homeotérmicos., pero están en números elevados en aguas residuales. Invariablemente estarán en aguas que contienen *E. coli* y por

tanto serán indicadores de contaminación fecal. Por ser más resistentes a los factores ambientales y a la cloración que los coliformes y que todas las bacterias en general, su presencia en plantas potabilizadoras indican fallas en algún paso del tratamiento, en especial en la cloración.

Parásitos:

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa y una forma resistente. La forma de resistencia de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los tratamientos convencionales de agua residual.

Los huevos de helminto son un grupo de organismos que incluye a los nemátodos, tremátodos y cestodos.

El estudio de huevos de helminto a nivel ambiental ha hecho necesaria la selección de un parásito indicador debido a las limitaciones en la detección a nivel de laboratorio. *Ascaris lumbricoides* se ha sugerido como un buen indicador del comportamiento de los huevos de helminto. Sus ventajas son:

- Persiste en el medio ambiente por muchos meses, pero no se multiplica.
- Se puede identificar fácilmente.
- El índice de parasitismo a nivel mundial es muy alto.
- El riesgo de transmisión es alto, debido a la alta concentración de huevos que se puede encontrar.

1ºSAD

Indicadores de contaminación fecal en aguas

2

– AGUAS DE USO Y CONSUMO –