

PARAMETROS DE CALIDAD DE LAS AGUAS

[http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id lib tecnica=6](http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6)

Lecho mixto > Parámetros físico-químicos del agua

Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. Algunos de estos parámetros se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta.

Los parámetros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: físicos, químicos, biológicos y radiológicos.

PARAMETROS FISICOS

SABOR Y OLOR

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^{2-} . El CO_2 libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables.

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes.

El agua pura sólo es azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso, y un potencial espumante en su uso en calderas.

Las medidas de color se hacen normalmente en laboratorios, por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2CO , y cloroplatinato de potasio, y se expresa en una escala de unidades de Pt-CO (unidades Hazen) o simplemente Pt. Las aguas subterráneas no suelen sobrepasar valores de 5 ppm de Pt, pero las superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm.

Según el origen del color los principales tratamientos de eliminación pueden ser la

coagulación y filtración, la cloración, o la adsorción en carbón activo.

TURBIDEZ

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además interfiere con la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua.

La medición se hace por comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias. La medición en ppm de SiO₂ fue la más utilizada, pero existen diferencias en los valores obtenidos según la sílice y la técnica empleada por un laboratorio u otro. Existen diversos tipos de turbidímetros modernos dando valores numéricos prácticamente idénticos. El fundamento del turbidímetro de Jackson es la observación de una bujía a través de una columna del agua ensayada, cuya longitud se aumenta hasta que la llama desaparece. Con una célula fotoeléctrica se mejora la medida. El aparato se puede calibrar mediante suspensiones de polímero de formacina, con lo cual se deriva a una escala en unidades de formacina. En el nefelómetro se mide la intensidad de luz difractada al incidir un rayo luminoso sobre las partículas en suspensión y recogida sobre una célula fotoeléctrica.

La unidad nefelométrica (NTU o UNF), la unidad Jackson (JTU), y la unidad de formacina (FTU) se pueden intercambiar a efectos prácticos.

Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1ppm son muy transparentes y permiten ver a su través hasta profundidades de 4 ó 5 m.

Con 10 ppm, que sería el máximo deseable para una buena operación de los filtros, la transparencia se acerca al metro de profundidad. Por encima de 100 ppm la transparencia está por debajo de los 10 cm y los filtros se obstruyen rápidamente.

La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductivímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prima rectangular comparada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20 grados centígrados. La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad de un agua, siempre que:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante.

La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas se expresa convenientemente en megaohm-centímetro. La conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como microsiemens por centímetro.

Para el agua ultrapura los valores respectivos son de 18,24 Mohms.cm y 0,05483 ps/cma 25 grados centígrados.

PARAMETROS QUIMICOS

pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como $\text{pH} = \log(1/[\text{H}^+])$. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua.

La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

Su medición se realiza fácilmente con un pHmetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH. Los valores del pH han de ser referidos a la temperatura de medición, pues varían con ella. El pH se corrige por neutralización.

DUREZA

La dureza, debida a la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio, mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones. Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales, siendo la principal fuente de depósitos e incrustaciones en calderas, intercambiadores de calor, tuberías, etc. Por el contrario, las aguas muy blandas son agresivas y pueden no ser indicadas para el consumo.

Existen distintas formas de dureza:

- Dureza total o título hidrométrico, TH. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} . Se puede distinguir entre la dureza de calcio, THCa , y la dureza de magnesio, THMg .
- Dureza permanente o no carbonatada. Mide el contenido total de iones Ca^{++} y Mg^{++} después de someter el agua a ebullición durante media hora, filtración y recuperación del volumen inicial con agua destilada. El método es de poca exactitud y depende de las condiciones de ebullición.
- Dureza temporal o carbonatada. Mide la dureza asociada a iones $\text{CO}_3 \text{H}^-$, eliminable por ebullición, y es la diferencia entre la dureza total y la permanente.

Si la dureza es inferior a la alcalinidad toda la dureza es carbonatada, pero si la dureza es superior a la alcalinidad hay una parte de dureza no carbonatada, asociada a otros aniones. La dureza de carbonatos es igual al valor m si $\text{TH} > m$, e igual a TH si $\text{TH} < m$. La dureza no carbonatada sólo existe en el primer caso y es igual a $\text{TH} - m$.

La dureza se puede expresar como meq/l, en ppm de CO_3Ca , o en grados hidrométricos de los cuales el más común es el francés (ver medida de la concentración en soluciones acuosas). Las aguas con menos de 50 ppm en CO_3Ca se llaman blandas, hasta 100 ligeramente duras, hasta 200 moderadamente duras, y a partir de 200 ppm muy duras.

Es frecuente encontrar aguas con menos de 300 ppm como CO_3Ca , pero pueden llegar a 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

La medición puede hacerse por análisis total o por complexometría con EDTA. Existe una forma sencilla y aproximada que utiliza agua jabonosa por el gran consumo de jabón de las aguas duras.

Para disminuir la dureza las aguas pueden someterse a tratamiento de ablandamiento o desmineralización. En las calderas y circuitos de refrigeración se usan complementariamente tratamientos internos. La estabilidad de las aguas duras y alcalinas se determina mediante índices específicos.

ALCALINIDAD

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, $\text{CO}_3^{=}$, y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

Se distingue entre la alcalinidad total o título alcalimétrico total, TAC, medida por adición de ácido hasta el viraje del anaranjado de metilo, a pH entre 4.4 y 3.1, también conocido como alcalinidad m, y la alcalinidad simple o título alcalimétrico, TA, medida por el viraje de la fenofaleína, a pH entre 9.8 y 8.2, conocido como alcalinidad p. A partir de ambas mediciones se pueden determinar las concentraciones en carbonato, bicarbonato e hidróxido.

Se mide en las mismas unidades que la dureza.

La alcalinidad se corrige por descarbonatación con cal; tratamiento con ácido, o desmineralización por intercambio iónico.

COLOIDES

Es una medida del material en suspensión en el agua que, por su medida alrededor de los 10-4/ 10-5 mm, se comporta como una solución verdadera y, por ejemplo, atraviesa el papel de filtro. Los coloides pueden ser de origen orgánico (ejemplo, macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (ejemplo, óxido de hierro y manganeso). En aguas potables puede ser una molestia sólo de tipo estético.

La dificultad de sedimentación se salva con un proceso de coagulación - floculación previo. Si se debe a DBO en aguas residuales se puede tratar biológicamente. La filtración es insuficiente y requiere un proceso de ultrafiltración.

ACIDEZ MINERAL

La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es raro que las aguas naturales presenten acidez, sin embargo las aguas superficiales pueden estar contaminadas por ácidos de drenajes mineros o industriales. Pueden afectar a tuberías o calderas por corrosión. Se mide con las mismas unidades de la alcalinidad, y se determina mediante

adición de bases. Se corrige por neutralización con álcalis.

SOLIDOS DISUELTOS

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico o inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por si solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de sólidos disueltos puede ser objeccionable por la posible interferencia en procesos de fabricación, o como causa de espuma en calderas.

Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición, incluyendo la precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa.

SOLIDOS EN SUSPENSION

Los sólidos en suspensión (SS), son una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después de secado. Son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las conducciones, calderas, equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficiales varía mucho en función del origen y las circunstancias de la captación. Se separan por filtración y decantación.

SOLIDOS TOTALES

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión.

RESIDUO SECO

El residuo seco es el peso de los materiales después de evaporar un litro de agua. Si ésta ha sido previamente filtrada, corresponderá al peso total de sustancias disueltas, sean volátiles o no. Conviene fijar la temperatura a que se ha realizado la evaporación. Si se ha hecho a 105 grados centígrados pueden haber bicarbonatos, agua de hidratación y materias orgánicas. A 180 grados centígrados los bicarbonatos han pasado a carbonatos, se ha desprendido el agua de cristalización y se habrá desprendido o quemado la materia volátil. El residuo a calcinación es menor que los anteriores ya que los carbonatos se destruyen perdiendo CO₂.

CLORUROS

El ion cloruro, Cl⁻, forma sales en general muy solubles. Suele ir asociado al ión Na⁺, especialmente en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 25 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. El agua de mar contiene alrededor de 20.000 ppm. ç

El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. A partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido - metal y reaccionar con el hierro estructural.

Se valora con nitratos de plata usando cromatos potásico como indicador.

Se separa por intercambio iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un pulido final.

SULFATOS

El ión sulfato, SO_4^{2-} , corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como SO_4Ca , la presencia de otras sales aumenta su solubilidad.

La determinación analítica por gravimetría con cloruros de bario es la más segura. Si se emplean métodos complexométricos hay que estar seguro de evitar las interferencias. No afecta especialmente al agua en cantidades moderadas. Algunos centenares de ppm perjudican la resistencia hormigón. Industrialmente es importante porque, en presencia de iones calcio, se combina para formar incrustaciones de sulfato cálcico. Su eliminación se realiza por intercambio iónico.

NITRATOS

El ión nitrato, NO_3^- , forma sales muy solubles y bastante estables, aunque en medio reductor puede pasar a nitrito, nitrógeno, o amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas, principalmente por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm.

Concentraciones elevadas en las aguas de bebida pueden ser la causa de cianosis infantil. Industrialmente no tiene efectos muy significativos, e incluso es útil para controlar la fragilidad del metal de las calderas.

Su determinación en el laboratorio es complicada y se realiza en general por espectrofotometría, resultante de la absorción de la radiación UV por el ión nitrato.

Se elimina por intercambio iónico, pero no es un método económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes. Están en desarrollo procesos de eliminación biológicos.

Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos, determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas.

FOSFATOS

El ión fosfato, PO_4^{3-} , en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente

como fosfato cálcico. Al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas.

En general no se encuentran en el agua más de 1 ppm, pero pueden llegar a algunas decenas debido al uso de fertilizantes. Puede ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales. No suele determinarse en los análisis de rutina, pero puede hacerse colorimétricamente.

FLUORUROS

El ión fluoruro, F⁻, corresponde a sales de solubilidad en general muy limitada. No suele hallarse en proporciones superiores a 1 ppm. Tiene un efecto beneficioso sobre la dentadura si se mantiene su contenido alrededor de 1 ppm, y por este motivo se agrega a veces al agua potable. Su análisis suele hacerse por métodos colorimétricos.

SILICE

La sílice, SiO₂, se encuentra en el agua disuelta como ácido silícico, SiO₄H₄, y como materia coloidal. Contribuye ligeramente a la alcalinidad del agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a 100 ppm, especialmente si son aguas bicarbonatadas sódicas. Se determina analíticamente por colorimetría.

La sílice tiene mucha importancia en los usos industriales porque forma incrustaciones en las calderas y sistemas de refrigeración, y forma depósitos insolubles sobre los álabes de las turbinas. Su eliminación se consigue parcialmente por precipitación pero fundamentalmente mediante resina de intercambio iónico fuertemente básicas.

BICARBONATOS Y CARBONATOS

Existe una estrecha relación entre los iones bicarbonato, CO₃H⁻, carbonato, CO₃⁼, el CO₂ gas y el CO₂ disuelto.

A su vez el equilibrio está afectado por el pH. Estos iones contribuyen fundamentalmente a la alcalinidad del agua.

Los carbonatos precipitan fácilmente en presencia de iones calcio. Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8,3 no hay prácticamente ión bicarbonato. El agua de mar tiene unos 100 ppm de ión bicarbonato.

OTROS COMPONENTES ANIONICOS

Los sulfuros, S⁼, y el ácido sulfídrico son característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen mucho menos de 1 ppm. Comunican muy mal olor al agua, lo cual permite su detección. Son especialmente corrosivos para las aleaciones de cobre.

Los compuestos fenólicos afectan la potabilidad del agua, produciendo olores y gustos muy desagradables, especialmente después de su cloración.

Los detergentes son sólo muy ligeramente tóxicos pero presentan problemas de formación de espumas, y pueden interferir en los procesos floculación y coagulación, y

afectar la oxigenación del agua.

Los ácidos húmicos pueden afectar ciertos procesos de pretratamiento e intercambio iónico.

SODIO

El ión sodio, Na^+ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Suele estar asociado al ión cloruro. El contenido en aguas dulces suele estar entre 1 y 150 ppm, pero es fácil encontrar valores muy superiores, de hasta varios miles de ppm. El agua de mar contiene cerca de 11.000 ppm. Es un indicador potencial de corrosión.

La determinación analítica se hace por fotometría de llama. En los análisis rutinarios el ión sodio no se determina sino que se calcula como diferencia entre el balance de aniones y cationes.

El sodio se elimina por intercambio iónico, pero como ión monovalente es una de las primeras sustancias que fugan de la columna catiónica o del lecho mixto.

POTASIO

El ión potasio, K^+ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm y el agua de mar contiene alrededor de 400 ppm, por lo cual es un catión mucho menos significativo que el sodio.

Su determinación se hace por fotometría de llama. En los análisis rutinarios se elimina al sodio. Se elimina por intercambio iónico.

CALCIO

El ión calcio, Ca^{++} , forma sales desde moderadamente solubles a muy insolubles. Precipita fácilmente como CO_3Ca .

Contribuye de forma muy especial a la dureza del agua y a la formación de incrustaciones. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 ppm, o incluso 600 ppm. El agua de mar contiene unos 400 ppm.

Se determina analíticamente por complexometría con EDTA o NTA.

La eliminación del calcio se realiza por precipitación e intercambio iónico.

MAGNESIO

El ión magnesio, Mg^{++} , tiene propiedades muy similares a las del ión calcio, pero sus sales son, en general, más solubles y difíciles de precipitar; por contrario, su hidróxido, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, es menos soluble.

Las aguas dulces suelen contener entre 1 y 100 ppm, y el agua de mar contiene unos 1300 ppm. Cuando el contenido en agua alcanza varios centenares le da un sabor

amargo y propiedades laxantes, que pueden afectar su potabilidad.

Contribuye a la dureza del agua y a pH alcalino puede formar incrustaciones de hidróxido.

Su determinación analítica se realiza por complexometría.

Se puede precipitar como hidróxido pero su eliminación se realiza fundamentalmente por intercambio iónico.

HIERRO

El ión hierro se puede presentar como ión ferroso, Fe^{++} , o en la forma más oxidada de ión férrico, Fe^{+3} . La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solubilidad, presencia de materias orgánicas acomplejantes, etc. La presencia de hierro puede afectar a la potabilidad del agua y, en general, es un inconveniente en las aguas industriales por dar lugar a depósitos e incrustaciones.

Las condiciones de estabilidad hacen que las aguas subterráneas normalmente sólo contengan Fe^{++} disuelto.

La concentración suele estar entre 0 y 10 ppm de Fe^{++} , pero al airear el agua precipita $Fe(OH)_3$, de color pardo-rojizo, y el contenido en ión disuelto se reduce a menos de 0,5 ppm. Sólo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm.

Se determina analíticamente por colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica, dando el hierro total que incluye las formas soluble, coloidal y en suspensión fina.

Por aireación del agua la forma ferrosa pasa a férrica y precipita, o bien se elimina por coagulación y filtración. También se puede emplear el intercambio catiónico.

MANGANESO

El ion manganeso se comporta en muchos aspectos de forma similar al hierro. Además de actuar con 2 y 3 cargas positivas, actúa con valencia +4 formando el MnO_2 insoluble. Rara vez el agua contiene más de 1 ppm, y entonces requiere un pH ácido. La forma más general es la Mn^{++} , que por aeración oxidativa da un precipitado negrozco de MnO_2 .

Igual que el hierro, forma compuestos orgánicos estables. Se determina por oxidación a permanganato y colorimetría de la solución oxidada y espectrometría de absorción atómica.

METALES TOXICOS

Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Las mediciones analíticas se realizan en general por espectrofotometría de absorción

atómica.

GASES DISUELTOS

El dióxido de carbono, CO_2 , es un gas relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua. Las aguas subterráneas profundas pueden contener hasta 1500 ppm, pero en las aguas superficiales se sitúa entre 1 y 30 ppm. Un exceso de CO_2 hace al agua corrosiva, factor importante en las líneas de vapor y condensados. Se elimina por aeración, desgasificación o descarbonatación.

El oxígeno, O_2 , por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilidad o precipitación de iones que presentan una forma insoluble. Su presencia es vital para todas las formas de vida superior y para la mayoría de microorganismos. Es el parámetro más importante en el control de la calidad de las aguas superficiales en causas naturales. Provoca la corrosión de los metales, en líneas y equipos; pero su ausencia puede representar la presencia de otros gases objeccionables tales como metano, sulfhídrico, etc. Existen sondas específicas para medir el oxígeno disuelto en el agua. Se elimina por desgasificación, o mediante reductores como el sulfito sódico y la hirazina.

El ácido sulfhídrico, SH_2 , causa un olor a huevos podridos y es causa de corrosión. Se puede eliminar por aireación u oxidarlo por cloración. También se elimina con un intercambiador aniónico fuerte.

El amoníaco, NH_3 , es un indicador de contaminación del agua, y en forma no iónica es tóxico para los peces.

Al clorar el agua a partir del amoníaco se forman cloraminas, también tóxicas. Provoca la corrosión de las aleaciones de cobre y zinc, formando un complejo soluble. Se puede medir con electrodos específicos o por colorimetría con el reactivo de Nessler. Se elimina por desgasificación, o intercambio catiónico.

PARAMETROS INDICATIVOS DE CONTAMINACION ORGANICA Y BIOLOGICA

Tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales.

La descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmico y fúlvico y a materias colorantes.

Los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos.

Los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos, tales como aceites y disolventes.

De la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas y pesticidas, etc. La concentración de estos compuestos orgánicos en el agua no es constante, sino variable por múltiples causas, y obliga a ajustes permanentes en las plantas de tratamiento. El uso de tratamientos biológicos para su eliminación implica el uso de parámetros de

medida menos específicos que los que miden radicales químicos, y que sin embargo permitan el control de las unidades de tratamiento.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO5) y se mide en ppm de O₂. Las aguas subterráneas suelen contener menos de 1 ppm. Un contenido superior es indicativo de contaminación. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas residuales industriales su concentración es totalmente dependiente del proceso de fabricación pudiendo alcanzar varios miles de ppm. Su eliminación se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por las materias oxidables contenidas en el agua, y también se expresa en ppm de O₂. Indica el contenido en materias orgánicas oxidantes y otras sustancias reductoras, tales como Fe⁺⁺, NH₄⁺, etc. Las aguas no contaminadas tienen valores de la DQO de 1 a 5 ppm, o algo superiores. Las aguas con valores elevados de DQO, pueden dar lugar a interferencias en ciertos procesos industriales. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm.

En las aguas residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate.

La relación entre los valores de la DBO y la DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante.

En aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0,2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0,6 como orgánico.

CARGA ORGANICA TOTAL

El COT es una medida del contenido en materia orgánica del agua, especialmente aplicable a pequeñas concentraciones. El carbón orgánico se oxida a CO₂ en presencia de un catalizador y se mide en un analizador infrarrojo. Algunos compuestos orgánicos pueden resistir a la oxidación y dar valores ligeramente inferiores a los reales. El aumento de su uso se debe a la rapidez de realización de los análisis.

PARAMETROS BACTERIOLOGICOS

La bacteria *Escherichia coli*, y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos usados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son los organismos anaerobios, formadores de esporas. Las esporas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo, cuya presencia en ausencia de coliformes es indicativo de una

pasada contaminación.

Los análisis bacteriológicos de aguas se realizan por el método de los tubos múltiples y se expresan en término del "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de aguas. Las aguas con un NMP inferior a 1, son satisfactoriamente potables.

La presencia de microorganismos no tiene importancia en muchos procesos industriales pero la industria alimentaria requiere agua de calidad potable. La destrucción de las bacterias da lugar a sustancias llamadas pirógenos, de especial importancia en el agua empleada para la producción de inyectables en la industria farmacéutica. Los microorganismos también pueden dar lugar a la formación de limos, especialmente en los circuitos cerrados de refrigeración.

Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, tratamiento biológico, o esterilización por luz ultravioleta, cloración u ozonización.

DEMANDA DE CLORO (BREAKPOINT)

Es una medida del contenido en materia orgánica de un agua, obtenida al añadir cloro. Inicialmente se forman compuestos de cloro con la materia orgánica, pero que se van destruyendo al aumentar la adición. El breakpoint, o punto de ruptura, corresponde al inicio de la destrucción de los compuestos clorados originalmente formados.

No tiene interés en la caracterización de aguas subterráneas, pero sí para las aguas superficiales.

Es importante en el tratamiento de aguas potables para determinar la cantidad de desinfectante a añadir.

Se mide en ppm de Cl₂.