

IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Los compuestos de carbono orgánico varían enormemente. De hecho, una de las primeras lecciones de muchos cursos de introducción a la química orgánica explica que el número de compuestos de carbono posibles es prácticamente infinito debido a la capacidad del carbono de formar moléculas largas en forma de cadena. Aunque los métodos cromatográficos como la cromatografía de gases (GC) o la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) pueden realizar determinaciones cuantitativas para compuestos específicos, el usuario primero debe saber cuáles son los compuestos específicos que busca.

El carbono orgánico total (TOC) es un test no específico, es decir, el TOC no determinará qué compuestos concretos están presentes (la mayoría de las muestras son mezclas complejas que contienen miles de compuestos de carbono orgánico diferentes). En lugar de ello, el TOC informará al usuario de la suma de todo el carbono orgánico presente en estos compuestos.

Las razones para la medición de TOC varían dependiendo del sector pero suelen pertenecer a dos categorías: el control de procesos o el cumplimiento de las normativas. Las aplicaciones más habituales de la medición de TOC incluyen:

Agua potable municipal: el carbono orgánico reacciona con los compuestos químicos que se utilizan para la desinfección, como el cloro, y forma subproductos de la desinfección (SPD) que pueden ser cancerígenos. La reducción del carbono orgánico antes de realizar la desinfección puede disminuir de forma significativa la exposición perjudicial del público a SPD.

Aguas residuales municipales: la monitorización del carbono orgánico del influente facilita el control de los procesos para maximizar la eficacia de la planta, mientras que la monitorización del vertido suele ser un requisito para la descarga en aguas superficiales.

Aguas residuales industriales: las industrias que descargan residuos líquidos en una masa de agua superficial están obligadas a monitorizar el TOC.

Centrales de energía: limitar las fuentes potenciales de compuestos corrosivos puede evitar daños costosos a equipos de gran valor económico.

Fabricantes de productos farmacéuticos: el agua es el ingrediente más utilizado para producir fármacos. La normativa limita la concentración de carbono orgánico para evitar el crecimiento de bacterias perjudiciales.

Fabricantes de productos electrónicos: se utiliza agua ultrapura en la fabricación de microprocesadores y chips para ordenadores. Cuanto más se reduce el tamaño de los procesadores y circuitos, más limpia debe mantenerse el agua para evitar daños microscópicos a estos minúsculos circuitos.

Métodos de detección de TOC

Existen varios métodos para la medición de TOC, sin embargo, todos tienen dos objetivos en común: 1) oxidar el carbono orgánico a dióxido de carbono, y 2) medir el dióxido de carbono generado.

Entre los métodos habituales de oxidación se encuentran los agentes químicos (como el persulfato), la combustión (normalmente ayudada por un catalizador), la exposición a radiación ionizante (como la luz ultravioleta), la exposición a calor o alguna combinación de estos métodos.

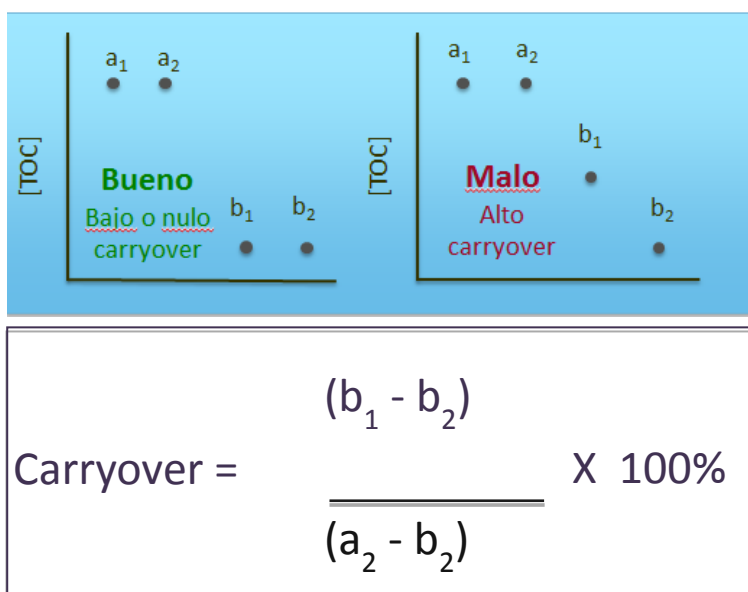
Existen menos opciones para detectar el dióxido de carbono. Dos métodos habituales son la conductividad y el infrarrojo no dispersivo (NDIR). Los métodos de detección basados en la conductividad funcionan detectando un aumento de la concentración de iones, lo que se atribuye a un aumento de la presencia de iones de bicarbonato y carbonato generados a partir de la oxidación de compuestos orgánicos. Los detectores de infrarrojo no dispersivo miden el dióxido de carbono determinando la cantidad de luz infrarroja absorbida en una distancia conocida.

Prevención de daños en el instrumento

Dos peligros habituales que pueden dañar los instrumentos de medición de TOC o producir resultados de medición erróneos son el sobre-rango de la muestra (análisis de una muestra que supera la especificación de analito máxima) y el carryover (contaminación cruzada debida a una muestra anterior).

El sobre-rango es habitual cuando se analizan muestras desconocidas. Según la tecnología de medición que se utilice, esta sobrecarga puede ocasionar daños costosos al instrumento. Por ejemplo, en un instrumento de combustión que utilice catalizadores de platino, se pueden estropear los catalizadores con mucha facilidad y necesitar costosos repuestos. En los instrumentos de medición de TOC con membrana también se puede cubrir la superficie de la membrana con compuestos de carbono orgánico procedentes de una muestra desconocida de alta concentración. En este caso, el instrumento quedaría fuera de servicio mientras se espera asistencia técnica.

El carryover resulta de una muestra residual que ha quedado de una medición anterior. Se observa con mayor frecuencia cuando se miden varias réplicas de una muestra y una muestra de concentración alta va seguida por una muestra de concentración baja. La siguiente ecuación calcula el carryover como un porcentaje de la diferencia entre las dos concentraciones de la muestra:



Métodos para calcular el TOC

El carbono inorgánico solo tiene enlaces con el oxígeno, como en el dióxido de carbono, el bicarbonato o el carbonato (por ejemplo, la caliza es carbonato cálcico que es una forma de carbono inorgánico). El carbono orgánico puede tener enlaces a un gran número de elementos diferentes como el hidrógeno, el nitrógeno u otros átomos de carbono.

Otras formas de carbono incluyen el carbono purgable frente al no purgable. Los compuestos orgánicos volátiles tienen un punto de ebullición bajo y se pueden purgar de una solución pasando gas a través de una muestra.

Las siguientes abreviaturas se utilizan con frecuencia para describir varias formas de carbono cuando se mide el TOC:

TC: carbono total

TOC: carbono orgánico total

TIC: carbono inorgánico total

POC: carbono orgánico purgable (también llamado VOC o carbono orgánico volátil)

NPOC: carbono orgánico no purgable

Se puede calcular el TOC restando el TIC del TC. Este método se describe en la ecuación:

$$TC - TIC = TOC$$

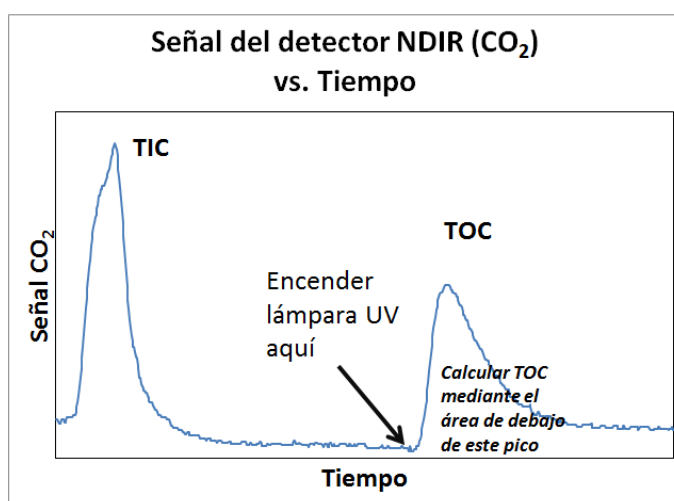
Este método funciona bien cuando hay una gran diferencia entre el TC y el TIC; sin embargo, cuando los valores de TIC son altos, el método de diferencia puede producir resultados muy erráticos porque deben sumarse ambos márgenes de error, el de la medición de TC y de TIC.

En muchas aplicaciones de medición de TOC es razonable asumir que la contribución de POC al valor total de TOC es insignificante y, por lo tanto, se suele usar la siguiente aproximación:

$$NPOC \approx TOC$$

Esta aproximación es válida para el agua potable, en la que la mayor contribución de carbono orgánico procede de ácidos húmicos que son compuestos no volátiles y de alto peso molecular. En las aplicaciones ultrapuras como la fabricación de productos farmacéuticos, energía y semiconductores también cabe esperar concentraciones insignificantes de POC presentes en la muestra.

Los métodos de NPOC suelen utilizar tecnología de medición NDIR, que genera una señal que se registra a lo largo del tiempo. Cuando la señal se visualiza en un gráfico destacan dos picos. El primer pico procede del carbono inorgánico (con CO₂ disuelto ya presente en la muestra). El segundo pico procede del carbono orgánico que es oxidado a CO₂.



A continuación se muestran las fotos del instrumento para TOC más nuevo de Hach, el QbD1200



DOC040.61.10062.Jun15