

MACHEREY-NAGEL

Análisis de agua



Fundamentos del análisis del agua

MACHEREY-NAGEL

www.mn-net.com



Desde nuestra fundación en 1911 como fabricantes de papel de filtro para aplicaciones de laboratorio, nos hemos convertido en las últimas décadas en una empresa global especializada en análisis químicos y de biología molecular. Nuestros productos se utilizan en innumerables laboratorios de todo el mundo y ayudan a muchos usuarios en su trabajo analítico diario. Además de la filtración, nuestra gama de productos incluye pruebas rápidas, análisis del agua, cromatografía y bioanalítica.

Actualmente contamos con aprox. 700 empleados en todo el mundo, la mayoría de ellos en nuestra sede de Düren, pero también en nuestras sucursales de Suiza, Francia y Estados Unidos. Operamos en más de 150 países de todo el mundo.

Gracias a la investigación y el desarrollo científicos, nuestros productos figuran entre los sistemas analíticos más fiables y reconocidos a nivel mundial. Numerosas patentes y certificaciones internacionales (entre otras, ISO, CE, FDA, EPA) avalan esta competencia y le garantizan resultados fiables reproducibles.

MACHEREY-NAGEL lleva 50 años desarrollando soluciones para la fotometría. Gracias al diseño lineal de nuestros equipos, al perfeccionamiento continuo, a una atención al cliente excepcional y a la atención al detalle, conseguimos con nuestro sistema de análisis NANOCOLOR® la máxima constancia y calidad en el análisis del agua.

No solo damos prioridad a la calidad. Hacemos todo lo posible para ofrecerle a usted como cliente la mejor atención posible. Nuestro competente equipo de servicio técnico y nuestros representantes incansables están en todo momento a su entera disposición. La calidad y enfoque en el cliente convierten a MACHEREY-NAGEL y el sistema NANOCOLOR® en el socio ideal para usted.

Desde hace casi 40 años, nuestros sistemas de análisis del agua forman parte integrante del sistema de análisis NANOCOLOR®. De este modo ponemos de manifiesto nuestro enfoque en el cliente y le ayudamos a familiarizarse con nuestro sistema de análisis. La buena acogida y el creciente número de participantes demuestran que los seminarios son un elemento importante y que, con nuestra selección de temas, abordamos las tendencias actuales.

Con este libro sobre los fundamentos del análisis del agua, dispondrá de una importante obra de referencia para todas las cuestiones relacionadas con el análisis del agua y el sistema de análisis NANOCOLOR®.

Disfrute de la lectura



(moderador)

1. Fundamentos de la fotometría	7
1.1 Radiación electromagnética.....	7
1.2 ¿De dónde proviene el color?	8
1.2.1 ¿Por qué se utiliza radiación UV/VIS?	10
1.3 Ley de Lambert-Beer.....	11
1.4 Diseño de un fotómetro	14
1.4.1 La trayectoria del haz de luz en el fotómetro	14
1.4.2 Fotómetros de filtro	14
1.4.3 Espectrofotómetros	16
1.4.4 Cubeta.....	16
2. Toma de muestras, conservación y preparación de muestras	19
2.1 Toma de muestras.....	19
2.2 Conservación	22
2.3 Preparación de las muestras.....	25
3. Procedimiento de digestión	27
3.1 ¿Cuándo es necesario realizar digestiones?	27
3.2 Reactivos de digestión en el análisis fotométrico.....	27
3.3 Determinación del nitrógeno total con NANOCOLOR® NanOx N.....	28
3.3.1 Principio de la digestión	28
3.3.2 Notas sobre la solución de prueba.....	29
3.3.3 Procedimiento.....	29
3.4 Determinación del contenido total de metales y de fósforo con NANOCOLOR® NanOx Metal.....	31
3.4.1 Principio de la digestión	31
3.4.2 Notas sobre la solución de prueba.....	31
3.4.3 Procedimiento.....	32
3.4.4 Parámetros	33
3.5 Consejos y trucos.....	33
4. Parámetros importantes en el análisis del agua y de las aguas residuales	35
4.1 Parámetros para plantas depuradoras	35
4.1.1 Amonio (NH ₄).....	35
4.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	37
4.1.3 Demanda química de oxígeno (DQO)	39
4.1.4 Nitrato (NO ₃ ⁻)	41
4.1.5 Nitrificación	44
4.1.6 Nitrito (NO ₂ ⁻)	47
4.1.7 Fosfato (PO ₄ ³⁻)	49
4.1.8 Nitrógeno total (TN _b).....	52
4.1.9 TOC.....	54
4.2 Análisis de metales	56
4.2.1 Aluminio.....	56
4.2.2 Plomo	57
4.2.3 Cadmio.....	59
4.2.4 Cromo	60
4.2.5 Hierro.....	61
4.2.6 Cobre	63
4.2.7 Níquel	64
4.2.8 Plata	65
4.2.9 Zinc	66
4.3 Otros parámetros importantes	70
4.3.1 Dureza.....	70
4.3.2 pH	75
4.3.3 Compuestos halogenados orgánicos adsorbibles (AOX)	79
4.3.4 Cloro.....	82
4.3.5 Sulfato	84
4.3.6 Nitrógeno según el método Kjeldahl (TKN).....	85

5. Validación de los resultados de análisis.....	87
5.1 Fuentes de error en fotometría.....	87
5.1.1 Turbideces.....	88
5.1.2 Coloraciones.....	93
5.1.3 Preparación de las muestras.....	94
5.1.4 Iones interferentes.....	94
5.1.5 Homogeneización.....	94
5.1.6 Unidad.....	95
5.1.7 Tiempo de reacción y temperatura.....	96
5.1.8 Calibración.....	97
5.1.9 Pruebas.....	98
5.1.10 Limpieza.....	98
5.1.11 Realización del análisis.....	98
5.2 Procedimiento en caso de interferencias.....	99
5.2.1 Filtración.....	99
5.2.2 Valor de corrección.....	100
5.3 Control de calidad interno según la hoja de trabajo DWA-A 704.....	101
5.3.1 Tarjeta CCI 3: Determinaciones múltiples.....	103
5.3.2 Tarjeta CCI 4: Mediciones de patrones.....	103
5.3.3 Tarjeta CCI 5: Comprobación de verosimilitud mediante dilución y enriquecimiento.....	104
5.3.4 Tarjeta CCI 6: Mediciones comparativas: Programas de evaluación externa de la calidad.....	108
5.3.5 Tarjeta CCI 7: Mediciones paralelas.....	109
5.3.7 Tarjeta CCI 10: Ficha personal.....	112
5.3.7 Tarjeta CCI 10: Ficha personal.....	112
5.4 ¡Ayuda! Mi valor de medición no es correcto.....	112
6. Bases legales.....	115
6.1 Nivel europeo.....	115
6.1.1 Directiva Marco del Agua 2000/60/CE.....	115
6.1.2 Otras directivas europeas pertinentes.....	116
6.1.2.3 Directiva Marco sobre la Estrategia Marina DMEM (2008/56/CE).....	117
6.1.2.4 Directiva sobre la calidad del agua destinada al consumo humano (98/83/CE).....	117
6.1.2.5 Nueva normativa sobre la reutilización del agua en la agricultura (2020/741/UE).....	117
6.2 Ámbito nacional.....	118
6.2.1 Ley de ordenación de los recursos hídricos (Ley de Recursos Hídricos WHG).....	118
6.2.2 Reglamento sobre aguas residuales alemán AbwV.....	118
6.2.3 Ley alemana de tasas de aguas residuales AbwAG.....	119
6.2.4 Leyes sobre aguas de los estados federados.....	119
6.3 Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA).....	119
6.3.1 Origen y evolución.....	119
6.3.2 Clases de peligro: Clasificación de las propiedades peligrosas.....	120
6.3.3 Palabras de señalización.....	123
6.3.4 Pictogramas SGA.....	123
6.3.5 Indicaciones de peligro (frases H) según el SGA.....	124
6.3.6 Indicaciones de seguridad (frases P) según el SGA.....	124
6.3.7 Sistema de etiquetado.....	124
6.4 Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals (REACH).....	125
6.4.1 ¿Por qué REACH?.....	125
6.4.2 Aplicación de REACH.....	125
7. Anexo.....	127
7.1 Tablas de conversión y unidades.....	127
7.2 Glosario.....	128
7.3 Bibliografía.....	137
7.4 Información importante en la etiqueta de NANOCOLOR®.....	138
7.5 Explicación de los iconos utilizados.....	139

PIE DE IMPRENTA:

Redacción: Dirk Borgend

Diseño gráfico / maquetación: Departamento de Diseño Multimedia

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valencienner Str. 11 · 52355 Düren · Alemania

Tel.: +49 24 21 969-333

Correo electrónico: support@mn-net.com · www.mn-net.com

Número de identificación a efectos del IVA: DE 122277751

Juzgado Municipal de Düren, HRA 1164

Socia con responsabilidad personal:

MACHEREY-NAGEL GmbH Düren, inscrita en el Registro Mercantil del Juzgado Municipal de Düren, HRB 526

Directora general: Carolin Wagner

Derechos de autor / de edición:

El folleto, así como todos los artículos y figuras que contiene, están protegidos por los derechos de autor.

Reimpresión:

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este folleto se debe reproducir ni difundir sin la autorización por escrito de la empresa.

Esta prohibición se aplica, en particular, a la reproducción comercial mediante copias, la inclusión en bases de datos electrónicas o la reproducción en soportes de datos legibles electrónicamente. La empresa no se responsabiliza de los textos, manuscritos o materiales gráficos enviados sin que se hayan solicitado.

1. Fundamentos de la fotometría

En palabras sencillas, la fotometría es un método de medición que permite determinar la concentración de soluciones coloreadas por medio de radiación electromagnética («luz»).

Mediante una reacción cromática específica del compuesto a determinar, se mide el aumento o la disminución de la concentración mediante una medición de la absorción de la solución de muestra.

Para realizar determinaciones fotométricas, las sustancias a analizar deben estar presentes en forma disuelta; los sólidos se deberán transformar primero a una forma disuelta mediante procedimientos de digestión adecuados.

Es importante encontrar una reacción cromática para el parámetro a determinar que transcurra de forma cuantitativa y específica. Por lo tanto, no todas las reacciones que producen color son adecuadas para la determinación fotométrica de la concentración.

1.1 Radiación electromagnética

Para el análisis con el fotómetro se utiliza radiación electromagnética en el intervalo de 190 a 1100 nm. Se define como luz la parte de la radiación electromagnética perceptible para el ser humano. El espectro de la luz visible se sitúa aproximadamente entre 400 y 700 nm.

La Figura 2 muestra un resumen de la radiación electromagnética con las longitudes de onda correspondientes.

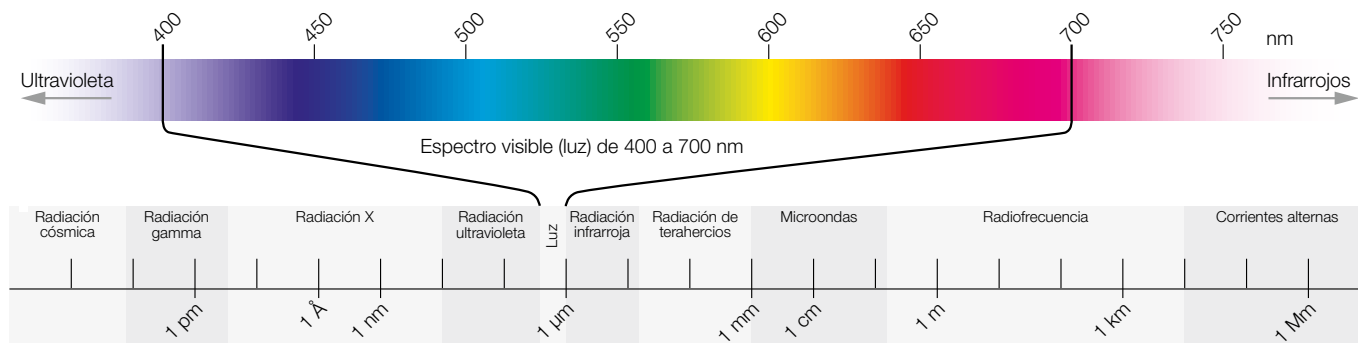


Figura 2: Representación esquemática de la radiación electromagnética

En el análisis fotométrico se utiliza, además de la luz visible, la luz ultravioleta (ver «Espectro»). La luz ultravioleta (UV), también conocida como luz negra, se encuentra justo fuera del espectro visible, con longitudes de onda más cortas, inferiores a 380 nm. Sin embargo, el término «luz ultravioleta» es engañoso, ya que el ser humano solo percibe una pequeña parte de la luz ultravioleta, concretamente la comprendida entre 315 y 380 nm. No obstante, el intervalo de la radiación UV supera ampliamente la percepción humana. Sin embargo, la radiación ultravioleta forma parte del grupo de la radiación óptica. Según la norma DIN 5031, Parte 7, el espectro ultravioleta abarca longitudes de onda de 100 a 380 nm, lo que equivale a frecuencias de 789 THz a 3 PHz. A este intervalo, definido según la norma DIN, le sigue la luz ultravioleta extrema. La clasificación de los distintos tipos de radiación UV se recoge en la Tabla 1.

Designación	Abreviatura	Intervalo de longitudes de onda
Radiación UV cercana («luz negra»)	UV-A	380–315 nm
Radiación UV media	UV-B	315–280 nm
Radiación UV lejana	UV-C-FUV	280–200 nm
Radiación UV de vacío	UV-C-VUV	200–100 nm
Radiación UV extrema	EUV	121–10 nm

Tabla 1: Clasificación de la radiación UV según la longitud de onda

El vidrio normal (vidrio sodocálcico) no deja pasar la radiación ultravioleta de longitud de onda inferior a 350 nm. Por lo tanto, no se pueden utilizar para la fotometría UV las cubetas redondas y rectangulares habituales. El vidrio de borosilicato (vidrio de Jena), por el contrario, deja pasar la luz ultravioleta hasta unos 290 nm. El vidrio de cuarzo también se puede utilizar para longitudes de onda más cortas, en función de su pureza, hasta el intervalo de 180 nm.

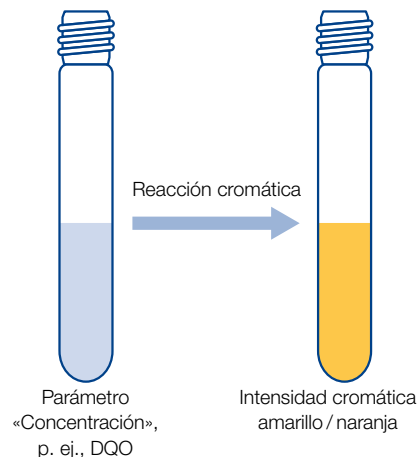


Figura 1: Representación sistemática de una reacción cromática

Como fuente de luz se utiliza una lámpara halógena de wolframio en el intervalo visible, mientras que en el intervalo ultravioleta se emplea una lámpara de deuterio. La lámpara de halógeno-wolframio por sí sola no es capaz de cubrir todo el intervalo de longitudes de onda. Lo mismo se aplica a la lámpara de deuterio, por lo que se han integrado ambas lámparas en un fotómetro UV/VIS. Ambas lámparas son fuentes de radiación continua. La Figura 3 muestra el espectro de energía de una lámpara de halógeno-wolframio y de una lámpara de deuterio.

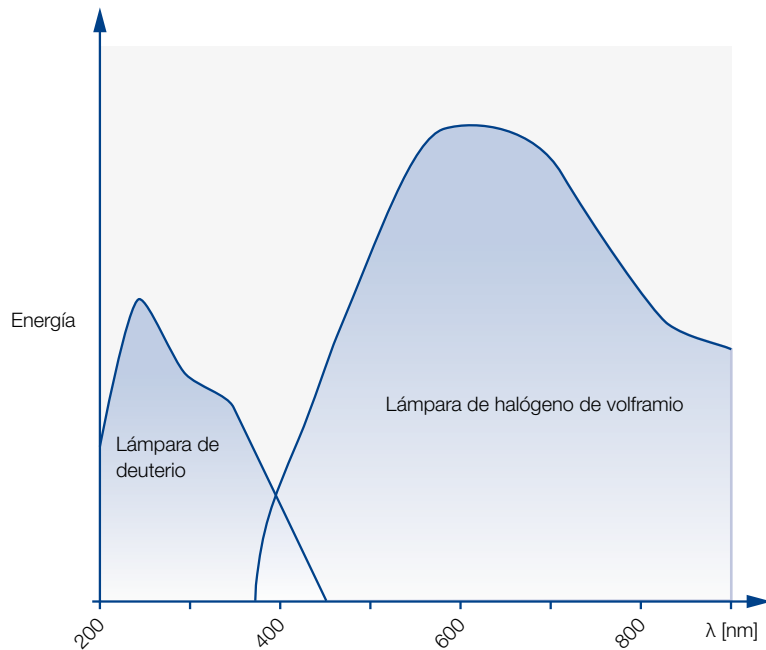


Figura 3: Energías de radiación de una lámpara de halógeno-wolframio y de una lámpara de deuterio

La energía de la lámpara de halógeno-wolframio alcanza su valor máximo en torno a los 650 nm, mientras que en la lámpara de deuterio el máximo se sitúa en torno a los 250 nm.

1.2 ¿De dónde proviene el color?

La luz emitida por una fuente de radiación, como por ejemplo una lámpara o el sol, se suele denominar «luz blanca». Se compone de proporciones idénticas de todas las longitudes de onda del espectro (policromática). Mediante la refracción (dispersión) en un prisma, la luz blanca se descompone en los distintos colores del espectro.

En la percepción del color desempeñan un papel importante varios procesos físicos.

Una solución de color amarillo intenso presenta en su espectro una alta transmitancia de longitudes de onda en los intervalos del verde, el amarillo, el naranja y el rojo; en cambio, los intervalos del violeta y el azul apenas están presentes, o no lo están en absoluto, en el espectro resultante.

Las soluciones coloreadas absorben su color complementario. Esto significa que la solución amarilla absorbe de la luz blanca policromática todos los componentes violetas y azules, mientras que los demás componentes cromáticos se transmiten y atraviesan la solución de muestra sin obstáculos. Por lo tanto, el color amarillo se debe a la «filtración» del color complementario, el azul.

Por el contrario, esto significa que el color violeta se produce debido a una absorción intensa en el intervalo del amarillo y el verde. La Tabla 2 ofrece una visión general de los colores complementarios y sus respectivas longitudes de onda.

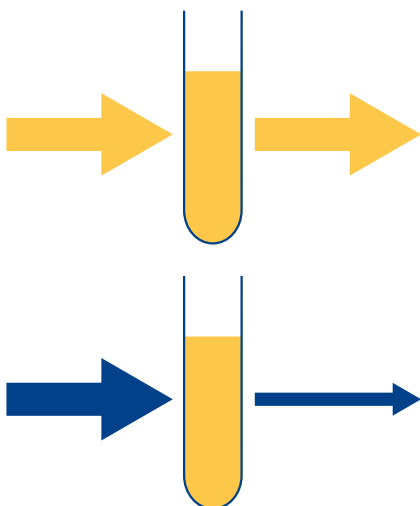


Figura 4: Representación del paso de la luz con el mismo color de luz y con el color de luz complementario

Longitud de onda	Color	Color complementario
< 400 nm	ultravioleta (UV)	no visible
400 – 435 nm	violeta	verde amarillento
435 – 495 nm	azul	amarillo
495 – 520 nm	verde azulado	rojo
520 – 570 nm	verde	púrpura
570 – 590 nm	amarillo	azul
590 – 650 nm	naranja	verde azulado
650 – 700 nm	rojo	verde azulado
700 – 750 nm	rojo intenso	verde azulado
> 800 nm	infrarrojo	negro

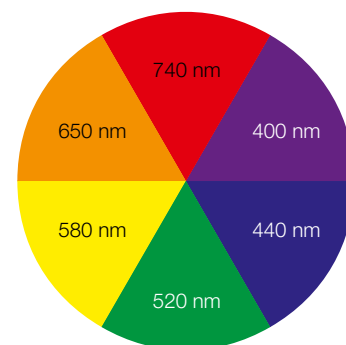


Tabla 2: Resumen de los distintos colores de la luz con las longitudes de onda y colores complementarios correspondientes

La percepción del color en los seres humanos es posible gracias a los receptores visuales de la retina. El intervalo de longitudes de onda perceptibles se sitúa entre 380 y 780 nm. En definitiva, ver en color no es más que la respuesta a estímulos luminosos de diferentes longitudes de onda.

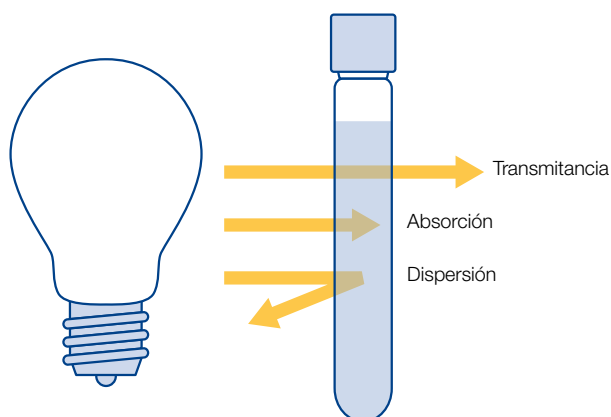


Figura 5: Representación esquemática de la transmitancia, la absorción y la dispersión

Se denomina absorción (A) a la absorción de determinadas longitudes de onda por parte de la solución de ensayo, en función del color inherente de dicha solución. La parte de la radiación absorbida es la que queda «retenida».

La transmitancia (T) indica la «transparencia» de la muestra para determinadas longitudes de onda, es decir, la proporción que no se absorbe. De vez en cuando también se encuentra el término «transparencia» en lugar de «transmitancia».

La absorbencia (densidad óptica) es una medida de la «extinción» o atenuación de la radiación por parte de la muestra. El término «extinción» se deriva de la palabra latina «extincto», que significa «extinción».

La transmitancia indica la cantidad de luz que atraviesa realmente la solución de muestra sin obstáculos. El otro caso extremo (cuerpo blanco) presenta una reflexión del 100 %, mientras que el agua tiene una transmitancia de aproximadamente el 100 %. Por el contrario, en caso de absorción total (cuerpo negro), no hay transmitancia. Toda la luz incidente (I_0) es absorbida por la sustancia. Dado que la luz es también una forma de energía, esto explica por qué, en verano, la ropa negra absorbe literalmente el calor y se calienta.

En general, el haz de luz emitido tiene siempre una intensidad menor que el haz incidente, debido a la interacción con la cubeta y la muestra. A mayor la absorción, menor será la transmitancia y la intensidad de la radiación emitida.

$$I_0 = A + T$$

Absorción (A) = captación
 Transmitancia (T) = permeabilidad
 Absorbencia (E) = atenuación

Otro término que se menciona a menudo en este contexto es la reflexión. La reflexión es la parte de la luz que se refleja en la interfaz entre el vidrio y la muestra. Además, la dispersión de las partículas en suspensión desempeña un papel nada desdeñable. La turbidez suele dar lugar a valores de medición mayores (a excepción de las pruebas con sentido de medición negativo); ver apartado 5.1.1 Turbideces, página 88.

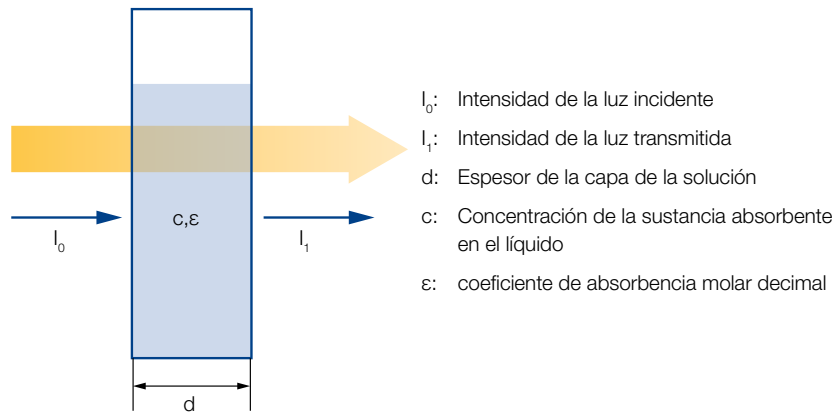


Figura 6: Procesos en la cubeta

1.2.1 ¿Por qué se utiliza radiación UV/VIS?

Precisamente en el intervalo ultravioleta y visible, hay numerosos compuestos inorgánicos y orgánicos que absorben la luz. Algunos compuestos químicos se pueden analizar directamente mediante métodos fotométricos, mientras que otros se deben transformar primero en compuestos adecuados, por ejemplo, en un complejo coloreado cuya concentración pueda analizarse posteriormente.

Por flujo lumínico o potencia de radiación entendemos la cantidad de luz que atraviesa la cubeta en una unidad de tiempo. Su unidad de medida es el lumen o el vatio.

En resumen, puede decirse que cada sustancia presenta un espectro de absorción específico —la representación gráfica de la absorbancia en función de la longitud de onda— que se utiliza en fotometría para determinar la concentración, ya que la absorbancia depende de la concentración.

E = absorbancia
 λ = longitud de onda [nm]

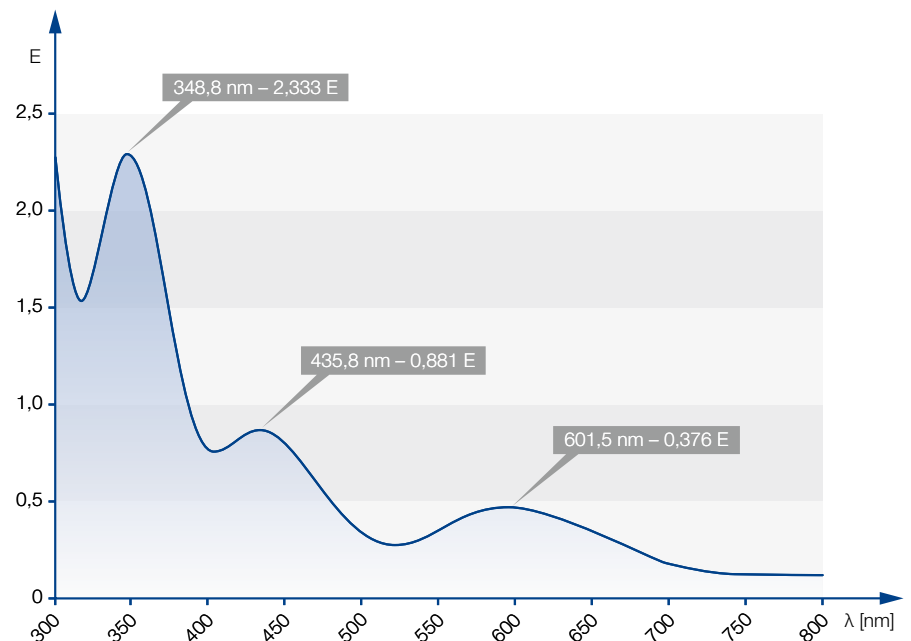


Figura 7: Espectro de una prueba de DQO

La trayectoria de un espectro de absorción de este tipo puede adoptar distintas formas, lo que puede tener diferentes repercusiones en la medición:

En el caso de un perfil puntiagudo y de flancos pronunciados, incluso pequeños cambios en la longitud de onda provocan grandes distorsiones en los valores de medición, a diferencia de lo que ocurre con un perfil muy amplio (p. ej., en las soluciones de azul de molibdeno entre 560 y 800 nm). En un espectro también pueden aparecer varios máximos (p. ej., en el caso del ácido silícico: máximos a 360, 470 y 570 nm) o también máximos con un máximo de intensidad alto o bajo.

En el apartado siguiente 1.3 Ley de Lambert-Beer se explican las relaciones en detalle.

1.3 Ley de Lambert-Beer

La Ley de Lambert-Beer describe la relación entre la concentración c , el espesor de la capa d de la sustancia absorbente y la absorbencia E .

La disminución relativa de la intensidad I es proporcional al espesor de la capa d . Al mismo tiempo, la disminución relativa de la intensidad también es proporcional a la concentración c de la sustancia absorbente disuelta.

La transmitancia se describe como el grado de transmitancia (T) y es la proporción de la intensidad de la luz incidente que atraviesa el medio. El grado de transmitancia puede adoptar valores entre 0 y 1.

$$T = \frac{I_1}{I_0}$$

La parte de la intensidad incidente que no se transmite es absorbida. La fracción absorbida (A) de la radiación, es decir, la fracción retenida, se define de la manera siguiente.

$$A = 1 - T$$

La absorbencia (extincto [lat.] = extinguir) se describe mediante el logaritmo negativo del grado de transmitancia.

$$E = -\log T = -\log \frac{I_1}{I_0}$$

Como se ha mencionado anteriormente, los señores Lambert y Beer descubrieron la relación entre la absorbencia, la concentración y el espesor de la capa de la sustancia. La concentración es proporcional a la absorbencia. El factor de proporcionalidad es el coeficiente de absorción molar (espectral), que se expresa en la unidad $L \cdot \text{mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. A menudo se denomina también «coeficiente de absorbencia molar decimal». En sentido estricto, esta denominación solo es idéntica si no hay dispersión.

El coeficiente depende de la temperatura y de la longitud de onda. La unidad de concentración es $\text{mol} \cdot L^{-1}$, La unidad del espesor de la capa cm . En consecuencia, la absorbencia es una magnitud adimensional.

$$E = \varepsilon \cdot c \cdot d$$

$$c = \frac{E}{\varepsilon d} = F \cdot E$$

Para determinar la concentración de las sustancias disueltas en la muestra, se debe cambiar esta ecuación en función de la concentración. El factor resultante $1/\varepsilon d$ se simplifica y abrevia como F .

Dado que la intensidad del haz de luz varía exponencialmente con la concentración y el espesor de la capa al atravesar el medio de la muestra, se obtiene una linealización al representar gráficamente la concentración en función de la absorbencia. Sin embargo, se aprecia claramente que presenta ligeras redondeces en los límites superior e inferior. Aquí ya no existe una relación lineal; se producen resultados de medición falsificados. Por eso es importante trabajar siempre en el intervalo de absorbencia adecuado. El intervalo de absorbencia óptimo se encuentra entre 0,1 y 1,0; en este intervalo, el error es inferior al uno por ciento.



La Ley de Lambert-Beer describe la relación entre concentración y espesor de capa de la sustancia absorbente y la absorbencia.



T = grado de transmitancia
 I_0 = Intensidad de la luz incidente
 I_1 = Intensidad de la luz transmitida
 A = absorción
 E = absorbencia
 ε = coeficiente de absorbencia molar decimal
 c = concentración
 d = espesor de la capa de la solución
 F = factor

E = absorbancia
c = concentración [mg/L]

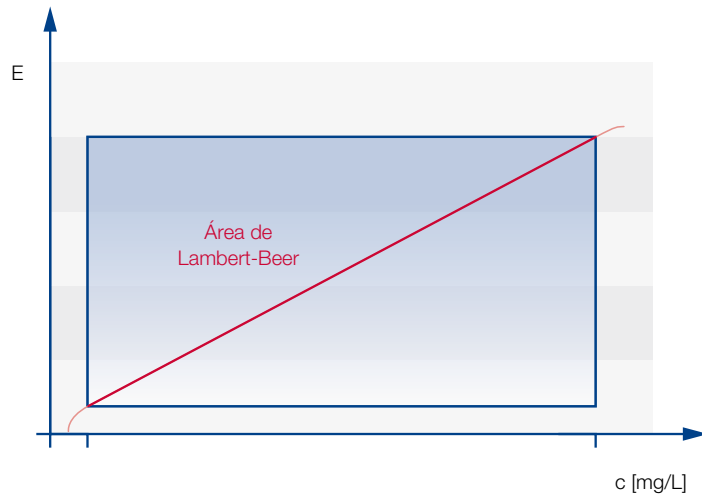


Figura 8: Diagrama relativo a la Ley de Lambert-Beer

Por el contrario, si se representara la transmitancia frente a la concentración, se obtendría una curva descendente.

La mayoría de los métodos siguen la Ley de Lambert-Beer con un intervalo de medición lineal. La intensidad de color de la solución de muestra aumenta proporcionalmente a la absorbancia.

E = absorbancia
c = concentración [mg/L]
N = blanco
 $m = \text{pendiente} = \frac{\Delta E}{\Delta c} = \epsilon d$
Factor $F = \frac{1}{m} = \frac{1}{\epsilon d}$

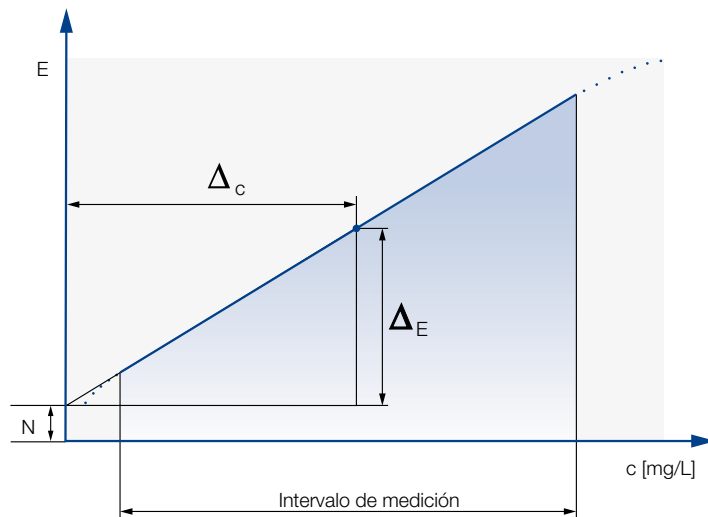
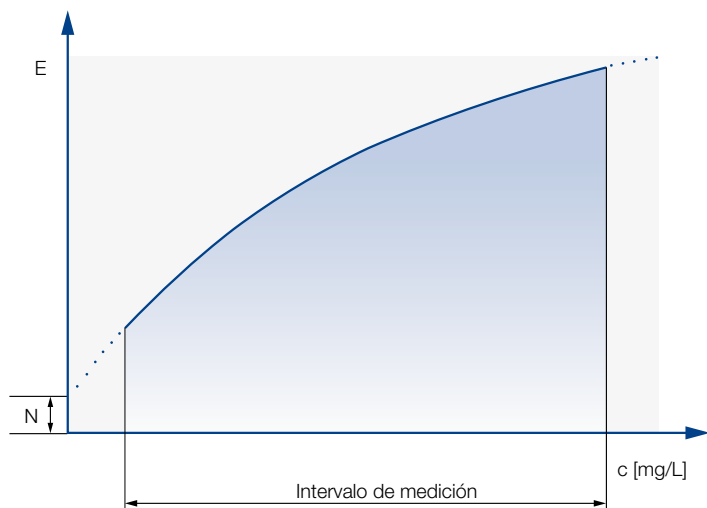


Figura 9: Métodos con evolución lineal

En algunas pruebas (p. ej., las pruebas de DQO con un intervalo de medición reducido, como NANOCOLOR® DQO 60), se mide la disminución de la intensidad de color.

Sin embargo, también existen métodos de medición en los que no se alcanza la linealidad. El factor varía en función de la concentración. Esta dependencia es reproducible.



E = absorbencia
c = concentración [mg/L]
N = blanco



Figura 10: Métodos con evolución no lineal

Esta evolución no lineal se puede deber a causas ópticas y también químicas.

Otras fuentes de error se deben a la propia Ley de Lambert-Beer. La ley presupone una sustancia absorbente homogénea, de baja concentración, así como una dispersión múltiple insignificante, la ausencia de variaciones del coeficiente de absorción dentro del intervalo de radiación medido y la ausencia de emisión propia. Por ejemplo, unas concentraciones excesivas provocan interacciones que distorsionan el resultado de la medición.

Lo ideal es utilizar un disolvente que no presente absorción alguna y que, por lo tanto, no altere el resultado de la medición. Además, se requiere luz de una longitud de onda determinada, la denominada luz monocromática. El material de la cubeta influye en el resultado de la medición, sobre todo en el intervalo UV. Otras composiciones podrían producir un resultado de medición diferente.

En fotometría suele ser favorable una longitud de onda mayor, ya que así tendrán menor influencia las posibles impurezas, los colores propios de baja intensidad y la reflexión de la cubeta.

Mediante la elección del tamaño adecuado de la cubeta, la dilución o la concentración, se puede influir en el intervalo de absorbencia y ajustarlo de forma óptima para cada medición.

1.4 Diseño de un fotómetro

1.4.1 La trayectoria del haz de luz en el fotómetro

Cada fotómetro consta de los componentes siguientes: Una fuente de radiación, un dispositivo para generar luz monocromática concentrada (p. ej., filtro), una cámara de medición con cubeta y solución de muestra, un receptor de radiación y un amplificador o unidad de indicación.

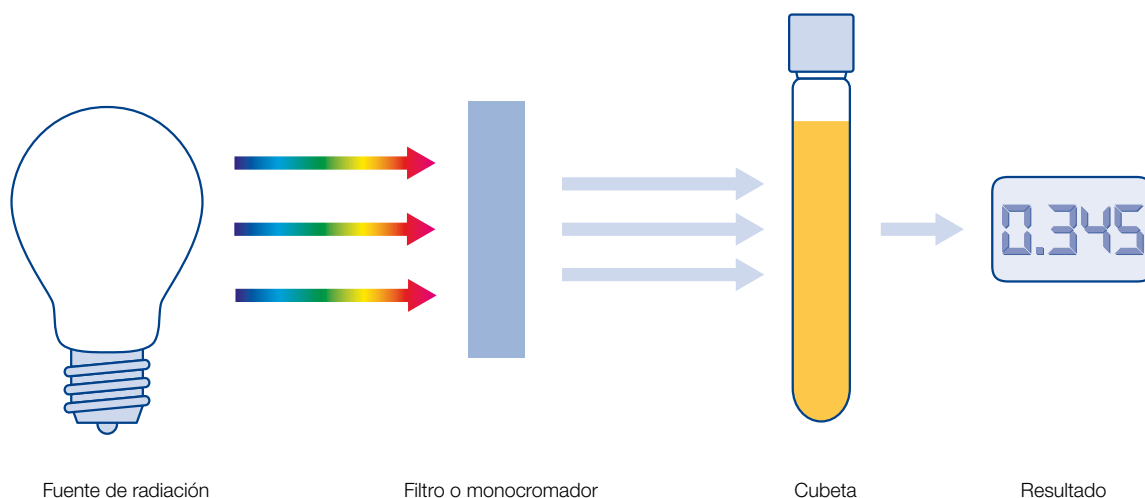


Figura 11: Esquema del diseño de un fotómetro de haz único

Partiendo de la fuente de radiación (lámpara de halógeno-volframio o lámpara de deuterio en los fotómetros *NANOCOLOR*[®]), la luz policromática emitida se dirige hacia el pozo de cubetas a través de un elemento óptico (lentes). Cada sustancia coloreada solo puede absorber luz de una longitud de onda determinada que se deriva de la Ley de Lambert-Beer. Por este motivo, se requiere luz monocromática (luz de una longitud de onda determinada) para la determinación de las concentraciones de las soluciones coloreadas. En este contexto, se debe distinguir entre dos tipos de fotómetros:

Fotómetros de filtro y espectrofotómetros

En los fotómetros de filtro, se genera luz monocromática mediante el uso de filtros de interferencia especiales, que «filtran» las longitudes de onda no necesarias. En cambio, en un espectrofotómetro, la longitud de onda necesaria se genera mediante un monocromador —una unidad óptica del fotómetro— que refleja el haz de luz mediante una rejilla. Solo este haz de luz limitado se utiliza para el análisis fotométrico.

El paso a través de la cubeta y de la solución de muestra que contiene provoca una atenuación de la luz incidente. El haz de luz atenuado que atraviesa la cubeta (haz de transmisión) incide en el receptor de radiación. Mediante un fotoelemento adecuado, se lleva a cabo la conversión a un resultado de medición digital, que finalmente se indica en la pantalla.

1.4.2 Fotómetros de filtro

En los fotómetros de filtro se utilizan filtros de interferencia para ajustar la longitud de onda óptima para cada medición. La elección del filtro adecuado depende del color de la solución de muestra y de la absorción del color complementario asociada. En el

caso de una solución de color azul, se utiliza un filtro amarillo; en cambio, en el caso de una solución amarilla, se utiliza un filtro azul, ya que siempre se absorbe el color complementario.

NANOCOLOR® Advance

Espectrofotómetro para análisis de alta precisión



Hacia el futuro con inteligencia

- Universal – Amplia gama de kits de análisis evaluables
- Intuitivo – Navegación intuitiva por los menús basada en iconos
- Seguro – Detección automática de turbideces interferentes
- Resistente – Probado según estándares militares



Los filtros de interferencia son placas de vidrio que suelen estar recubiertas con varias capas dieléctricas semitransparentes. Un filtro especial de este tipo permite el paso sin obstáculos de las ondas ópticas y electromagnéticas (luz) de determinadas longitudes de onda, mientras que refleja otras longitudes de onda adyacentes. Esta selectividad se basa en la interferencia entre la luz que incide directamente y la luz reflejada varias veces. Se denomina interferencia a la superposición de una o varias ondas, lo que puede dar lugar a la amplificación de las ondas o a su extinción.

Es importante que los filtros utilizados se encuentren en el intervalo adecuado (máximo de absorción). Cuanto más preciso sea el máximo de absorción, mayor será el rendimiento del fotómetro de filtro.

Otro factor importante es el ancho de banda. En general, se entiende por ancho de banda la distancia entre la frecuencia límite superior y la inferior. En fotometría, el ancho de banda es el intervalo comprendido entre una longitud de onda inferior y una superior. Cuanto menor sea el ancho de banda espectral, mayor será la resolución. Según la Ley de Lambert-Beer, se requiere luz monocromática, es decir, luz con una sola longitud de onda sin ancho de banda, lo cual, sin embargo, no es factible en la práctica. El objetivo es disponer de filtros con el menor ancho de banda posible.

Una desventaja de los fotómetros de filtro es la limitada variedad de posibles longitudes de onda. Cuantos más filtros haya, más longitudes de onda de la luz policromática incidente se podrán ajustar. Sin embargo, solo se pueden utilizar las longitudes de onda que atraviesan el filtro. Si el máximo de absorción del parámetro se encuentra muy cerca de la longitud de onda del filtro, este no se podrá alcanzar y la medición será menos sensible.

NANOCOLOR® PF-12^{Plus}

Kompaktphotometer für die mobile Wasseranalytik



Das Plus an Flexibilität

- Einfache Handhabung für präzise Ergebnisse
- NTU-Check zur Erkennung störender Trübungen
- Robust und wasserdicht nach IP 68
- Einsetzbar in allen Bereichen der Wasser- und Abwasseranalytik



1.4.3 Espectrofotómetros

A diferencia de un fotómetro de filtro, en un espectrofotómetro la longitud de onda exacta se aísla de la luz policromática incidente mediante un monocromador. El monocromador es un componente óptico. La luz policromática se dispersa mediante una rejilla reflectante. A través de un diafragma lo más estrecho posible solo se deja pasar hacia la cubeta un intervalo de longitudes de onda de la luz lo más reducido posible. La parte de la longitud de onda no deseada se absorbe en este diafragma.

Con un espectrofotómetro es posible realizar un barrido por todo el intervalo de longitudes de onda y, de este modo, registrar el espectro de absorción de la sustancia. Los máximos de absorción se detectan directamente. Además, durante la medición se puede seleccionar cualquier longitud de onda de la luz incidente. A diferencia de los fotómetros de filtro, no existe ninguna desviación entre el máximo del espectro de absorción y la longitud de onda ajustada. Las mediciones son más sensibles.

1.4.4 Cubeta

La elección de la cubeta adecuada para cada medición es de importancia decisiva. El material de la cubeta (en función de la longitud de onda utilizada) y también su tamaño son los dos factores determinantes.

Por defecto, se utilizan cubetas de vidrio, como en las pruebas con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®]. Las cubetas redondas son cubetas desechables, que se eliminan tras un solo uso. Para las mediciones en el intervalo UV se utilizan para las cubetas rectangulares materiales de alta calidad, como cuarzo. Además de las cubetas redondas y rectangulares, también existen cubetas especiales, como las cubetas de flujo continuo, en las que la solución de muestra se introduce y extrae de la cubeta mediante una bomba.

El espesor de la capa, que influye en la Ley de Lambert-Beer, está directamente relacionado con el tamaño de la cubeta. En general, puede decirse que cuanto mayor es el tamaño de la cubeta y el volumen de la muestra, mayor es el espesor de la capa y más sensible puede ser la medición. Todas las cubetas redondas *NANOCOLOR*[®] tienen un diámetro exterior de 16 mm (diámetro interior y espesor de capa = 14 mm); las cubetas rectangulares están disponibles en 10, 20 y 50 mm.

Prueba con cubetas	Intervalo de medición
Prueba con cubeta redonda <i>NANOCOLOR</i> [®] Cianuro 08	0,02 – 0,80 mg/L de CN ⁻
Prueba con cubeta rectangular (50 mm) <i>NANOCOLOR</i> [®] Cianuro	0,001 – 0,50 mg/L de CN ⁻

Tabla 3: El intervalo de medición indicado muestra la sensibilidad de la prueba fotométrica correspondiente con cubetas de distintos tamaños.

En consecuencia, con cubetas rectangulares de 50 mm se consiguen una mayor sensibilidad, intervalos de medición mínimos y la máxima precisión de medición. Otra ventaja de las pruebas con cubetas rectangulares es el intervalo de medición variable mediante el uso de cubetas de distintos tamaños.



Figura 12: Diferentes cubetas rectangulares

NANOCOLOR® VIS II y NANOCOLOR® UV/VIS II

Fotometría inteligente



Smart photometry 
connected



Experiencia revolucionaria para el usuario

- Extraordinaria facilidad de uso gracias a la pantalla táctil y a una navegación por menús totalmente basada en iconos
- Resultados fiables gracias a la función de control automático de la turbidez (control NTU)
- Aseguramiento de los resultados por medio del menú de CCI integrado
- Aplicable en todos los ámbitos del análisis del agua y de las aguas residuales



2. Toma de muestras, conservación y preparación de muestras

La toma y preparación adecuadas de las muestras son fundamentales para los análisis posteriores. El primer paso para obtener un resultado correcto es tomar una muestra homogénea representativa, observando las disposiciones legal aplicables y las particularidades específicas de los parámetros.

2.1 Toma de muestras

Según la norma DIN 38402-11, existen diferentes métodos de muestreo de las aguas residuales, en función del parámetro que se vaya a analizar. El objetivo es obtener una muestra representativa.

Para ello, la toma de muestras es el requisito fundamental para un análisis correcto. Los errores cometidos durante el muestreo ya no se pueden subsanar en el análisis posterior. El error puede suponer a menudo una potencia de diez. Precisamente en el análisis de concentraciones mínimas, el muestreo es un factor decisivo.

Antes de cada toma de muestras, el recipiente se deberá enjuagar (acondicionar) varias veces con la solución de muestra.

Los factores influyentes se enumeran en Figura 13.

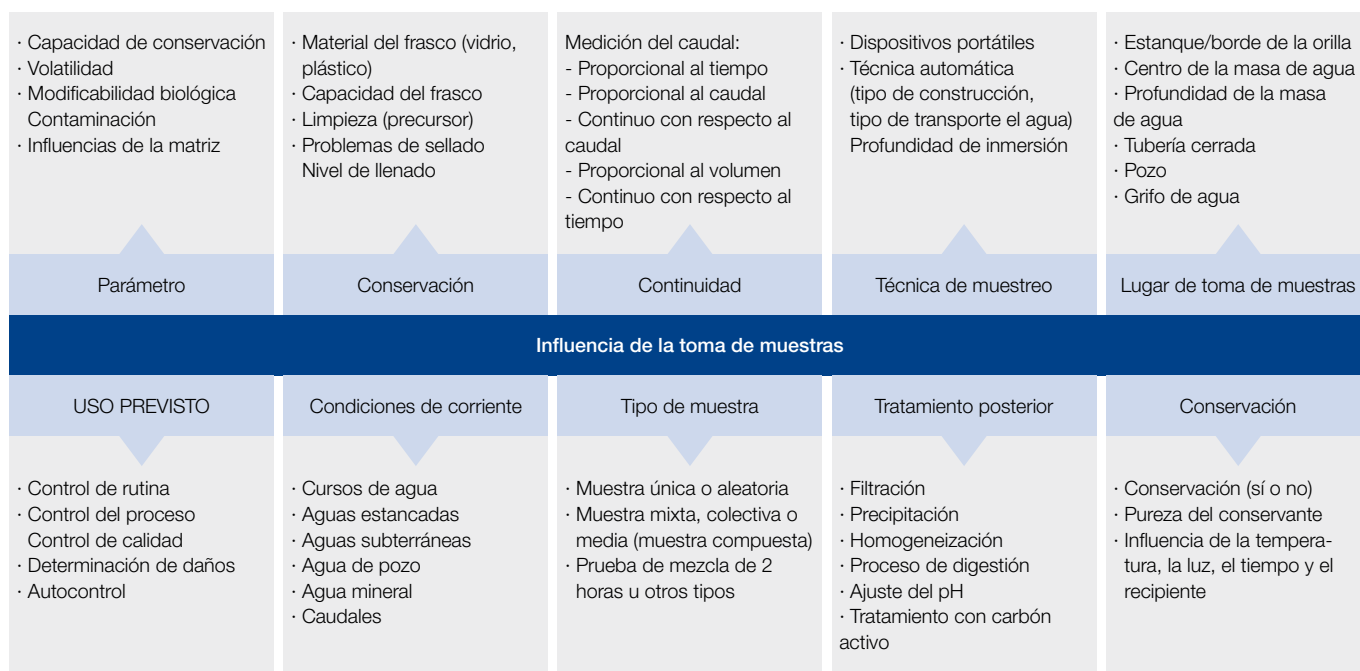


Figura 13: Influencia de cada uno de los pasos del análisis en el resultado de la medición

Los errores en la toma de muestras ya no se pueden compensar.


Los distintos tipos de muestreo se definen en la norma DIN 38402-11:2009-0.

Se pueden realizar muestreos aleatorios, muestreos compuestos, muestreos por sucesos o diferentes muestreos proporcionales. En el caso de las plantas depuradoras, el índice de población es un factor decisivo a la hora de determinar el tipo de muestreo que se llevará a cabo.

Las figuras siguientes muestran el significado de cada uno de los muestreos.

Q = cantidad

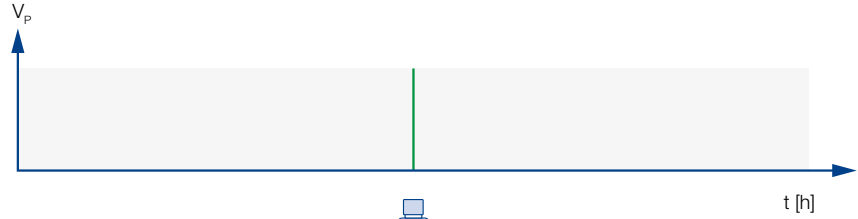
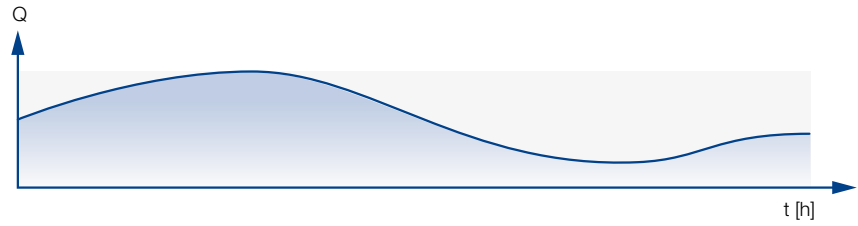
t = tiempo [h]

 = cantidad de muestra por frasco

V_p = volumen de dosificación por muestra

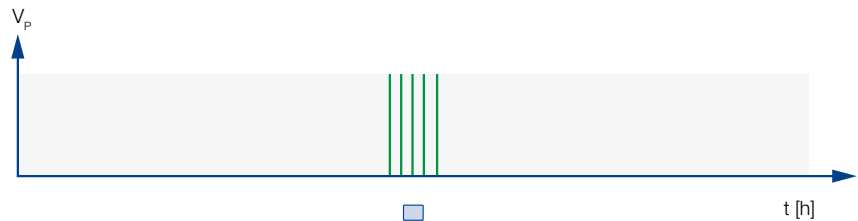


- Extracción única



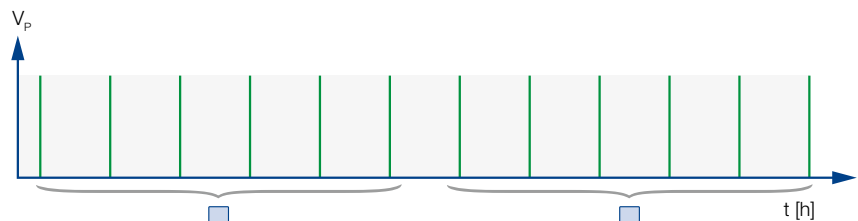
Muestra aleatoria

- Al menos 5 muestras aleatorias > 2 min durante un máximo de 2 h



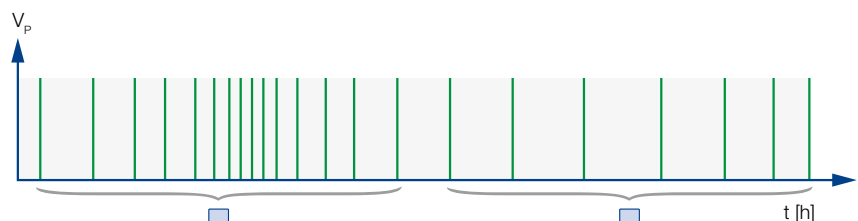
Muestra aleatoria cualificada

- Intervalos periódicos
- Cantidad de muestra constante



Muestreo proporcional al tiempo

- Toma de muestras tras un caudal definido
- Cantidad de muestra constante



Muestreo proporcional al volumen

Figura 14: Diferentes tipos de muestreo

Por «muestra aleatoria simple» se entiende la toma única de una muestra, o bien de una o varias muestras individuales tomadas sucesivamente sin interrupción y combinadas, con el fin de evaluar un estado momentáneo. Una muestra aleatoria válida se compone de al menos 5 muestras aleatorias tomadas con un intervalo no inferior a 2 minutos, en un período máximo de 2 horas.

Se denominan «muestras compuestas» a dos o más muestras tomadas de forma individual o continua que se han mezclado en una proporción conocida adecuada, con el fin de determinar a partir de la mezcla el valor medio de una característica deseada, como por ejemplo una muestra compuesta de 24 horas (muestra compuesta diaria).

En un muestreo proporcional al tiempo, se extrae una cantidad constante de muestra a intervalos regulares. En el muestreo proporcional al volumen, la toma de muestras se basa en el caudal definido, aunque en este caso también se extrae siempre una cantidad constante.

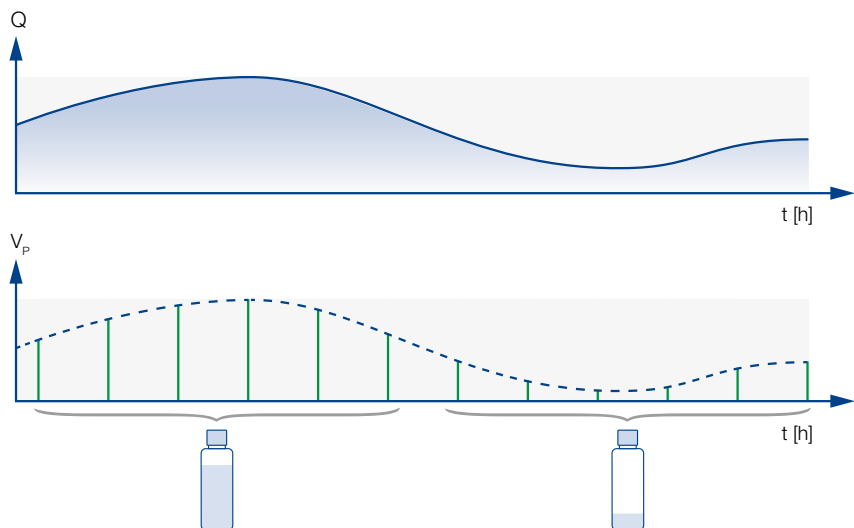


Figura 15: Muestreo proporcional al caudal

Si el muestreo es proporcional al caudal, se extrae a intervalos regulares una cantidad variable de muestra (en función del caudal).

También se puede realizar un muestreo basado en sucesos tras un suceso concreto, por ejemplo, si se supera o no se alcanza un valor límite.

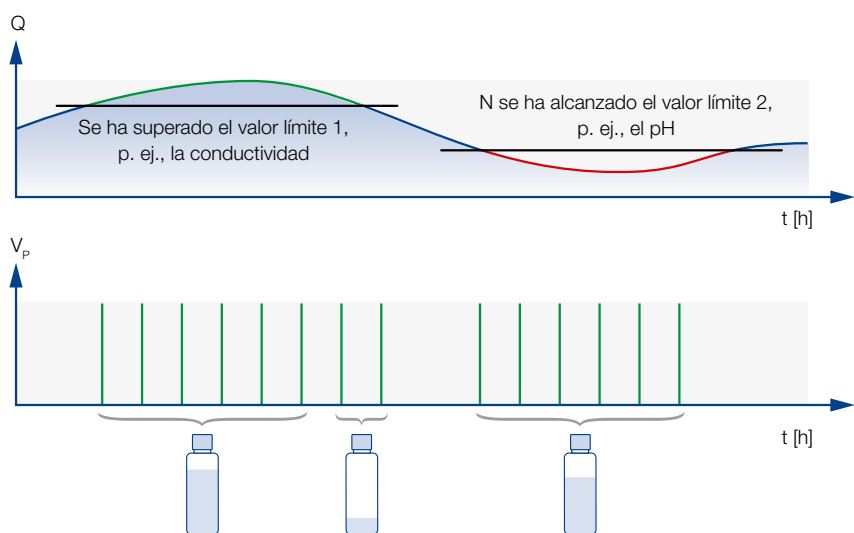




Figura 16: Muestreo por sucesos


La muestra extraída se debe transportar en frascos de vidrio o en recipientes de PVC. Especialmente en el caso de agua muy contaminada con aceites o pesticidas, se recomienda utilizar una botella de vidrio.


Antes de cada trasvase a recipientes más pequeños, o incluso justo antes del análisis, la muestra se debe volver a homogeneizar para que siga siendo representativa. La homogeneización se puede lograr simplemente agitando y removiendo la muestra. Se puede lograr una mayor homogeneización con una batidora o un Ultra-Turrax justo antes del análisis.



Q = cantidad
t = tiempo [h]
 = cantidad de muestra por frasco
 V_p = volumen de dosificación por muestra

- Intervalos periódicos
- Cantidad de muestra variable



Q = cantidad
t = tiempo [h]
 = cantidad de muestra por frasco
 V_p = volumen de dosificación por muestra

- Toma de muestras en función de un incidente
- Cantidad de muestra constante
- Frecuencia constante

Durante el muestreo se deben tener en cuenta y descartar las posibles fuentes de error:

Fuentes de error					
Toma de muestras	Conservación	Almacenamiento	Manejo	Específico para cada muestra	Preparación de las muestras
<ul style="list-style-type: none"> · Punto de muestreo incorrecto · Contaminación de la muestra por el uso de frascos de muestreo inadecuados · Pérdidas de ingredientes debido a una técnica de muestreo incorrecta, un transporte inadecuado, presencia de aire en las botellas llenas · Acumulación de sólidos debido al lavado con agua no adecuada (p. ej., agua de entrada) 	<ul style="list-style-type: none"> · Falta de conservación de la muestra o conservación incorrecta (conservante inadecuado, dosificación o concentración incorrectas del conservante) · Contaminación de los conservantes 	<ul style="list-style-type: none"> · Almacenamiento incorrecto de la muestra (temperatura y exposición a la luz) · Recipiente de muestra inadecuado (p. ej., absorción de componentes a/de las paredes del recipiente, juntas insuficientes) · Tiempo de conservación excesivo hasta el análisis 	<ul style="list-style-type: none"> · Confusión de la muestra debido a un etiquetado ilegible, incompleto o incorrecto · Intercambio de tapones de frascos · Contaminación por sustancias e ingredientes debido a un lavado insuficiente y a grandes diferencias de concentración (aguas residuales, agua potable) 	<ul style="list-style-type: none"> · Alteraciones de la muestra debidas a otros procesos químicos (p. ej., oxidaciones o reducciones) · Alteraciones de la muestra debidas a la actividad bacteriana · Formación de sedimentos por precipitación de partículas · Emisiones de sustancias altamente volátiles debidas al transporte o al movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> · Homogeneización incorrecta o ninguna homogeneización · Ninguna filtración en caso de compuestos solubles o filtración en caso de parámetros sumarios

Figura 17: Posibles fuentes de error antes del análisis fotométrico

2.2 Conservación

No siempre es posible realizar el análisis inmediatamente después de la toma de muestras. En función de los parámetros, existen diferentes formas de estabilizar las muestras (p. ej., mediante la adición de ácidos o bases) o de conservarlas. Una conservación adecuada garantiza que la muestra extraída siga siendo representativa en el momento del análisis.

El análisis del parámetro clásico de las plantas depuradoras, el DQO, se debe realizar siempre lo antes posible tras la toma de muestras. Si esto no fuera posible, se ajustará el pH de 1 litro de muestra con ácido sulfúrico concentrado a un valor de 2 o inferior. Esta muestra acidificada se puede conservar hasta siete días a temperatura ambiente. Si la muestra se conserva a 4 °C, el análisis se puede realizar incluso hasta 28 días después de la toma de la muestra. La refrigeración ralentiza los procesos de degradación biológicos. En el caso de parámetros metálicos como el cromo, la estabilización se lleva a cabo agregando ácido nítrico (HNO₃) hasta alcanzar un pH de 1 a 2.

Sin embargo, algunos parámetros, como el cloro o el oxígeno, se deben analizar inmediatamente después de la toma de la muestra; en estos casos, no es posible conservarlas. Cualquier retraso producirá resultados de medición erróneos.

Por el contrario, también hay parámetros, como los quelantes o el cloruro, que no se descomponen con el tiempo, sino que se mantienen estables. En estos casos, la muestra se puede almacenar sin necesidad de una conservación especial y analizar más adelante.

Papeles de filtro de alta calidad

Papeles de filtración MN desde 1911



Calidad de marca alemana

- Más de 7000 productos de filtración diferentes
- Resultados fiables
- Fabricaciones flexibles y a medida
- Papeles de filtro especiales para plantas depuradoras, para una filtración conforme a la norma DIN EN 872



La Tabla 4 ofrece un resumen de los distintos pasos de conservación según los parámetros.

Parámetro	Conservación
Acidez	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Alcalinidad	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Aluminio	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Amonio	pH 1 – 2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Tensioactivos anión.	Adición de 1 % (v/v) de una solución de formaldehído al 40 % (v/v), máx. 4 días
AOX	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Plomo	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Bromuro	No se requiere
DBO ₅	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Cadmio	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Calcio	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Dureza carbonatada	Medición rápida, máx. 1 día
Cloro	¡Medir inmediatamente!
Clorato	pH 10 ± 0,5 de NaOH
Dióxido de cloro	¡Medir inmediatamente!
Cloruro	No se requiere
Clorito	pH 10 ± 0,5 de NaOH
Cromo	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Cromato	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
DQO / TOC	pH 1 – 2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Cianuro total	pH > 12, NaOH, máx. 7 días
Cianuro fácilmente liberable	pH > 12, NaOH, máx. 7 días
DEHA	¡Medir inmediatamente!
Hierro	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Hierro(II)	pH 1 – 2, HCl, máx. 7 días
Etanol	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Coloración	Medición rápida, máx. 1 día
Fluoruro	No se requiere
Formaldehído	Medición rápida, máx. 1 día
Fósforo total	pH 1 – 2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Nitrógeno total	pH 1 – 2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Dureza	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Hidracina	Acidificación con HCl a un pH = 1, conservación en un lugar oscuro, cierre hermético, máx. 1 día
Potasio	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Tensioactivos cat.	Medición rápida, máx. 1 día
Ácido silícico	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Cobalto	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Hidrocarburos	pH 1 – 2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Quelantes	No se requiere
Cobre	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Magnesio	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Manganeso	pH 1 – 2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Metanol	Enfriamiento a 1 – 5 °C, 1 día
Tensioactivos no iónicos	Adición de 1 % (v/v) de una solución de formaldehído al 40 % (v/v), máx. 4 días

Parámetro	Conservación
Níquel	pH 1–2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Nitrato	pH 1–2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Nitrito	Medición rápida, máx. 1 día
Ácidos org.	Medición rápida, máx. 1 día
Ortofosfato	pH 1–2, H ₂ SO ₄ , máx. 7 días
Ozono	¡Medir inmediatamente!
Peróxido	¡Medir inmediatamente!
pH	Medición rápida, máx. 1 día
Fenoles	pH < 4, H ₃ PO ₄ , conservar en un lugar oscuro, máx. 21 días
Índice fenólico	pH < 4, H ₃ PO ₄ , conservar en un lugar oscuro, máx. 21 días
POC	No se requiere
Oxígeno	¡Medir inmediatamente!
Hidrosulfuro	¡Medir inmediatamente!
Plata	pH 1–2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Silicato disuelto	¡Medir inmediatamente!
Grosor	Medición rápida, máx. 1 día
Sulfato	Enfriamiento a 1–5 °C, 7 días
Sulfito	Fijación del sulfuro mediante la adición de 2 mL de solución de acetato de zinc (2 N) a 1 litro de volumen de muestra; adición de NaOH si el pH no se encuentra entre 8,5 y 9,0; máx. 7 días
Sulfito	Medición rápida, máx. 1 día
Tiocianato	Medición rápida, máx. 1 día
TTC	¡Medir inmediatamente!
Zinc	pH 1–2, HNO ₃ , máx. 1 mes
Estaño	pH 1–2, HCl, máx. 7 días

Tabla 4: Conservación de muestras según parámetros específicos

2.3 Preparación de las muestras

Para garantizar un análisis sin errores, lo ideal es que la solución de muestra sea transparente e incolora, y que no contenga iones interferentes ni turbideces. Asimismo, cada prueba requiere un intervalo de pH específico en el que funcione de manera fiable. Por eso, a menudo las muestras no se pueden utilizar directamente, sino que requieren cierta preparación.

En el caso de parámetros sumarios, como por ejemplo el fosfato total, la muestra homogeneizada se utiliza directamente y se somete a una digestión oxidativa. La muestra no se filtra, ya que la filtración eliminaría los compuestos de fosfato que pudieran estar ligados en forma de complejos o ser poco solubles, lo que daría lugar a un resultado inferior al real. Encontrará más detalles sobre los métodos de preparación en el apartado 3. Procedimiento de digestión, página 27.

Si solo se desea analizar el ortofosfato, o también otros compuestos solubles, la muestra se filtrará para eliminar las posibles partículas en suspensión y la turbidez interferentes. La turbidez se debe a pequeñas partículas en suspensión (no disueltas) que presentan un índice de refracción diferente al del medio. Esto da lugar a la absorción, la dispersión y la reflexión de la luz incidente. Se producen resultados de medición erróneos.

Para eliminar las turbideces de dispersión finas se utilizan filtros de membrana con un tamaño de poro fino (0,45 µm), mientras que para la filtración de turbideces de dispersión gruesas se emplean filtros de papel de alta calidad. (p. ej., MN 615). A menudo, tras la filtración preliminar se lleva a cabo una filtración fina con filtros de membrana.



En el caso de parámetros sumarios, como por ejemplo el fosfato total, la muestra homogeneizada se utiliza directamente y se somete a una digestión oxidativa. La muestra no se filtra.

Las turbideces provocan una mayor absorción, por lo que es importante efectuar una filtración en caso de compuestos solubles antes del análisis.

La temperatura de reacción y el pH son factores importantes en el análisis.



Las muestras frías o congeladas se deben ajustar a temperatura ambiente (20–25 °C). Todos los kits de análisis están diseñados para realizarse a temperatura ambiente. Si la muestra está demasiado fría, es posible que el proceso de reacción se vea afectado y que se produzcan mediciones erróneas.

El pH es determinante en todas las reacciones químicas. Algunas reacciones solo tienen lugar en un entorno ácido, mientras que otras se producen en un entorno alcalino o neutro. Si el pH es demasiado alto o demasiado bajo, se puede ajustar con ácidos o bases. Se debe prestar atención a que los ácidos o las bases sean adecuados para la prueba. Cada vez que se utilizan ácidos y bases, se produce al mismo tiempo una dilución del parámetro a determinar, lo que se deberá tener en cuenta al interpretar los resultados.

Ejemplo: En muchos análisis provocan interferencias los iones de cloruro. Por lo tanto, no es adecuado ajustar el pH con ácido clorhídrico.

La temperatura de reacción necesaria y el pH ideal de la solución de muestra se indican en las instrucciones de la prueba correspondiente.

3. Procedimiento de digestión

En la práctica, el análisis suele abarcar únicamente la parte disuelta de las sustancias que se deben analizar. Por el contrario, no se detectan las sustancias poco solubles, poliméricas o unidas en complejos, ni tampoco los iones que se encuentren en estados de oxidación distintos a los que permite detectar la prueba. Precisamente en las muestras muy contaminadas, los compuestos se suelen presentar en forma compleja o estar ligados de alguna otra manera.

Por lo tanto, para determinar el contenido total de un compuesto, es necesario llevar a cabo una digestión.

La digestión es un paso preparatorio que forma parte del proceso de preparación de muestras. Mediante la digestión, estas sustancias se transforman, con la ayuda de un reactivo de digestión, en compuestos fácilmente solubles (en agua o en ácido) y, por lo tanto, aptos para el análisis. La digestión destruye los componentes orgánicos interferentes; los óxidos no disueltos (óxidos metálicos) se disuelven; los iones metálicos se liberan de los complejos y se eliminan los compuestos adsorbentes.

Lo ideal es que, tras la digestión, la solución sea transparente y no presente turbideces. En caso contrario, se deberá realizar una segunda digestión con nueva adición del reactivo de digestión. Si se trata de un sedimento insoluble, se deja que se deposite y solo se utilizará el sobrenadante para el análisis posterior.

En función de los parámetros y de la sustancia a analizar, existen distintos métodos de digestión. Es importante observar la temperatura y el tiempo de digestión indicados. En caso de incumplimiento, puede ocurrir que cierta parte de los compuestos poco solubles aún no se haya transformado en compuestos solubles, lo que daría lugar a resultados inferiores a los reales en el análisis.

3.1 ¿Cuándo es necesario realizar digestiones?

En general, las digestiones se deberán realizar cuando así lo indiquen las instrucciones de trabajo, por ejemplo, en el caso de los análisis de DQO, nitrógeno total o TOC. En todos los denominados parámetros sumarios, se realiza antes del análisis una digestión.

Además, se deberá realizar una digestión cuando se sospeche que la muestra contiene quelantes u otros compuestos poco solubles que podrían eludir el análisis. En caso de sospecha, se recomienda analizar la muestra para detectar la posible presencia de quelantes antes de realizar el análisis. Esto se puede hacer, por ejemplo, mediante la prueba con cubetas redondas para quelantes orgánicos.

En numerosas pruebas con cubetas redondas, el reactivo de digestión necesario ya está incluido en la prueba (p. ej., pruebas para DQO, nitrógeno total, fósforo total, cromo total). En otras pruebas (como, p. ej., en la mayoría de los parámetros relacionados con los metales), el reactivo de digestión se añade adicionalmente y antes de la prueba propiamente dicha.

3.2 Reactivos de digestión en el análisis fotométrico

El tipo de digestión que se realizará depende fundamentalmente del parámetro a determinar, del compuesto químico presente y de su concentración. Además, influyen factores como el volumen de la muestra, los análisis posteriores y las posibles interferencias de la matriz.

En la mayoría de las digestiones se utiliza peroxodisulfato como reactivo de digestión. Las ventajas del peroxodisulfato residen en su gran poder oxidante y, al mismo tiempo, en su manejo relativamente sencillo como sustancia sólida. Durante el proceso de digestión, el peroxodisulfato se reduce a sulfato, mientras que los compuestos que se deben digerir se oxidan.



La digestión transforma los compuestos poco solubles en compuestos fácilmente solubles, aptos para el análisis.



En el caso de los parámetros sumarios siempre se deberá realizar una digestión.



Los peroxodisulfatos se encuentran entre los oxidantes más potentes.

La Figura 18 ofrece un resumen de los distintos tipos de digestión que son importantes en el análisis fotométrico del agua.

Digestiones para análisis fotométricos					
Digestión con peroxodisulfato				Digestión con dicromato potásico y ácido sulfúrico	Digestión en agua regia con ácido clorhídrico y ácido nítrico
Ya integrado en la realización del análisis: AOX · Cromo total · Fosfato total · Nitrógeno total · TOC	NANOCOLOR® NanOx N: Nitrato	NANOCOLOR® NanOx Metal: Aluminio Cadmio Cromo Hierro Cobalto Cobre Níquel Fosfato Zinc	Kit de digestión NANOCOLOR® : Plomo Cadmio Hierro Cobre Cobalto Níquel Zinc	Ya integrado en la realización del análisis: DQO Hidrocarburos	NANOCOLOR® Lodo de depuradora: Cadmio Cromo Cobre Níquel Zinc

Figura 18: Resumen de las digestiones para análisis fotométricos

3.3 Determinación del nitrógeno total con **NANOCOLOR®** NanOx N

Para poder determinar el nitrógeno total, se requiere primero una digestión. Solo mediante una digestión se puede garantizar que todos los compuestos nitrogenados presentes en la muestra se detecten en el análisis posterior.



Figura 19: Reactivo de digestión **NANOCOLOR®** NanOx N (REF 918979)

El peroxodisulfato oxida todos los compuestos nitrogenados a nitrato.



3.3.1 Principio de la digestión

El principio de este proceso de digestión consiste en la oxidación térmicamente inducida a nitrato (NO_3^-) de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas que contienen nitrógeno con la ayuda de peroxodisulfato de potasio. La digestión se lleva a cabo en el bloque térmico (1 hora a 100 °C o 30 minutos a 120 °C). Como alternativa, se puede utilizar para la digestión el microondas.

Los restos de peróxido que quedan tras la oxidación y, dado el caso, el cromo(VI) presente, que interfieren en la determinación de nitratos, se eliminan mediante el medio compensador.

Tras la digestión, se determina el nitrógeno en forma de nitrato con *NANOCOLOR*[®] Nitrato 50 (prueba 0-64). Las pruebas *NANOCOLOR*[®] Nitrógeno total (TN_b) incluyen el reactivo de digestión *NANOCOLOR*[®] NanOx N y la prueba correspondiente *NANOCOLOR*[®] Nitrato para el análisis posterior, todo ello en un solo envase.

3.3.2 Notas sobre la solución de prueba

Antes de la digestión, se deberá homogeneizar la solución para obtener una muestra representativa.

El pH de la muestra a analizar debe estar comprendido entre 5 y 9. Los valores divergentes se deberán ajustar con disolución de hidróxido sódico o ácido sulfúrico. Las concentraciones de nitrógeno que superan el intervalo de medición doble pueden simular valores de medición que se encuentran dentro del intervalo de medición sencillo y, por lo tanto, se pueden interpretar erróneamente.

Diluir previamente el valor de medición previsto de la muestra al intervalo de medición indicado por la prueba. En el caso de aguas con concentración desconocida, por motivos de seguridad se deberán realizar análisis con diluciones muy diferentes (1 + 9; 1 + 99) hasta que la última dilución confirme el valor obtenido anteriormente.

La digestión en el bloque térmico a 100 / 120 °C presenta un menor potencial de oxidación que la digestión por microondas. En el caso de aguas residuales principalmente de origen municipal, se podrá aplicar este método si la matriz se mantiene inalterada durante períodos prolongados. No obstante, de vez en cuando conviene verificar los valores medidos mediante métodos comparativos (p. ej., con la digestión por microondas).

Es posible que con el producto de digestión peroxodisulfato no se detecten o solo se detecten parcialmente los compuestos de difícil oxidación. También cabe esperar una digestión incompleta en el caso de muestras que consumen grandes cantidades de oxidante (p. ej., muestras con una DQO superior a 1000 mg/L de O₂).

Los componentes inorgánicos amonio, nitrito y nitrato se registran en el valor medido junto con los compuestos nitrogenados orgánicos, como aminoácidos, urea, aglutinantes, etc.

3.3.3 Procedimiento

Pipetear 5,0 mL de solución de muestra en un vaso de reacción limpio vacío DE 16 mm (REF 91680), agregar una cucharada medidora naranja de reactivo de digestión *NANOCOLOR*[®] NanOx N, obturar y agitar meticulosamente. Introducir el vaso de reacción en un bloque térmico *NANOCOLOR*[®] y calentarlo 1 hora a 100 °C o 30 minutos a 120 °C. Extraer el vaso de reacción, invertirlo brevemente y dejarlo enfriar.

Abrir el vaso de reacción, agregar una cucharada medidora de reactivo de compensación *NANOCOLOR*[®] NanOx, obturar el vaso de reacción y volver a agitarlo vigorosamente.

Ahora, el contenido se puede utilizar como solución de muestra para determinar el nitrógeno total TN_b con la prueba 0-64 *NANOCOLOR*[®] Nitrato 50.



El pH de la muestra debe estar comprendido entre 5 y 9.



Las concentraciones de nitrógeno que superen el intervalo de medición doble pueden simular valores de medición incorrectos.



En www.mn-net.com se pueden descargar gratuitamente las instrucciones de *NANOCOLOR*[®] NanOx N.

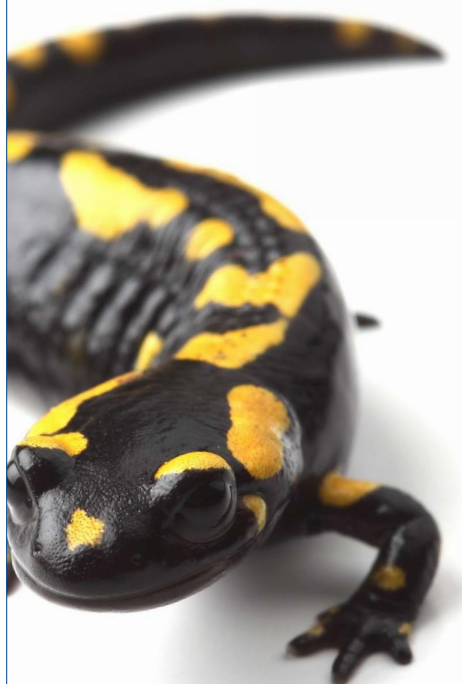
NANOCOLOR® VARIO 4

Bloque térmico para la
digestión fiable de muestras



Descubra la versatilidad

- Pantalla táctil con navegación intuitiva por los menús
- Tiempos de calentamiento reducidos y gran estabilidad térmica
- CCl por medio de NANOCOLOR® T-Set conforme a DWA-A 704
- DQO, N y P totales en solo 30 minutos



3.4 Determinación del contenido total de metales y de fósforo con NANOCOLOR® NanOx Metal

Para poder determinar el contenido total de metal o de fósforo, se requiere primero una digestión. Solo mediante una digestión se puede garantizar que todos los compuestos metálicos o de fósforo presentes en la muestra se detecten en el análisis posterior.



Figura 20: Reactivo de digestión NANOCOLOR® NanOx Metal (REF 918978)

3.4.1 Principio de la digestión

El principio de la digestión oxidativa es la detección del fósforo total y de metales o iones metálicos con enlaces complejos presentes en un estado de oxidación, en el que no se podrían detectar sin digestión. La digestión se lleva a cabo mediante calor con peroxodisulfato de sodio en un bloque térmico o en el microondas.

Tras la digestión, se agrega el reactivo de neutralización (bicarbonato de sodio) para ajustar el pH.


3.4.2 Notas sobre la solución de prueba

Antes de la digestión, se deberá homogeneizar la muestra para obtener una muestra representativa.

Diluir previamente el valor de medición previsto de la muestra al intervalo de medición indicado por la prueba. En el caso de aguas con concentración desconocida, por motivos de seguridad se deberán realizar análisis con diluciones muy diferentes (1 + 9; 1 + 99) hasta que la última dilución confirme el valor obtenido anteriormente.

NANOCOLOR® NanOx Metal es apto para la digestión en el bloque térmico a 100/120 °C y en el microondas. La digestión en el bloque térmico presenta un menor potencial de oxidación y se deberá verificar mediante diluciones y comparaciones con la digestión en microondas. Es posible que con el producto de digestión peroxodisulfato no se detecten o solo se detecten parcialmente los compuestos de difícil oxidación. También cabe esperar una digestión incompleta en el caso de muestras que consumen grandes cantidades de oxidante (p. ej., muestras con una DQO superior a 1000 mg/L de O₂).

En el caso de soluciones de muestra con una concentración aún desconocida de compuestos metálicos o de fósforo, o en el caso de muestras con un presunto consumo elevado de oxidantes, se recomienda preparar varias muestras con diferentes diluciones (p. ej., 1 + 1, 1 + 9), para garantizar la fiabilidad del valor analítico obtenido posteriormente. La dilución se deberá incluir en el cálculo del valor de medición.



El peroxodisulfato oxida todos los compuestos de fósforo a fosfato y todos los compuestos metálicos a estados de oxidación superiores analizables.

En www.mn-net.com se pueden descargar gratuitamente las instrucciones de **NANOCOLOR® NanOx Metal**.



3.4.3 Procedimiento

Introducir 6,0 mL de la solución de muestra en un vaso reacción vacío DE 16 mm (REF 91680), agregar 1 cucharada medidora naranja de reactivo de digestión **NANOCOLOR® NanOx Metal**, obturar y agitar enérgicamente. Insertar el vaso de reacción en el bloque térmico y calentarlo 30 minutos a 120 °C o 1 hora a 100 °C. Extraerlo del bloque térmico, dejarlo enfriar e invertirlo brevemente.

La solución de digestión debe ser transparente e incolora. De lo contrario, volver a realizar la digestión. En el caso de un sedimento insoluble, se debe dejar que se deposite y se deberá utilizar únicamente el sobrenadante para el análisis posterior.

Invertir el vaso de reacción una vez boca abajo y abrirlo después; comprobar la ausencia de peróxido con **QUANTOFIX® Peróxido 25** (REF 91319). Si aún quedaran peróxidos, volver a calentar la solución de digestión sin agregar más reactivo de digestión **NANOCOLOR® NanOx Metal**.

Si la solución de digestión ya no contiene peróxido, agregar con cuidado (formación de gases) 3 microcucharadas de reactivo neutralizante **NANOCOLOR® NanOx Metal**, obturarla y agitarla vigorosamente una vez más. El pH debe estar entre 3 y 7; de lo contrario, utilizar más reactivo neutralizante.

Ahora se puede utilizar el contenido como solución de muestra para los análisis de fósforo y metales mencionados, prestando atención a que, si se modifica el volumen de la muestra, el resultado de medición de las pruebas con cubetas rectangulares se debe multiplicar por el factor de dilución correspondiente.

Digestión XL:

Además de la digestión estándar, también se puede realizar una digestión XL. En lugar de 6 mL de solución de muestra, se digieren 17 mL de solución de muestra por cubeta. Tenga en cuenta que para esta digestión se requieren cubetas de mayor tamaño (REF 91622) y también un bloque térmico diferente (REF 919350.1).

Esta digestión es ideal cuando se deben determinar varios parámetros metálicos.

Accesorios necesarios:

Bloque térmico **NANOCOLOR® VARIO C2 M** (REF 919350.1)

Cubeta de digestión **NANOCOLOR® DE 22 mm** (REF 91622)

Pipetear 17 mL de solución de muestra en un vaso de reacción (REF 91622) vacío, agregar 3 cucharadas medidoras naranjas de reactivo de digestión **NANOCOLOR® NanOx N**, obturar y agitar meticulosamente. Insertar el tubo de reacción en el bloque térmico **NANOCOLOR® VARIO C2 M** (REF 919350.1) y calentarlo 30 minutos a 120 °C o 1 hora a 100 °C. Extraerlo del bloque térmico, dejarlo enfriar e invertirlo brevemente.

La solución de digestión debe ser transparente e incolora. De lo contrario, volver a realizar la digestión. En el caso de un sedimento insoluble, se debe dejar que se deposite y se deberá utilizar únicamente el sobrenadante para el análisis posterior.

Invertir el vaso de reacción una vez boca abajo y abrirlo después; comprobar la ausencia de peróxido con **QUANTOFIX® Peróxido 25** (REF 91319). Si aún quedaran peróxidos, volver a calentar la solución de digestión sin agregar más reactivo de digestión **NANOCOLOR® NanOx Metal**.

Si la solución de digestión no contiene peróxido, agregar con cuidado (formación de gases) 3 cucharadas medidoras negras de reactivo neutralizante **NANOCOLOR® NanOx Metal** (tener en cuenta las instrucciones generales para la realización), obturarla y agitarla vigorosamente una vez más. El pH debe estar entre 3 y 7; de lo contrario, utilizar más reactivo neutralizante.

La digestión XL permite determinar 4 pruebas de metales por cubeta XL.



Ahora se puede utilizar el contenido como solución de muestra para los análisis de fósforo y metales mencionados, prestando atención a que, si se modifica el volumen de la muestra, el resultado de medición de las pruebas con cubetas rectangulares se debe multiplicar por el factor de dilución correspondiente. Una vez finalizado el análisis, eliminar la solución de digestión del recipiente de digestión y limpiarlo con un cepillo para botellas y aclararlo con agua destilada.

Nota sobre la digestión XL:

¡Si se utilizan dos recipientes de digestión grandes, se pueden insertar en el bloque térmico como máximo cuatro vasos de reacción adicionales con DE 16 mm.



Si se utilizan dos recipientes de digestión grandes, se pueden utilizar como máximo cuatro vasos de reacción adicionales con DE 16 mm.

3.4.4 Parámetros

Tras la digestión con *NANOCOLOR® NanOx Metal*, se pueden determinar diversos parámetros metálicos. No es necesario agregar neutralizante tras la digestión en todos los parámetros. En la Figura 21 encontrará una comparación de los parámetros que se pueden determinar y qué particularidades se deberán tener en cuenta.

Tras la digestión con <i>NANOCOLOR® NanOx Metal</i> , se pueden realizar las siguientes determinaciones:	
Realización normal	Realización modificada
<ul style="list-style-type: none"> · Prueba 0-98 Aluminio 07^a · Prueba 1-02 Aluminio^a · Prueba 0-14 Cadmio 2 · Prueba 1-51 Cobalto · Prueba 0-61 Níquel 7 · Prueba 0-71 Níquel 4 · Prueba 1-62 Níquel · Prueba 0-76 Fosfato 1 (fósforo) · Prueba 0-81 Fosfato 5 (fósforo) · Prueba 0-80 Fosfato 15 (fósforo) · Prueba 0-55 Fosfato 45 (fósforo) · Prueba 1-95 Zinc · Prueba 0-96 Zinc 4 	<ul style="list-style-type: none"> · Prueba 0-24 Cromato 5 (cromo)^b · Prueba 1-25 Cromato (cromo)^b · Prueba 1-36 Hierro^a · Prueba 0-37 Hierro 3^b · Prueba 1-53 Cobre^c · Prueba 0-54 Cobre 7^d · Prueba 0-53 Cobre 5 · Prueba 0-79 Fosfato 50 (fósforo)^b

^a Solo se puede realizar en el microondas.
^b Se puede omitir el paso 2, «Adición del reactivo neutralizante *NANOCOLOR® NanOx*».
^c En lugar del reactivo de neutralización, utilizar doble cantidad de reactivo R1.
^d En lugar del reactivo de neutralización, utilizar doble cantidad de reactivo R2.

Figura 21: Posibles determinaciones tras la digestión con *NANOCOLOR® NanOx Metal*

3.5 Consejos y trucos

Homogeneización

· En cualquier caso, la homogeneización se deberá llevar a cabo antes de la digestión. Solo así se obtendrá una muestra representativa y un resultado de análisis significativo.

Tras la digestión, la solución de digestión debe ser transparente e incolora. De lo contrario, volver a realizar la digestión. En el caso de un sedimento insoluble, se debe dejar que se deposite y se deberá utilizar únicamente el sobrenadante para el análisis posterior.

Neutralización

· Tras la digestión, la muestra se debe neutralizar según la prueba específica. No es necesaria una neutralización para todas las pruebas siguientes. En las instrucciones se indica el intervalo de pH correspondiente. En las pruebas que se realizan en un intervalo de pH ácido (como, por ejemplo, cromo total), no se requiere una neutralización. Para más información, consulte las instrucciones de *NANOCOLOR® NanOx Metal*.

Necesidad de la digestión

- Siempre se deberá realizar una digestión cuando se exija determinar el contenido total de un compuesto, por ejemplo, en virtud del Reglamento sobre aguas residuales alemán, Anexo 40, o de unas instrucciones de trabajo (como las relativas a la DQO o al TOC). Además, se deberá realizar una digestión si se sospecha que la solución de muestra contiene compuestos poco solubles o en forma de complejos.

Turbidez

- Una muestra turbia no se filtra antes de la digestión. Durante la filtración, es posible que se eliminen los compuestos poco solubles, por lo que no se digerirán ni analizarán. En consecuencia, se producirán resultados inferiores a los reales.

Maletín de análisis *NANOCOLOR*[®] DQO

Maletín de mantenimiento para plantas depuradoras pequeñas



Todo incluido, todo suministrado

- Compacto y a mano
Tu estación de medición portátil de la DQO
- Seguro e inteligente
Diseño resistente para un transporte seguro
- Rápido y fiable
Resultados fiables de DQO en solo 45 minutos



El proceso de nitrificación se aprovecha en las plantas depuradoras biológicas para la depuración. Por ello, el control de los parámetros implicados —amonio, nitrito y nitrato— reviste una importancia fundamental. La concentración de amonio en la entrada a la planta depuradora determina las necesidades de oxígeno. Por lo tanto, el contenido residual de amonio en el efluente de la planta depuradora proporciona información sobre la eficacia de la instalación.



A diferencia del amoniaco libre, las sales de amonio no son tóxicas.

El amoniaco es un tóxico celular para los organismos superiores. Se produce como producto intermedio del metabolismo en el cerebro, los músculos, el hígado, el intestino y los riñones. En el organismo, el amoniaco se neutraliza inmediatamente al reaccionar con el dióxido de carbono para formar urea y por conversión en glutamina. A diferencia del amoniaco libre, las sales de amonio no son tóxicas.

4.1.1.1 Principio de reacción

La determinación colorimétrica y fotométrica se lleva a cabo según la reacción de Berthelot (el principio de la reacción es análogo al de las normas DIN 38406-E5, ISO 7150-1, APHA 4500-NH₃-F y EPA 350.1).

En una solución muy alcalina (pH ~ 12,6), el amonio o el amoniaco reaccionan con hipoclorito y salicilato, en presencia de nitroprusiato de sodio (nitrosopentacianoferrato(III) de sodio) como catalizador, para formar un indofenol azul.

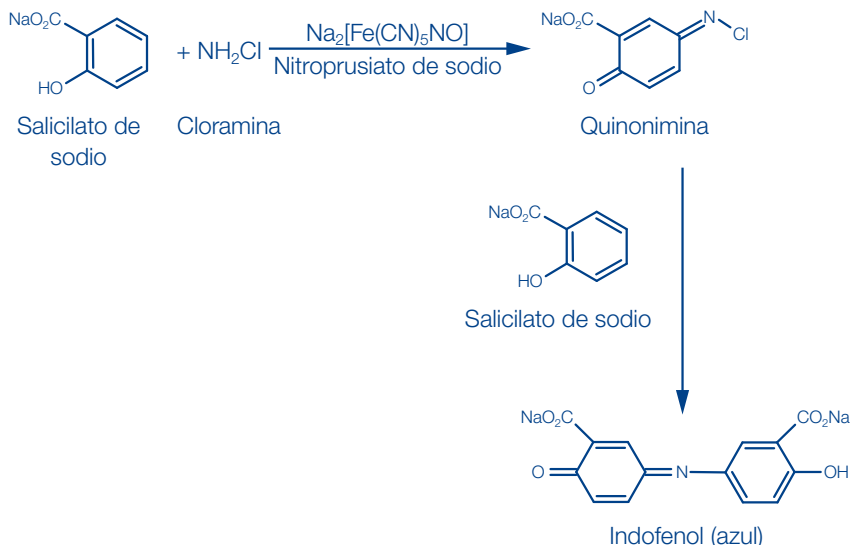
En la primera etapa de la reacción, se genera hipoclorito in situ a partir del ácido dicloroisocianúrico en el medio alcalino.



Este reacciona con el amoniaco formando cloramina.



Las cloraminas forman, con una cantidad catalítica de nitroprusiato sódico y fenoles (en este caso: salicilato de sodio), una quinonimina. Esta se combina con otro equivalente de salicilato de sodio, dando lugar a la formación de un indofenol azul.



R-Cl = ácido dicloroisocianúrico
R = resto general
NaOH = hidróxido de sodio
NaOCl = hipoclorito de sodio
NH₃ = amoniaco
NH₂Cl = cloramina



4.1.1.2 Conservación de muestras

· Una vez estabilizado el pH con H₂SO₄ a un valor de 1–2 y tras la filtración in situ, la muestra se puede conservar durante un máximo de 7 días hasta el inicio del análisis (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.1.1.3 Consejos y trucos

Aptitud para agua de mar

· Prácticamente todas las pruebas VISOCOLOR® y NANOCOLOR® Amonio permiten analizar agua de mar; en algunos casos se requiere para ello una dilución (1:1 o 1 + 9). Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

- La solución de reacción o la muestra no deben ser demasiado ácidas. Las muestras muy ácidas y las tamponadas se deberán ajustar antes del análisis al intervalo de pH necesario con disolución de hidróxido sódico. En función del kit de análisis y del intervalo de medición, se requieren distintos valores de pH de la solución de muestra. La indicación detallada figura en las instrucciones de la prueba.
- Según del valor de pH, el nitrógeno amoniacal presente en las aguas está en equilibrio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ (NH_4OH); ambas formas se cuantifican íntegramente en el análisis.
- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba.

Temperatura de reacción

- Es imprescindible observar la temperatura de reacción. El tiempo de reacción de 15 minutos solo es válido para $T = 20\text{ °C}$. A temperaturas diferentes, los resultados pueden ser inferiores a los reales.

Interferencias

- Las aminas primarias reaccionan como los iones de amonio y dan lugar a resultados superiores a los reales.
- Las sustancias que consumen cloro pueden, en función de su concentración, reducir el valor de medición o impedir por completo la reacción.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.
- En el caso de muestras con una concentración excesiva (concentración múltiple) de sustancias oxidables, como p. ej., un valor elevado de DQO, se inhibe la formación de color. En este caso, el problema se puede solucionar mediante la dilución.

Realización del análisis

- Tras la adición del reactivo R2 en los ensayos con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®], no deje la cubeta abierta durante demasiado tiempo, ya que, de lo contrario, se escapará el gas NH_3 y existe el riesgo de resultados inferiores a los reales.
- Se obtiene una reproducibilidad óptima en aguas con bajos niveles de contaminación. En caso de contaminación intensa pueden producirse errores y se requiere una destilación previa.

Turbidez

- Filtrar en caso de turbidez; las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de $0,45\ \mu\text{m}$; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de $0,45\ \mu\text{m}$ o GF/PET de $0,45\ \mu\text{m}$.

4.1.2 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) es, junto con la demanda química de oxígeno (DQO), el parámetro sumario de rendimiento más importante para evaluar el grado de contaminación de una masa de agua.

La DBO se define como la cantidad de oxígeno en relación con el volumen que consumen los microorganismos para descomponer por oxidación las sustancias orgánicas presentes en el agua a 20 °C . Por lo general, esta determinación se realiza al cabo de 5 días, por lo que a menudo también se habla del valor DBO_5 .

Por lo tanto, la DBO indica la proporción de componentes orgánicos biodegradables presentes en la solución de muestra. La determinación se realiza por medio de la medición del consumo de oxígeno necesario para la degradación oxidativa. La indicación se realiza en mg/L O_2 .

Como alternativa al contenido de oxígeno, se puede medir el contenido de dióxido de carbono por medio de los denominados métodos respirométricos. La medición se realiza mediante la adición de hidróxido de sodio, que reacciona con el CO_2 generado formando carbonato de sodio y creando una presión negativa.

Cuanto más nutrientes orgánicos contenga la muestra, mayor será la actividad metabólica de las bacterias y, por lo tanto, el valor de DBO resultante. A partir del valor de DBO se puede determinar las características de la muestra de agua y su actividad biológica.

- Un valor elevado de DBO indica un alto contenido de sustancias orgánicas fácilmente degradables.

- Un valor reducido de DBO puede estar causado por una baja concentración de sustancias biodegradables, la presencia de compuestos de difícil degradación o por un error en la determinación del valor de DBO.

A menudo, la DBO se analiza junto con la DQO. Si la diferencia entre ambos valores es reducida, la muestra está compuesta en su mayor parte por sustancias fácilmente biodegradables. No obstante, si la diferencia es muy grande, se puede deducir una biodegradabilidad deficiente.

Además de la degradación del carbono, en la solución de muestra tiene lugar la degradación del nitrógeno. La degradación del nitrógeno, también conocida como nitrificación, es la transformación de amonio en nitrato, proceso que también implica el consumo de oxígeno. La nitrificación se suele producir después de la degradación del carbono. No obstante, para descartar cualquier interferencia, especialmente en el caso de muestras con contaminación reducida, se utilizan los denominados inhibidores de la nitrificación. El compuesto más utilizado para ello es la *N*-alitiourea (ATH o NATH).

En caso de concentraciones de DBO elevadas, se deberá agregar necesario añadir a la muestra lo que se conoce como «agua de dilución». El agua de dilución es agua del grifo sin clorar que se ha aireado en la oscuridad durante al menos una hora. La concentración de oxígeno deberá ser de al menos 8 mg/L.

Si la muestra se ha congelado o no contiene suficientes microorganismos, se deberá utilizar agua de inoculación, es decir, agua de dilución aireada e inoculada, para realizar la dilución. El agua de inoculación se obtiene, por ejemplo, a partir de aguas residuales municipales decantadas procedentes de la salida del pretratamiento o de la entrada mecánica. Para más información, consulte las instrucciones del kit de accesorios DBO (REF 916925).

4.1.2.1 Principio de reacción

La DBO se determina midiendo la concentración de oxígeno. Los microorganismos consumen oxígeno y transforman las sustancias orgánicas en dióxido de carbono.

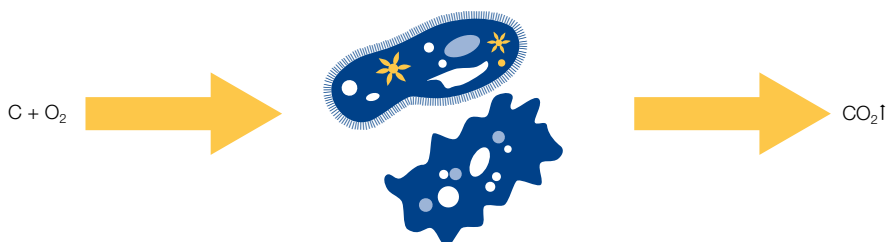


Figura 22: Principio de la determinación de la DBO

La determinación simplificada de la demanda bioquímica de oxígeno se realiza tras 5 días (DBO_5) con muestras sin diluir y sin incluir una muestra de control, según lo establecido en DIN EN 1899-2-H52. La incubación de la muestra sin diluir enriquecida con oxígeno se lleva a cabo en cubetas redondas durante 5 días a 20 ± 1 °C en la oscuridad. La determinación del oxígeno disuelto tras 5 días se realiza con base en el método de Winkler. La incubación de la muestra y la medición del oxígeno (al cabo de 5 días) se realizan en la misma cubeta redonda (REF 985825).

En el análisis según el método DIN (DIN EN 25813-G21), la determinación de la DBO_5 se realiza según el denominado «principio de dilución». La concentración de oxígeno se mide inmediatamente después de la preparación de la muestra y tras cinco días de incubación en frascos de Winkler (REF 985822).

Ambos principios de reacción son análogos a los de las normas DIN EN 1899-1-H51 y DIN EN 25813-G21.

4.1.2.2 Conservación de muestras

- Inmediatamente después de la extracción, conserve la muestra en un frasco lleno hasta el borde (¡sin burbujas de aire!), herméticamente cerrado y a una temperatura de entre 1 y 5 °C, en un lugar oscuro hasta el momento de realizar el análisis.
- Inicie el análisis lo antes posible y, como máximo, en un plazo de 24 horas. Para una conservación más prolongada, congele una muestra.

La determinación del consumo de oxígeno durante la degradación del carbono se ve interferida por la degradación del nitrógeno. Como medida preventiva se utilizan inhibidores de la nitrificación.



4.1.2.3 Consejos y trucos

Información de fondo

- La prueba mide el consumo de oxígeno. Si el consumo de oxígeno del agua de dilución es excesivo, los resultados de la medición serán erróneos. Si se utiliza agua de dilución, mida el contenido de oxígeno de la muestra de control el día cero (debe contener al menos 8 mg/L de O₂) y el día 5, antes de iniciar las mediciones. Si la diferencia es superior a 2 mg/L O₂, el consumo de oxígeno del agua de dilución es demasiado elevado. Aumente el tiempo de ventilación o compruebe si hay iones interferentes.
- Si se utiliza agua de inoculación en lugar de agua de dilución, se aplica lo mismo que en el punto anteriormente descrito. El agua de inoculación no deberá consumir mucho oxígeno. En este caso también se recomienda realizar una medición de oxígeno el día 0 y el día 5 antes de iniciar el análisis. Si el consumo de oxígeno es excesivo, se deberá comprobar la DQO del agua de inoculación. La DQO no debe superar 300 mg/L de O₂. En caso de concentraciones mayores, agregue menos agua de inoculación al agua de dilución o, si es posible, prescinda de ella por completo.

Aptitud para agua de mar

- Es posible realizar análisis del agua de mar.

pH

- El pH debe estar entre 6 y 8. Las variaciones del pH dan lugar a resultados erróneos. Si pH es demasiado ácido o alcalino, ajústelo con disolución de hidróxido sódico 0,1 N o ácido clorhídrico 0,1 N.

Interferencias

- La acumulación de productos metabólicos microbianos específicos, así como de sustancias tóxicas para los microorganismos (p. ej., micotoxinas, cloro libre, determinados metales pesados), puede provocar una disminución del consumo de sustrato y, por lo tanto, una reducción de la DBO₅.
- Las sales de hierro(II), el dióxido de azufre y el sulfuro de hidrógeno consumen oxígeno y también alteran el resultado de la medición de la DBO₅.
- La presencia de algas o microorganismos nitrificantes puede producir resultados más elevados.
- En presencia de cloro libre o combinado, elimínelo añadiendo una cantidad adecuada de sulfito de sodio.

4.1.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es uno de los parámetros más importantes para la evaluación de las aguas residuales industriales y municipales. Como parámetro sumario, la DQO recoge todos los componentes químicamente oxidables del agua. Por lo tanto, esta no solo incluye sustancias biodegradables (como en el caso de la DBO₅), sino también compuestos químicos que no se pueden determinar mediante oxidación biológica (p. ej., compuestos nitrogenados como nitritos). Además, destaca frente a la DBO por su disponibilidad más rápida.

Por lo tanto, la DQO indica la contaminación de la muestra de agua y, por ello, se utiliza también como parámetro de evaluación para determinar las unidades de daño en el caso de vertidos en el marco de la Ley alemana de tasas de aguas residuales.

Por definición (ISO 15705), la DQO es la cantidad de oxígeno relacionada con el volumen equivalente a la masa de dicromato de potasio que se consume, en las condiciones de análisis especificadas, para oxidar las sustancias oxidables contenidas en la muestra de agua. Como reactivos auxiliares se indican el sulfato de mercurio y el sulfato de plata, así como el ácido sulfúrico.

La DQO no es una magnitud cuantitativa, sino que representa un parámetro de rendimiento (una necesidad), como se ilustra en el siguiente ejemplo:



El dicromato de potasio forma en medios ácidos compuestos reactivos del oxígeno < O >, es decir, al reaccionar con iones de hidrógeno.



La prueba DBO mide el consumo de oxígeno.



La DQO mide todos los componentes químicamente oxidables de la muestra.



$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = dicromato de potasio
H⁺ = ion hidrógeno
Cr³⁺ = ion de Cr(III)
K⁺ = ion de potasio
< O > = compuestos de oxígeno
H₂O = agua

Estos compuestos del oxígeno son capaces de oxidar compuestos orgánicos, como el etanol o el metanol a dióxido de carbono.




El consumo de oxidantes no es proporcional al tamaño de la molécula. Por ejemplo, la oxidación de metanol consume menos oxidante que la del metano, que es una molécula más pequeña, ya que en la reacción se consume menos oxígeno para formar dióxido de carbono y agua. De ello se deduce que el metano tiene un valor teórico de DQO mayor que el metanol.

A partir del consumo de dicromato potásico se puede deducir la DQO. El análisis se realiza mediante métodos fotométricos o por titulación.

En función del intervalo de medición, se determina la disminución de la concentración de dicromato de potasio amarillo o el aumento de la concentración de iones de cromo (III) verdes. En todas las pruebas con un intervalo de medición reducido, hasta la prueba *NANOCOLOR*[®] DQO 300 (REF 985033), se aplica lo primero; a partir de la prueba *NANOCOLOR*[®] DQO 600 (REF 985030), se determina el aumento del cromo (III) verde.

Un paso importante en la determinación de la DQO es la digestión. Según la norma DIN 38409-H41, la digestión se realiza durante dos horas a 148 °C. También es posible realizar una digestión más rápida a 160 °C en 30 minutos. Sin embargo, esta digestión rápida no se puede realizar en todas las pruebas. Observe las instrucciones de la prueba correspondiente. Por motivos de seguridad, no es posible realizar una digestión DQO en el microondas de forma análoga a las digestiones con *NANOCOLOR*[®] *NanOx* N y *NANOCOLOR*[®] *NanOx* Metal.



En las pruebas de DQO con un intervalo de medición reducido, se determina la disminución de la concentración de dicromato potásico. En cambio, en las pruebas de DQO con un intervalo de medición superior, el aumento de la concentración de los iones de Cr(III).

4.1.3.1 Principio de reacción

La demanda química de oxígeno del agua se determina mediante oxidación catalizada por plata (aumento de la oxidabilidad de las sustancias alifáticas) con dicromato de potasio / ácido sulfúrico, en 2 horas a 148 °C. El sulfato de mercurio fija el posible cloruro presente en forma de cloruro de mercurio no disociado, evitando así su oxidación indeseada a cloro elemental. El sulfato de plata actúa como catalizador para aumentar la oxidabilidad de las sustancias alifáticas. De este modo, se evitan los resultados inferiores a los reales.

El principio de reacción es análogo al de las normas DIN 38409-H41, APHA 5220-D y EPA 410.4. Asimismo, siete pruebas *NANOCOLOR*[®] DQO cumplen los requisitos de la norma DIN ISO 15705:2002.

La reacción principal se representa en la siguiente ecuación con hidrogenoftalato de potasio (KHP), que sirve como sustancia de referencia:




Dado que cada molécula de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) tiene el mismo poder oxidante que 1,5 moléculas de O_2 , la reacción equivalente es:




Por lo tanto, dos moléculas de KHP consumen 15 moléculas de oxígeno. En consecuencia, la DQO teórica de un miligramo de KHP es de 1,175 miligramos de oxígeno (O_2).

Ventajas del sistema de análisis *NANOCOLOR*[®] frente a la norma DIN 38409-H41

- Menor cantidad de mercurio tóxico
- En general, menor cantidad de reactivos tóxicos y nocivos
- Todos los reactivos ya están predosificados en las cubetas redondas
- Riesgo de accidente considerablemente menor para el usuario
- Resultados reproducibles gracias al análisis fotométrico



Siete pruebas *NANOCOLOR*[®] DQO cumplen los requisitos de la norma DIN ISO 15705:2002.



$\text{KC}_8\text{H}_5\text{O}_4$ = hidrogenoftalato de potasio
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = dicromato de potasio
 H_2SO_4 = ácido sulfúrico
 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ = sulfato de Cr(III)
 K_2SO_4 = sulfato de potasio

4.1.3.2 Conservación de muestras

- La muestra extraída debe ser lo más representativa posible de la DQO del agua que se debe analizar, por lo que se deberá mezclar meticulosamente u homogeneizar en un mezclador.
- Los análisis de DQO se deben realizar lo antes posible tras la toma de muestras. Si esto no fuera posible, se agregarán 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) a 1 L de muestra. En este caso, el pH se deberá reducir a 2 o menos:
 - Conservación de la muestra acidificada a temperatura ambiente: Análisis en un plazo de 7 días.
 - Conservación de la muestra acidificada a 4 °C: Análisis en un plazo de 28 días.

4.1.3.3 Consejos y trucos

Digestión

- La digestión rápida no es posible en todas las pruebas de DQO. En función de la composición, el contenido de agua es mayor, lo que provoca una mayor presión de vapor durante la digestión y aumenta el riesgo de estallido de la cubeta. Encontrará más información sobre las digestiones en las instrucciones de prueba correspondientes

Información de fondo

- La sustancia de referencia es el KHP (hidrogenoftalato de potasio).
- Las pruebas con cubetas redondas NANOCOLOR® DQO presentan ventajas con respecto a la norma DIN 38409-H41 en cuanto al uso de compuestos químicos tóxicos y a la facilidad de manejo. Asimismo, siete pruebas NANOCOLOR® DQO cumplen los requisitos de la norma DIN ISO 15705:2002.

Filtración

- En el caso de los parámetros sumarios, la muestra no se filtra antes de la digestión. Mediante la filtración, los compuestos poco solubles y difíciles de oxidar no se tienen en cuenta en el análisis, lo que da lugar a resultados de medición erróneos.
- Para determinar la DQO disuelta, se recomienda filtrar las muestras turbias con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm (REF 91650/91652) o el papel de filtro de fibra de vidrio MN 85/90 BF. Estos filtros se han probado y validado específicamente para este fin.

Aptitud para agua de mar

- En principio, el análisis del agua de mar no es posible debido a la interferencia del cloruro.

Interferencias

- En el caso de concentraciones de cloruro elevadas, la muestra se deberá diluir o se deberá utilizar un enmascarador de cloruro. Los contenidos reducidos de cloruro quedan enmascarados por el sulfato de mercurio(II) presente en la cubeta redonda. La cantidad de cloruro enmascarable se indica en las instrucciones de la prueba.

Turbidez

- En las cubetas redondas para DQO con sentido de medición negativo (hasta el modelo DQ 300 inclusive), la turbidez da lugar a resultados inferiores a los reales.
- En las cubetas redondas para DQO con sentido de medición positivo (a partir del modelo DQ 600 inclusive), la turbidez da lugar a resultados superiores a los reales.

Dilución

- Para las diluciones se debe utilizar siempre agua especial sin DQO.

4.1.4 Nitrato (NO_3^-)

Los iones de nitrato están presentes en aguas subterráneas y superficiales, así como en aguas residuales municipales e industriales, en diferentes concentraciones (por lo general, hasta unos 20 mg/L). En las muestras de agua están presentes casi exclusivamente en forma disuelta. Los niveles de nitratos de entre 15 y 50 mg/L indican una influencia antropógena. Llegan a las aguas residuales municipales, entre otras cosas, como productos finales de la nitrificación (ver también 4.1.5 Nitrificación, página 44 o 4.1.1 Amonio (NH_4), página 35).

La nitrificación es la oxidación bacteriana del amonio y otros compuestos orgánicos nitrogenados, que se producen en grandes cantidades como productos de excreción humana y animal o se generan durante los procesos de descomposición de sustancias orgánicas. Los nitratos también llegan a las aguas superficiales y subterráneas a partir de los componentes solubles en agua de los fertilizantes sintéticos.

La digestión rápida no es posible en todas las pruebas de DQO.



En el caso de los parámetros sumarios, la muestra no se filtra antes de la digestión.



El nitrato es un indicador de contaminación y uno de los parámetros químicos más importantes para evaluar la calidad del agua potable.



Por lo tanto, el nitrato, al igual que los demás parámetros relacionados con el nitrógeno "amonio y nitrito" es un indicador del grado de contaminación de una masa de agua. Para evaluar la capacidad de autodepuración de una masa de agua, es importante determinar si un contenido elevado de nitratos va acompañado de concentraciones igualmente elevadas de amonio y nitritos.

Si no es así, la capacidad de autodepuración es suficiente para la mineralización de las sustancias orgánicas. La concentración de nitratos es uno de los parámetros químicos más importantes para evaluar la calidad del agua potable. El valor de referencia de la UE es de 25 mg/L.

Para evaluar con precisión el agua potable, es imprescindible conocer con exactitud las concentraciones de nitritos y amonio, así como las relaciones entre ambos. Si, por ejemplo, en unas aguas (subterráneas) contaminadas con compuestos nitrogenados se registran niveles elevados de amonio y reducidos de nitrato, están presentes las denominadas condiciones reductoras. Esta reducción de nitratos la provocan, entre otros, por bacterias y hongos (estreptomicetos). En un medio con bajo contenido de oxígeno ($O_2 < 5$ mg/L), se reduce primero el nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-), que a su vez se degrada, por ejemplo, a nitrógeno gaseoso elemental (N_2). Otras bacterias, en cambio, reducen el nitrito (NO_2^-) a amonio (NH_4^+). En aguas subterráneas no contaminadas ricas en oxígeno, la situación es la contraria. Aquí tiene lugar la oxidación del amonio (NH_4^+) y del nitrito (NO_2^-) por bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrococcus, Nitrobacter) para formar nitrato (NO_3^-).

Si las concentraciones elevadas de nitratos no se pueden atribuir geológicamente a yacimientos de salitre (sobre todo cuando están presentes en las aguas subterráneas), siempre se trata de un caso de contaminación.

El nitrato y el nitrito se utilizan a menudo como aditivos en la elaboración de productos cárnicos («salmuera»). Por un lado, se consigue prolongar la vida útil mediante la inhibición de los microorganismos causantes de la descomposición. Por otro lado, se forma el color rojo característico de la salmuera (que da lugar al aroma típico de salmuera), en el que la mioglobina, el pigmento muscular, se transforma en mioglobina de óxido de nitrógeno mediante la aposición de óxido de nitrógeno (NO).

La contaminación de las aguas subterráneas por nitratos constituye una alteración grave de la calidad del medio ambiente. Los niveles elevados de nitratos tienen repercusiones negativas en la ecología de las aguas, pero también pueden afectar a la calidad del agua potable y, por lo tanto, provocar trastornos de la salud. Los niveles elevados de nitratos pueden ser perjudiciales para la salud humana. El nitrato se puede transformar en el organismo, entre otras cosas, en nitrito, que inhibe el transporte de oxígeno por parte de la hemoglobina, el pigmento rojo de la sangre.

El nitrato es, en principio, prácticamente no tóxico (las gastritis suelen aparecer solo a partir de concentraciones superiores a 500 mg/L NO_3^-). Los riesgos que plantean los nitratos se deben a que, en el organismo, las bacterias los transforman en parte en nitritos (ver 4.1.6 Nitrito (NO_2^-), página 47). Los productos de transformación terciarios del nitrato (formados en el organismo humano a partir del nitrito y las aminas) se presentan como compuestos *N*-nitroso, que a su vez se clasifican como carcinógenos. El nitrato bloquea, en función de la dosis, los mecanismos de transporte del organismo humano necesarios para el yoduro.

La unidad es NO_3^- ; también se utiliza a menudo NO_3-N . La diferencia radica en que, en el caso de NO_3-N , solo se calcula la proporción de nitrógeno y no se tiene en cuenta la proporción de iones de oxígeno. El factor de conversión es de 4,43, lo que resulta de la gran diferencia de masa (ver apartado 5.1.6 Unidad, página 95).

mg/L de NO_3^-	mg/L de NO_3-N
1	0,2
5	1,1
10	2,3
20	4,5
50	11
90	20

Tabla 5: Tabla de conversión mg/L de NO_3^- , mg/L de NO_3-N

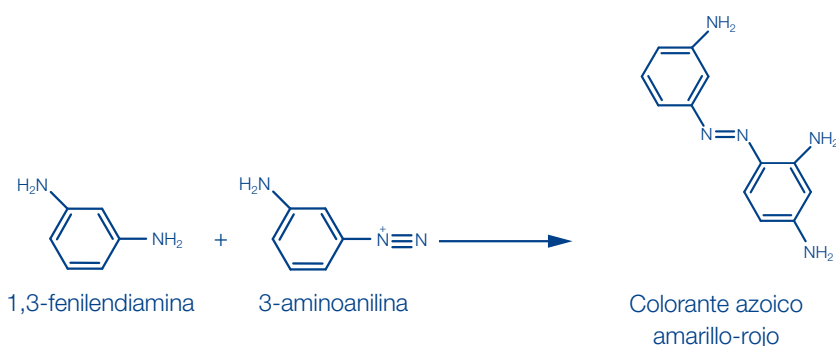
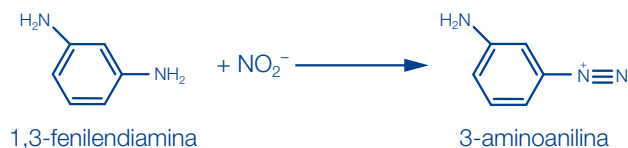
En lo que respecta a la alimentación humana, cabe destacar especialmente algunas hortalizas con un alto contenido en nitratos, como espinacas, soja, acelgas, remolacha o rábanos.



4.1.4.1 Principio de reacción

En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

(a) Método de reducción: En numerosos métodos de detección, el nitrato se reduce en el primer paso a nitrito. En un segundo paso, se diazota una amina aromática con el nitrito formado y, a continuación, se acopla para dar lugar a un colorante azoico de color amarillo-rojo (*VISOCOLOR*[®]). En la prueba con cubeta rectangular, la reacción se produce, tras la reducción a nitrito con ácido sulfanílico y 1-naftilamina, a un colorante azoico rojo.



NO₃⁻ = ion de nitrato

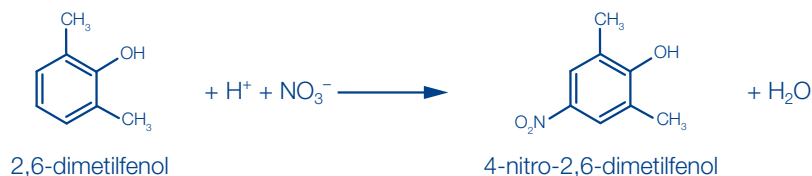
Zn = zinc

NO₂⁻ = ion de nitrito



(b) Método DIN: Una segunda método de detección utilizado, análogo a las normas DIN 38405-D9-2 e ISO 7890-1, es la determinación fotométrica como 4-nitro-2,6-dimetilfenol.

La reacción se lleva a cabo con 2,6-dimetilfenol en una mezcla de ácido sulfúrico y ácido fosfórico. En función del contenido de nitratos de la muestra, se lleva a cabo una nitración directa del dimetilfenol, con formación de 4-nitro-2,6-dimetilfenol.



4.1.4.2 Conservación de muestras

· Por medio de la adición de ácido sulfúrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 7 días (recipiente de conservación: frasco de PE). Lo ideal es que la conservación y el transporte se realicen a 4 °C y evitando la exposición a la luz.

4.1.4.3 Consejos y trucos

Fuentes de error frecuentes

· En el caso de una disolución insuficiente de los reactivos, existe el riesgo de obtener resultados inferiores a los reales.

Información de fondo

· En las pruebas con cubetas rectangulares con espectrofotómetros, la cubeta debe estar, como mínimo, medio llena debido a la trayectoria del haz.

Aptitud para agua del mar

- Las pruebas **VISOCOLOR®** Nitrato son adecuadas para el análisis del agua de mar. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente. Las pruebas **NANOCOLOR®** Nitrato solo son adecuadas para el análisis del agua de mar en determinadas condiciones, ya que el cloruro interfiere en los resultados. El cloruro se puede eliminar mediante dilución o con cartuchos de eliminación de cloruro.

pH

- Se deben observar los valores de pH de las soluciones de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido sulfúrico o disolución de hidróxido sódico.

Temperatura de reacción

- La temperatura de la muestra debe estar comprendida entre 18 y 30 °C. Sobre todo a temperaturas más bajas, la reacción es considerablemente más lenta y, por lo tanto, puede dar lugar a resultados inferiores a los reales.

Interferencias

- Las sustancias oxidantes pueden provocar, según la concentración, resultados inferiores a los reales o incluso impedir por completo la reacción.
- Un nivel de cloro superior a 10 mg/L provocará interferencias.
- El nitrito provocará interferencias a partir de 1 mg/L (principio de reacción idéntico). El nitrito se deberá determinar previamente y destruir antes de la medición. La eliminación del nitrito se lleva a cabo añadiendo ácido amidosulfúrico (REF 918973) [1 cucharada medidora a 10 mL de solución de muestra; esperar 10 minutos antes de determinar los nitratos; el pH de esta solución debe estar entre 2 y 3; de lo contrario, ajustarlo con ácido sulfúrico].
- Los coloides orgánicos, los ácidos húmicos, los iones de metales pesados coloreados y las sustancias oxidantes y reductoras provocarán interferencias.
- Por lo general, los peróxidos interfieren en el análisis de nitratos, ya que pueden provocar una coloración ferruginosa.
- La prueba Nitrato Z con cubetas rectangulares dispone de un intervalo de medición muy sensible y se basa en el método de reducción. La prueba no se podrá realizar en presencia de otras sustancias reducibles.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

Filtrar en caso de turbidez; las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.1.5 Nitrificación

A partir de sustancias orgánicas que contienen nitrógeno, este se liberará inicialmente en forma de amonio durante los procesos de descomposición aerobia y anaerobia. La reacción microbiana oxidativa en dos etapas del amonio a nitrato, pasando por el nitrito, se denomina nitrificación. Este proceso lo llevan a cabo bacterias nitrificantes tanto en el suelo como en el agua, un hecho que se aprovecha en el ámbito del tratamiento de aguas residuales en las plantas depuradoras.

La nitrificación constituye un proceso parcial importante en el tratamiento de aguas residuales. Es necesaria para mantener al mínimo posible la concentración de iones de amonio en las aguas residuales de las plantas depuradoras. Un aumento del aporte de amonio en el emisario de una planta depuradora puede provocar, como consecuencia de la nitrificación que se inicia en él, una carga considerable para el equilibrio de oxígeno del agua.

Además, el amoníaco, cuya liberación a partir del amonio depende del pH y de la temperatura del agua, y el nitrito tienen efectos tóxicos para los peces, los alevines y otros organismos acuáticos. El amonio supone un gran problema para muchas masas de agua, también en lo que respecta a la eutrofización. Por último, pero no por ello menos importante, la nitrificación es también la etapa previa necesaria para la desnitrificación en el proceso de eliminación completa del nitrógeno.

La nitrificación la llevan a cabo bacterias nitrificantes.



Las bacterias nitrificantes pertenecen al grupo de las bacterias gramnegativas aerobias. Se distingue entre el grupo de los oxidantes de amoníaco y el grupo de los oxidantes de nitrito.

Los oxidantes de amoníaco oxidan el amonio en presencia de oxígeno para convertirlo en nitrito en la primera etapa del proceso de nitrificación.



A continuación, en una segunda etapa, los oxidantes de nitrito, en presencia de oxígeno, provocan la transformación del nitrito en nitrato.



Un indicador de una nitrificación correcta es un bajo contenido en nitritos.

Las bacterias nitrificantes son muy sensibles a determinados factores ambientales. Dado que, además, presentan una velocidad de multiplicación mucho menor y una menor diversidad de especies que las bacterias heterótrofas, los daños que sufre la biocenosis parcial nitrificante tienen consecuencias especialmente duraderas.

Desde hace tiempo se conoce toda una serie de sustancias que inhiben selectivamente la nitrificación sin afectar de manera significativa a la actividad metabólica de las bacterias heterótrofas. Los nitrificantes presentan, por ejemplo, una marcada sensibilidad frente a compuestos como la *N*-aliltiourea (que se utiliza, p. ej., en la determinación de la DBO₅ para inhibir la nitrificación), la tiourea o la 2-cloro-6-(triclorometil)piridina (*N*-Serve), que inhiben la nitrificación incluso a concentraciones mínimas (intervalo micromolar). Estas y una serie de otras sustancias inhibitoras de la nitrificación, procedentes de las más diversas fuentes, llegan a las plantas depuradoras a través de las aguas residuales y pueden provocar daños importantes, en algunos casos irreversibles, en la flora bacteriana nitrificante de los lodos activos, que es extremadamente sensible y representa solo una pequeña parte de la materia seca de los lodos. Esto plantea problemas considerables a las empresas afectadas y genera unos costes adicionales ingentes.

La importancia de este problema también queda patente en el hecho de que, en Alemania existe desde abril de 1995 una norma DIN para determinar el efecto inhibitor de la nitrificación de aguas y productos químicos (DIN EN ISO 9509-L38) 2006-10: «Método para determinar la inhibición de la nitrificación de los microorganismos en los lodos activos por sustancias y aguas residuales.»).

Como biomasa se utiliza lodo activo nitrificante, cuya composición microbiana no está definida, procedente de plantas depuradoras que tratan principalmente aguas residuales municipales. La prueba tiene una duración de cuatro horas. Los parámetros de medición y los criterios de evaluación son las concentraciones de los parámetros de nitrógeno N amoniacal, N nitrito y N nitrato en mg/L en la muestra a analizar, en comparación con una muestra de control preparada en paralelo sin inhibidores. Durante la incubación, es imprescindible airear y agitar las pruebas.

Una desventaja fundamental del método DIN es la insuficiente reproducibilidad y, por lo tanto, también la falta de posibilidad de estandarización de los resultados, debido al uso como biomasa de un lodo activo con una composición totalmente indefinida, tanto en tipo como en cantidad. Además, tienen repercusiones muy negativas el elevado tiempo y esfuerzo necesarios, en primer lugar para la preparación y puesta a disposición de la muestra de lodos activos que se utilizará como biomasa, así como el propio tiempo de incubación de las pruebas de 4 horas. También requiere mucho trabajo y tiempo la determinación final de las concentraciones de los parámetros de nitrógeno N amoniacal, N nitrito y N nitrato en cada una de las pruebas, por ejemplo, mediante métodos fotométricos. Por lo tanto, para realizar una prueba DIN se deberá contar con un tiempo total de al menos un día laborable.

Además del proceso de nitrificación, existe también el proceso inverso, la desnitrificación. Durante la desnitrificación, las bacterias heterótrofas tipo C (desnitrificantes) reducen el nitrato a nitrógeno elemental gaseoso N₂, pasando por el nitrito como etapa intermedia. El requisito para ello es un entorno con poco oxígeno.



NH₃ = amoníaco

O₂ = oxígeno

NO₂⁻ = ion de nitrito

NO₃⁻ = ion de nitrato

H₂O = agua



Un indicador de una nitrificación correcta es un bajo contenido en nitritos.



Desde 1995 existe la norma DIN EN ISO 9509-L38 para determinar el efecto inhibitor de la nitrificación de aguas y productos químicos.

4.1.5.1 Principio de reacción

Las pruebas de inhibición de la nitrificación BioFix® A-Tox y BioFix® N-Tox se basan en una medición amperométrica del consumo de oxígeno.

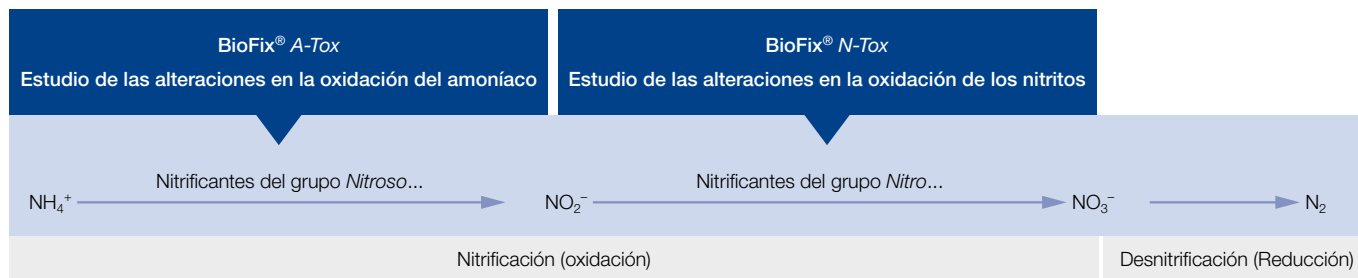


Figura 23: Uso de las pruebas de inhibición de la nitrificación BioFix®

Como biomasa se utilizan cepas de microorganismos nitrificantes típicas de las plantas depuradoras, preferentemente de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Para ello, las cepas bacterianas se utilizan como inóculo, ya sea por separado, en forma de cultivos puros, o juntas, en forma de cultivos mixtos, con una composición definida tanto en lo que respecta a la cepa bacteriana concreta como a su concentración. La medición de la actividad metabólica de los organismos de prueba se realiza utilizando un electrodo de oxígeno de uso comercial. El resultado se expresa en % de inhibición del consumo de oxígeno en la solución de muestra frente a un control sin inhibición.

Mediante las pruebas de inhibición de la nitrificación BioFix® se pueden realizar los análisis siguientes:

- 1) Análisis específico mediante la prueba BioFix® A-Tox para determinar si la primera etapa de la nitrificación, la oxidación del amoníaco, se ve inhibida por componentes de la muestra.
- 2) Análisis específico mediante la prueba BioFix® N-Tox para determinar si la segunda etapa de la nitrificación, la oxidación de los nitritos, se ve inhibida por componentes de la muestra.
- 3) Medición de cribado no diferenciada A-/N-Tox con ambas pruebas BioFix® (A-Tox y N-Tox) para determinar si componentes de la muestra provocan una inhibición general de la nitrificación.

Ventajas principales de las pruebas de inhibición de la nitrificación BioFix® frente a la prueba DIN · Mayor sensibilidad

- Rapidez y ahorro de tiempo (duración de la prueba 10 minutos < --> prueba DIN cuatro horas)
- Reducción considerable del trabajo y realización sencilla (resultados en 30–60 minutos < --> prueba DIN 1–1½ días)
- Excelente reproducibilidad de los resultados gracias al uso de cepas bacterianas específicas en concentraciones definidas
- Reactivos listos para usar de inmediato
- Posibilidad de analizar de forma diferenciada qué paso de la nitrificación se ve inhibido (oxidación del amoníaco o del nitrito)
- Nitrificantes conservados para el uso después de DIN EN ISO 9509-L38

4.1.5.2 Consejos y trucos

Realización del análisis

- El mezclado uniforme (prestar atención a una velocidad de agitación siempre constante) es decisivo para obtener resultados correctos y reproducibles. No basta con agitar y, sobre todo, este método no es lo suficientemente uniforme como para oxigenar adecuadamente la muestra.
- El valor inicial de oxígeno en la preparación de control y en la muestra debe ser prácticamente idéntico; la desviación máxima es de 0,1–0,4 mg/L de O_2 .
- Es decisivo un nivel de oxígeno estable antes de añadir el reactivo R3; en caso necesario, espere a que el valor se haya estabilizado.

· La concentración de oxígeno en el control no debe disminuir por debajo de 1 mg/L de O₂. Si la disminución es mayor, ya no es posible realizar cálculos razonables durante el análisis, por lo que no se podrán obtener resultados verosímiles. Es posible que se deba interrumpir antes el análisis (en lugar de los 10 minutos indicados). No obstante, es decisivo que se utilice el mismo tiempo de reacción también en la medición del oxígeno de la muestra.

Sondas de oxígeno compatibles

En principio, se pueden utilizar todos los electrodos de oxígeno que encajen en el adaptador del kit de inicio. Este tiene un diámetro interior de 16 mm. Por lo tanto, el electrodo debe tener un diámetro exterior de entre 15 y 16 mm.

Como alternativa, también se pueden utilizar sondas más finas con un diámetro exterior de 12 mm. Asimismo, se necesitará en este caso un adaptador especial (REF 970116). Si tiene más preguntas sobre la realización y las sondas de oxígeno compatibles, diríjase directamente a MACHEREY-NAGEL o al representante correspondiente.

4.1.6 Nitrito (NO₂⁻)

Los iones de nitrito están presentes en bajas concentraciones en las aguas superficiales y, en raras ocasiones, en las aguas subterráneas. En el agua, los iones de nitrito están presentes casi exclusivamente en forma disuelta. En cambio, en las aguas residuales, el nitrito suele estar presente en concentraciones mayores. Las concentraciones elevadas de nitritos en las aguas residuales indican que se trata de aguas residuales industriales (decapantes de metales, industria química) o la presencia de contaminación fecal (producto de degradación de la nitrificación: el nitrito se forma durante la oxidación bacteriana del amonio y durante la reducción del nitrato) (ver también 4.1.5 Nitrificación, página 44).

También son una fuente de nitrito procedente del nitrato las tuberías de hierro galvanizado de las instalaciones domésticas. Las concentraciones de hasta 1 mg/L aún se consideran inocuas. Uno de los principales campos de aplicación es el uso en la fabricación de colorantes.

En los adultos, la reducción del nitrato a nitrito tiene lugar en el intestino delgado, mientras que en los lactantes este proceso ya se produce en el estómago. Los nitritos son tóxicos para el ser humano. El nitrito bloquea la hemoglobina, responsable del transporte de oxígeno. Sobre todo en los niños pequeños se pueden producir situaciones potencialmente mortales con riesgo agudo de asfixia (cianosis infantil = metahemoglobinemia). Además, los nitritos también intervienen en la formación de nitrosaminas cancerígenas.

Según el Reglamento alemán sobre el agua potable (TrinkwV) se consideran valores límite en la salida de la planta de tratamiento de agua 0,1 mg/L y en el grifo 0,5 mg/L.

A pesar de su toxicidad, los nitritos tienen numerosas aplicaciones. Por ejemplo, se utilizan como aditivos alimentarios, entre otras cosas, en la sal de curado con nitritos empleada en la elaboración de embutidos. En general, un aumento del contenido de nitritos es siempre un indicio de contaminación bacteriana. Las mediciones de nitritos permiten detectarlos de forma temprana, lo que también constituye un parámetro importante en el caso de los lubricantes refrigerantes. Los nitritos reaccionan con los lubricantes refrigerantes y dan lugar a nitrosaminas cancerígenas, que pueden penetrar en el organismo humano en forma de aerosoles.

A menudo no se utiliza como unidad NO₂⁻, sino NO₂-N, que indica únicamente el contenido de nitrógeno del ion nitrito, sin contar los átomos de oxígeno. El factor de conversión de NO₂-N a NO₂⁻ es 3,28 y se calcula a partir de las masas (ver apartado 5.1.6 Unidad, página 95).

mg/L de NO ₂ ⁻	mg/L de NO ₂ -N
0,02	0,006
0,05	0,015
0,1	0,03
0,2	0,06
0,5	0,15

Tabla 6: Tabla de conversión mg/L de NO₂⁻, mg/L de NO₂-N



Los nitritos son tóxicos, ya que bloquean la hemoglobina, el pigmento sanguíneo, y, por lo tanto, el transporte de oxígeno.

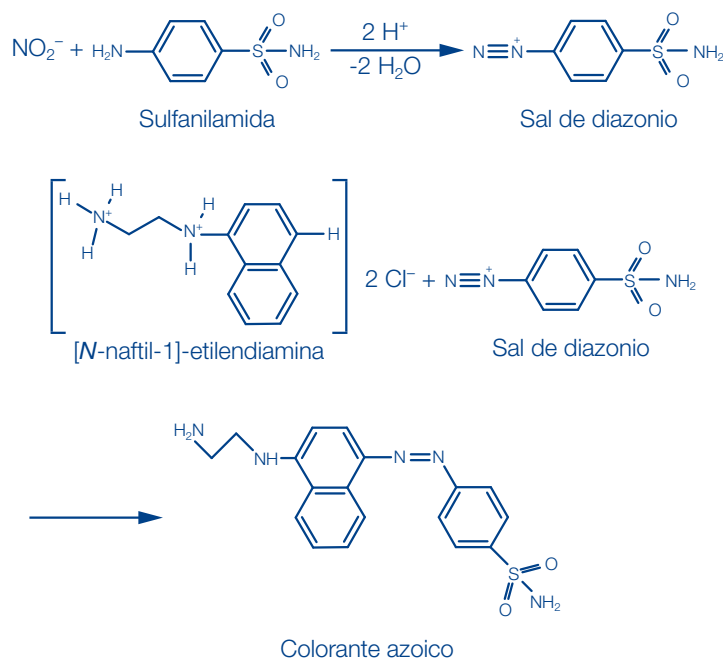


Los nitritos son una ictiotoxina potente, aunque su toxicidad depende del pH.

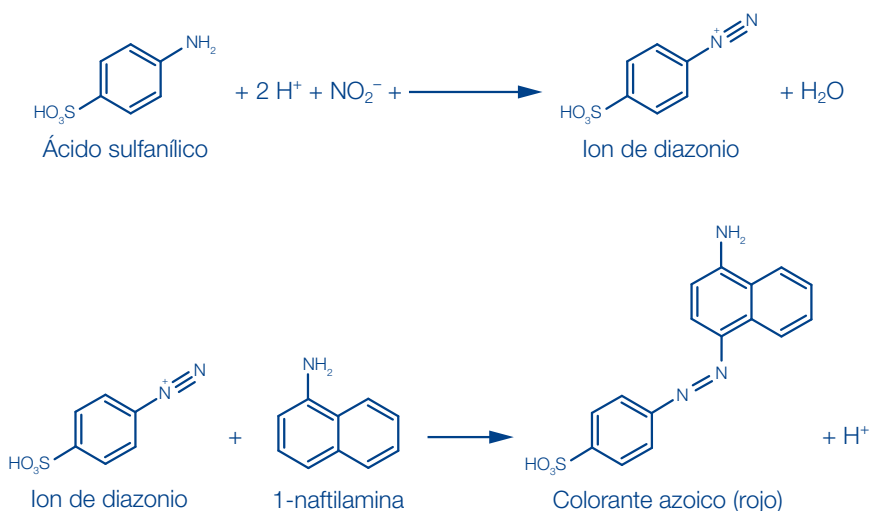
4.1.6.1 Principio de reacción

En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

- (a) Método DIN EN análogo al de la norma DIN EN 26777-D10: El nitrito reacciona con la sulfanilamida y la *N*-(1-naftil)-etilendiamina para formar un colorante azoico de color rojo violáceo. El principio de reacción también es análogo al de las normas ISO 6777, APHA 4500-NH₂ y EPA 354.1



- (b) Método del ácido sulfanílico (reacción de Griess-Ilosvay): El ácido sulfanílico se diazota en una solución ácida de nitrito. La sal de diazonio así formada se acopla con 1-naftilamina para dar lugar a un colorante azoico rojo.



4.1.6.2 Conservación de muestras

- La muestra se puede conservar como máximo 1 día (recipiente de conservación: frasco de PE) y se deberá analizar sin demora. Lo ideal es que la conservación y el transporte se realicen a 4 °C y evitando la exposición a la luz.

4.1.6.3 Consejos y trucos

Información de fondo

- Para eliminar emulsiones, turbideces y coloraciones antes del análisis, p. ej., de nitritos en lubricantes de refrigeración, lixiviados de vertederos, etc., se pueden utilizar los reactivos para precipitación clarificadora (REF 918937).
- En las mediciones de nitritos en muestras muy contaminadas (p. ej., en la entrada), se deberá aplicar además un blanco.

Aptitud para agua del mar

- Todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] Nitrito son adecuadas para el análisis del agua de mar.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido clorhídrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Los coloides orgánicos, el cloro, los ácidos húmicos y los iones de metales pesados coloreados provocarán interferencias.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

Filtrar en caso de turbidez; las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., MN 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.1.7 Fosfato (PO₄³⁻)

Hoy en día, los compuestos inorgánicos y orgánicos del fósforo están presentes en casi todas las aguas residuales municipales e industriales. Principalmente están presentes en forma de ortofosfatos, polifosfatos u organofosfatos. Todos tienen en común la estructura básica del fosfato PO₄³⁻.

En reacciones de condensación realizadas con calor, el ortofosfato reacciona para formar sus ácidos y sales poliméricos:



Los fosfatos, junto con los compuestos de nitrógeno y potasio, figuran entre los fertilizantes más importantes para un crecimiento adecuado de las plantas. Además, los fosfatos se añaden a los detergentes como aditivos para ablandar el agua y a los alimentos como conservantes, ya que inhiben el crecimiento de hongos y bacterias. Sin embargo, su uso como ablandador está en declive, ya que unos niveles excesivos de fosfato en las aguas provocan su fertilización excesiva y, en última instancia, su «colapso».

Además, las reservas naturales de fosfatos son limitadas. Por ello, se están intensificando los esfuerzos orientados al futuro para la recuperación de fósforo de los lodos de depuradora en las plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan principalmente la eliminación biológica del fósforo, ya que el fósforo no está disponible de forma ilimitada en su forma natural.

El contenido de fosfatos en las aguas superficiales determina su grado de trofia. Los niveles muy elevados de fosfato provocan la eutrofización (sobrefertilización: crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas) de ríos y lagos y, en última instancia, pueden provocar la extinción de plantas y peces. Las aguas puras, como las de montaña, presentan contenidos de fosfato inferiores a 0,1 mg/L de PO₄³⁻, en la mayoría de los casos incluso inferiores a 0,03 mg/L de PO₄³⁻. Con concentraciones superiores a 0,1 mg/L de PO₄³⁻, solo se considera la presencia de contaminación si también dan positivo otros parámetros de contaminación. Los niveles de fosfato superiores a 0,3 mg/L de PO₄³⁻ son un indicio de contaminación (casos excepcionales son las aguas de pantano, con concentraciones de hasta 1 mg/L de PO₄³⁻). En caso de contaminación fecal, el alto contenido en fosfatos es un indicador químico fiable. Algunos suelos pueden absorber fosfatos, por lo que en aguas subterráneas contaminadas y de mayor profundidad también se pueden detectar niveles normales.

H₃PO₄ = ácido ortofosfórico
H₄P₂O₇ = ácido difosfórico



Los fosfatos son fertilizantes importantes.



El contenido de fosfatos en las aguas superficiales determina su grado de trofia.



Los fosfatos son muy importantes para las redes de tuberías, ya que forman una capa protectora frente a las aguas agresivas. Sin embargo, para una formación adecuada basta con 0,1 mg/L (máx. 1 mg/L).

En general, se distingue entre los compuestos del fósforo inorgánicos (iones fosfato o hidrogenofosfato y polifosfatos) y el fósforo unido de forma orgánica. Los polifosfatos y el fósforo en forma orgánica solo se pueden determinar tras una digestión oxidativa («descomposición»).

Para el ser humano, el fosfato desempeña un papel esencial en la formación de los huesos, en forma de fosfato cálcico, y en el metabolismo energético. Sin embargo, el agua potable debe contener la menor cantidad posible de fosfato, ya que unas cantidades excesivas pueden provocar trastornos digestivos y se sospecha que también pueden causar problemas renales. En el Reglamento alemán sobre el agua potable de 2001 ya no se establece ningún límite para el fosfato.

La principal fuente de fosfatos proviene de las aguas residuales municipales (detergentes y productos de limpieza) y de la agricultura (fertilizantes). Los fosfatos se deben eliminar de las aguas residuales, ya que, en grandes cantidades, provocan la eutrofización del emisario.

La eliminación de fosfatos se puede realizar por medios químicos o biológicos:

En la precipitación química del fósforo, los fosfatos disueltos se transforman en compuestos insolubles por medio de la adición de reactivos de precipitación adecuados, con lo que se precipitan de la solución. Como reactivos de precipitación se utilizan cloruros y sulfatos de hierro, sales de aluminio o también lechada de cal.

En la eliminación biológica del fósforo (Bio-P) se emplean microorganismos. A estos se les extrae el oxígeno en un tanque anaerobio. Para no morir, estas células liberan los fosfatos almacenados con el fin de obtener energía. Si a continuación se vuelve a suministrar oxígeno a los microorganismos, estos reabsorben los fosfatos que habían liberado anteriormente, así como otros fosfatos presentes en la solución. De esta forma se reduce el contenido de fosfato en el tanque.

Muchas pruebas indican otras unidades, además del ion fosfato (PO_4^{3-}). Al igual que con los parámetros del nitrógeno amonio, nitrato y nitrito, a menudo se utiliza la unidad $\text{PO}_4\text{-P}$, que solo refleja el contenido de fósforo y no tiene en cuenta el de oxígeno. El factor de conversión de $\text{PO}_4\text{-P}$ a PO_4^{3-} es 3,07.

mg/L de PO_4^{3-}	mg/L de P_2O_5	mg/L de $\text{PO}_4\text{-P}$
0,6	0,5	0,2
1,5	1,1	0,5
3	2	1
6	5	2
15	12	5

Tabla 7: Tabla de conversión mg/L de PO_4^{3-} , mg/L de P_2O_5 , mg/L de $\text{PO}_4\text{-P}$

4.1.7.1 Principio de reacción

En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

- (a) Método DIN análogo a DIN EN ISO 6878-D11, APHA 4500-P E, así como a EPA 365.2 y 365.3.: El molibdato de amonio forma ácido fosfomolibdico con los iones ortofosfato. Este se reduce con un reductor a azul de fosfomolibdeno. Para determinar el fosfato total, se realiza previamente una oxidación ácida a una temperatura de entre 100 y 120 °C, con el fin de detectar también los polifosfatos y los organofosfatos.



La eliminación de fosfatos se puede realizar por medios químicos o biológicos.



- (b) Método del vanadato: los iones ortofosfato reaccionan con los iones molibdato y vanadato para formar un complejo amarillo de ácido fosfórico/molibdato/vanadato. El principio de reacción también es análogo al de APHA 4500-P C.



4.1.7.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido sulfúrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 7 días (recipiente de conservación: frasco de PE). Lo ideal es que la conservación y el transporte se realicen a 4 °C y evitando la exposición a la luz.
- En general, se recomienda enfriar la muestra.
- En las plantas depuradoras, la parte de fosfato que no se presenta como ortofosfato suele estar presente en forma de partículas de lodo. Por lo tanto, el contenido total de fosfato se ve afectado por el contenido de materia en suspensión. En consecuencia, es necesario tomar una muestra representativa de las partículas en suspensión. Asimismo, antes del análisis se deberá realizar una homogeneización minuciosa de la muestra (mediante Ultra-Turaxx o un agitador magnético); las muestras refrigeradas se deberán ajustar previamente a temperatura ambiente. Las muestras homogeneizadas se deben analizar sin demora.
- Si solo se desea determinar el contenido de ortofosfato de una muestra que contiene partículas en suspensión, esta se deberá filtrar lo antes posible.

4.1.7.3 Consejos y trucos

Digestión

- En el caso de un contenido mayor de sustancias orgánicas o de fósforo ligado orgánicamente, se recomienda realizar la digestión con *NANOCOLOR® NanOx Metal* (REF 918978).
- Una digestión incompleta provocará resultados inferiores a los reales y producirá niveles de fosfato total inferiores a los de ortofosfato.

Filtración

- En el caso de los parámetros sumarios, como fosfato total, la muestra no se filtra antes de la digestión. Mediante la filtración, los compuestos de fosfato poco solubles no se tienen en cuenta en el análisis, lo que da lugar a resultados de medición erróneos.
- En cambio, para la determinación del ortofosfato, se realiza una filtración antes del análisis. Filtrar en caso de turbidez; las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.
- Los posibles precipitados tras la digestión se pueden filtrar con filtros de membrana antes del análisis.

Fuentes de error frecuentes

- Arrastre de ácido fosfórico (p. ej., procedente de la prueba con cubetas redondas *NANOCOLOR® Nitrato 50*): A menudo, se determina el nitrato antes de analizar el fosfato. La prueba de nitratos contiene ácido fosfórico. Si no se cambia la punta de la pipeta, pueden producirse un arrastre y, en consecuencia, resultados superiores a los reales en la determinación del fosfato. Ya se producirá un arrastre si la punta de la pipeta solo toca el borde superior de la cubeta de nitrato.

Información de fondo

- Diferencia entre fosfato ortofosfato y fosfato total:
 - Los ortofosfatos son sales del ácido fosfórico, en su mayoría inorgánicas y fácilmente solubles. Estos compuestos están listos para el análisis y no requieren ninguna digestión previa.
 - En cambio, en el análisis del fosfato total se determinan, además de los ortofosfatos fácilmente solubles, también los polifosfatos y los organofosfatos. Estos últimos no están directamente disponibles para la reacción analítica. Mediante una digestión ácida a 100–120 °C, los polifosfatos y los organofosfatos se transforman en ortofosfatos, lo que permite detectarlos. Estos compuestos de fosfato difíciles de oxidar se pueden digerir con *NANOCOLOR® NanOx Metal* (REF 918978) (REF 918978).



PO_4^{3-} = ion de fosfato
 MoO_4^{2-} = óxido de molibdeno(VI)
 NH_4^+ = ion de amonio
 $(\text{NH}_4)_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$ = ácido fosfomolibdico
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ = disulfito de sodio
 $\text{Mo}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ = azul de molibdeno
 VO_3^- = ion de vanadato
 $[\text{PV}_2\text{Mo}_{10}\text{O}_{40}]^{5-}$ = Complejo de ácido fosfórico/molibdato/vanadato



En el caso de los parámetros sumarios, no se realiza una filtración antes de la digestión.



Los ortofosfatos están disponibles directamente para el análisis. Para determinar el fosfato total, es necesario realizar previamente una digestión.

- En general, para la determinación del fosfato con nuestros productos, los fosfatos deben estar presentes en forma de ortofosfatos.

Homogeneización

- El uso de una muestra no homogénea en la determinación del fosfato total puede dar lugar a resultados inferiores a los reales.

Aptitud para agua del mar

- Todas las pruebas VISOCOLOR® y NANOCOLOR® Fosfatos son adecuadas para el análisis del agua de mar.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido sulfúrico.

Interferencias

- Las posibles interferencias por ácido silícico se pueden eliminar añadiendo ácido cítrico.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

- Filtrar en caso de turbidez; las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., MN 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.
- La turbidez producirá niveles de fosfato total inferiores a los de ortofosfato

4.1.8 Nitrógeno total (TN_b)

El nitrógeno total (TN_b) es un parámetro sumario. TN_b significa «nitrógeno total ligado» (total bound nitrogen en inglés).

Se miden tanto el nitrógeno orgánico (urea, péptidos, proteínas) como el nitrógeno inorgánico o mineral (amonio/amoníaco, nitrato, nitrito; ver los parámetros correspondientes). Por el contrario, no se determina el nitrógeno elemental N₂ presente en forma gaseosa en el agua.

Como primer producto de degradación inorgánico se obtiene durante la nitrificación bacteriana amonio NH₄⁺, que posteriormente se transforma en nitrato NO₃⁻, pasando por la etapa intermedia lábil del nitrito NO₂⁻ (ver también 4.1.5 Nitrificación, página 44).

Uno de los objetivos de la protección de las aguas en Alemania es proteger las aguas superficiales contra la fertilización excesiva (eutrofización), que se produce como consecuencia de un aporte excesivo de, p. ej., compuestos nitrogenados (cargas excesivas de nutrientes). Esta protección de las aguas, que corre a cargo del Gobierno federal y de los estados federados, establece para ello determinadas condiciones de vertido en las autorizaciones en materia de aguas, así como reglamentos de autocontrol de los respectivos estados federados. La nitrificación y la desnitrificación son procesos importantes para la degradación de los compuestos nitrogenados. La base para el control y la optimización de dichos procesos es el uso y la documentación adecuada de los métodos de análisis correspondientes.

El nitrógeno Kjeldahl (TKN, nitrógeno total Kjeldahl, por sus siglas en inglés) es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal. Si se detectan cantidades cuantificables de nitrato/nitrito, el TKN se puede calcular restando el nitrógeno de los nitratos y nitritos del nitrógeno total TN_b.



El nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno orgánico y del nitrógeno amoniacal.

La relación entre estos parámetros en el análisis del nitrógeno se resume en el siguiente diagrama de flujo:

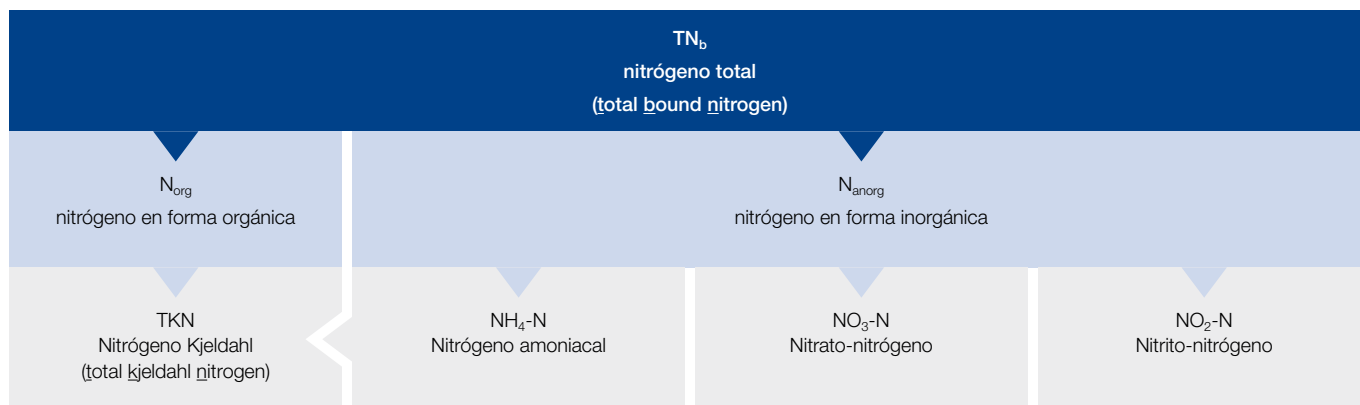


Figura 24: Relación entre los parámetros del nitrógeno

En resumen, esto significa que los compuestos nitrogenados presentes en las aguas son, en esencia, productos de la degradación o descomposición de sustancias orgánicas que contienen nitrógeno (sobre todo proteínas y urea).

4.1.8.1 Principio de reacción

Todas las sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen nitrógeno se oxidan en un medio ácido a nitrato (de forma análoga a DIN EN ISO 11905-1).

El principio de reacción también es análogo al de las normas ISO 7890-1 y DIN 38405-D9. Este reacciona en solución ácida con 2,6-dimetilfenol para dar lugar a 4-nitro-2,6-dimetilfenol, que se puede analizar fotométricamente. En muestras con concentraciones reducidas de nitratos y nitritos, este método (análogo a DIN EN ISO 11905-1) ofrece resultados similares a los de la determinación del nitrógeno Kjeldahl TKN (que solo incluye el amonio y los compuestos orgánicos de nitrógeno). En el caso de cantidades detectables de nitrato y nitrito, el valor de TKN se puede determinar restando el valor del nitrato/nitrito del valor del nitrógeno total TN_b .

4.1.8.2 Conservación de muestras

- Una vez estabilizado el pH con H_2SO_4 a un valor de 1–2, la muestra se puede conservar durante un máximo de 7 días hasta el inicio del análisis (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).
- La muestra extraída debe ser lo más representativa posible del TN_b del agua que se debe analizar, por lo que se deberá mezclar meticulosamente u homogeneizar en un mezclador.

4.1.8.3 Consejos y trucos

Filtración

- En el caso de los parámetros sumarios, la muestra no se filtra antes de la digestión. Mediante la filtración, los compuestos de nitrógeno poco solubles no se tienen en cuenta en el análisis, lo que da lugar a resultados de medición erróneos.

pH

- El pH de la muestra a digerir debe estar comprendido entre 5 y 9. En caso necesario, ajuste el pH con ácido sulfúrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Las concentraciones de nitrógeno que superan el intervalo de medición doble pueden simular valores de medición que se encuentran dentro del intervalo de medición sencillo y, por lo tanto, se pueden interpretar erróneamente.

En muestras que consumen grandes cantidades de oxígeno (p. ej., en caso de valores de DQO superiores a 5000 mg/L de O_2) existe peligro de una descomposición incompleta. En estos casos, se deberá repetir la digestión con la muestra original previamente diluida.

Análisis de agua de mar

- Las pruebas NANOCOLOR® Nitrógeno total TN_b no son adecuadas para el análisis de agua de mar.

En el caso de los parámetros sumarios, no se realiza una filtración antes de la digestión.

4.1.9 TOC

El carbono orgánico total (TOC) es, junto con la DQO y la DBO₅, un parámetro sumario importante para evaluar la carga orgánica de una masa de agua. Se compone de tres elementos distintos: DOC, POC y VOC:

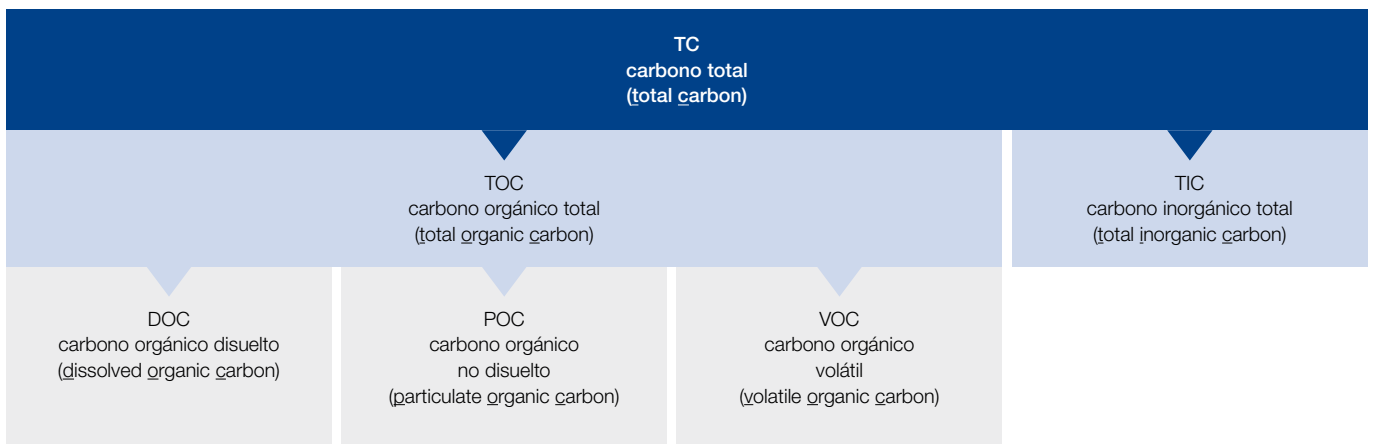


Figura 25: Relación entre los compuestos de carbono

El TOC mide el carbono total presente en el agua, tanto en forma disuelta como no disuelta, que no forma parte del dióxido de carbono ni de sus sales, procedente de compuestos orgánicos. Junto con el TIC (carbono inorgánico total), el TOC constituye el carbono total.

El TOC es un indicador de la contaminación del agua con sustancias orgánicas que pueden ser peligrosas para el medio acuático incluso en cantidades mínimas. Cabe señalar que este valor no dice nada sobre el tipo de compuestos presentes en el agua y, por lo tanto, tampoco constituye un indicador directo de posibles riesgos para la salud. A diferencia del DQO, también se incluyen en el TOC las sustancias de difícil degradación.

Las aguas poco contaminadas presentan un TOC de aproximadamente 1 – 2 mg/L de carbono. En aguas muy contaminadas (p. ej., debido a la proliferación de algas) se puede alcanzar un valor de hasta 10 mg/L de carbono.

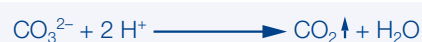
El contenido de TOC en el agua potable suele oscilar entre 0,5 y 2 mg/L de carbono. En el Reglamento alemán sobre el agua potable se menciona el TOC sin establecer un valor límite. Sin embargo, establece como requisito que no se deben producir variaciones anormales en las concentraciones. Las concentraciones elevadas de sustancias orgánicas en el agua son indeseables, ya que, por un lado, los microorganismos las utilizan como sustrato nutritivo para su proliferación y, por otro, algunas de ellas constituyen precursores de los THM (compuestos trihalometánicos), que son perjudiciales para la salud.

4.1.9.1 Principio de reacción

Para el análisis, el carbono orgánico de la muestra se oxida para convertirlo en dióxido de carbono CO₂. El CO₂ difunde a través de una membrana hacia una solución indicadora y el cambio de color que se produce en dicha solución se evalúa fotométricamente. Para evitar que el contenido de carbono inorgánico produzca interferencias, este se elimina de la muestra antes de la oxidación mediante acidificación y posterior expulsión en forma de CO₂ («método de expulsión»).

En resumen, el análisis de TOC se puede dividir en las tres etapas siguientes:

- 1) Expulsión del carbono inorgánico con NANOCOLOR® TIC-Ex: el carbono inorgánico (TIC = carbono inorgánico total) se expulsa mediante un ácido



o



- 2) Digestión de la muestra con bloques térmicos NANOCOLOR®

- 3) Oxidación de todos los compuestos de carbono (orgánicos) presentes en la muestra para formar dióxido de carbono (CO₂)

CO₃²⁻ = ion carbonato

H⁺ = ion hidrógeno

CO₂ = dióxido de carbono

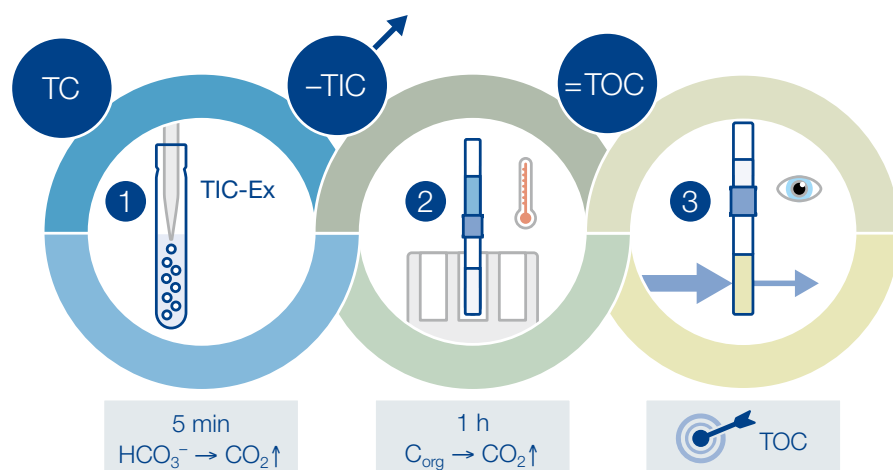
H₂O = agua

HCO₃⁻ = ion de hidrogenocarbonato



4) Medición de las cubetas con el fotómetro *NANOCOLOR*[®]

5) Detección cuantitativa del CO₂ generado mediante un indicador (principio de reacción análogo al de la norma DIN EN 1484)



4.1.9.2 Conservación de muestras

- La muestra extraída debe ser lo más representativa posible del TOC del agua que se debe analizar, por lo que se deberá mezclar meticulosamente u homogeneizar en un mezclador.
- Los análisis de TOC se deben realizar lo antes posible tras la toma de muestras. Si esto no fuera posible, se agregarán 2 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) a 1 L de muestra. En este caso, el pH se deberá reducir a 2 o menos:
 - Conservación de la muestra acidificada a temperatura ambiente: Análisis en un plazo de 7 días.
 - Conservación de la muestra acidificada a 4 °C: Análisis en un plazo de 28 días.

4.1.9.3 Consejos y trucos

Filtración

En el caso de los parámetros sumarios, como TOC, la muestra no se filtra antes de la digestión. Mediante la filtración, los compuestos orgánicos de carbono poco solubles no se tienen en cuenta en el análisis, lo que da lugar a resultados erróneos.

- Para determinar el DOC (carbono orgánico disuelto), se recomienda filtrar las muestras turbias con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm (REF 91650/91652) o el papel de filtro de fibra de vidrio MN 85/90 BF. Estos filtros se han probado y validado específicamente para este fin.

Aptitud para agua de mar

- En principio, el análisis del agua de mar no es posible debido a la interferencia del cloruro.

pH

- Se debe observar el valor de pH de 1 – 12 de la solución de muestra indicado en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido sulfúrico.

Interferencias

- El TIC y el cloruro no expulsados interfieren en el análisis. La concentración a partir de la que cabe esperar una interferencia se indica en las instrucciones de la prueba correspondiente.

Realización del análisis

- Para determinar únicamente el TOC, se deberá eliminar primero el TIC.
- Con el *NANOCOLOR*[®] TIC-Ex es posible eliminar de forma eficaz y sin problemas el carbono inorgánico (TIC) incluso de aguas duras

En el caso de los parámetros sumarios, no se realiza una filtración antes de la digestión.

Parámetro	DBO	TOC	DQO
Oxidante	Biooxidación por microorganismos	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
Tiempo de reacción	Por regla general 5 días (DOB ₅ ; aunque este tiempo se puede reducir aumentando la temperatura de incubación)	Minutos a horas	30 – 120 minutos
Uso	Evaluación de los procesos de tratamiento y los efectos de carga eléctrica	Medición del carbono total en contaminantes orgánicos	Supervisión rápida y frecuente de la eficacia del tratamiento
Exactitud y precisión	aprox. ± 15 % de desviación estándar	aprox. ± 3–6 % de desviación estándar	Variable; aprox. ± 5–10 % de desviación estándar (cuanto mejor se haya homogeneizado la muestra, menor será la desviación)
Ventajas	Las condiciones naturales se reproducen de la mejor manera posible si la muestra se inocula correctamente.	Determina el carbono orgánico total, incluidas las sustancias de difícil degradación.	Equivale a la DBO en el caso de residuos con componentes de composición constante. Las sustancias tóxicas no afectan al oxidante.
Desventajas	Las sustancias tóxicas destruyen los microorganismos. Los microorganismos no oxidan todos los materiales presentes en los residuos. Inexactitud debida a un material de inoculación deficiente. Tiempos de espera largos.	Solo se mide el carbono total y no la demanda potencial de oxígeno.	Interferencias con altos niveles de cloruro. Determinadas sustancias orgánicas solo se oxidan parcialmente.

Tabla 8: Comparación general entre DOB, TOC y DQO

4.2 Análisis de metales

En la industria metalúrgica, el grado de contaminación de las aguas residuales se debe a importantes parámetros químicos relacionados con los metales. En el análisis se distingue entre metales totales, iones metálicos disueltos o sus distintos grados de oxidación.

A continuación se explican conceptos básicos útiles, indicaciones sobre la preparación y conservación de muestras, así como los principios de reacción relativos a los parámetros más importantes de las plantas depuradoras.

4.2.1 Aluminio

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre y el tercer elemento más abundante, después del oxígeno y el silicio. Debido a su fácil deformabilidad (ductilidad), es uno de los metales ligeros más utilizados. Debido a su elevada afinidad por el oxígeno, en la naturaleza no está presente en estado elemental, sino en forma de compuestos oxidados. En las aguas naturales, los compuestos de aluminio solo están presentes en concentraciones muy bajas. Sin embargo, en las aguas residuales de las plantas de decapado de aluminio, las plantas de galvanoplastia y las fábricas de papel están presentes en cantidades considerablemente mayores. En las plantas depuradoras, los compuestos de aluminio se utilizan con frecuencia como coagulantes.

Desde el punto de vista fisiológico, los compuestos de aluminio son más bien inocuos para el ser humano. Sin embargo, dado que son fitotóxicos, pueden provocar la muerte del plancton, con las consiguientes desventajas ecológicas.

El Reglamento alemán sobre el agua potable establece un límite de 0,2 mg/L de Al^{3+} (valor de referencia del Reglamento alemán sobre el agua potable). En el Reglamento alemán sobre aguas minerales y de mesa (MIN-VO) también se establece un valor de referencia de 0,2 mg/L de Al^{3+} .

Los compuestos de aluminio tienen numerosas aplicaciones, por ejemplo, en piscinas como floculantes para el tratamiento del agua, en talleres de decapado de aluminio, en plantas de galvanoplastia o en fábricas de papel.

4.2.1.1 Principio de reacción

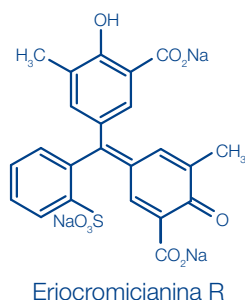
En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

- Determinación colorimétrica con Chromazurol S (*VISOCOLOR*[®])
- Determinación fotométrica con cianina de eriocromo R (*NANOCOLOR*[®]), análoga a APHA 3500-Al D

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre.



En una solución ligeramente ácida, el Al^{3+} forma con la cianina de eriocromo R una laca colorante de color rojo violáceo. El color y la intensidad de la laca dependen del pH de la muestra. Por lo tanto, es imprescindible observar el intervalo de pH indicado para la solución de prueba (pH 3–6).



4.2.1.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE).

4.2.1.3 Consejos y trucos

Aptitud para agua de mar

- Todos los kits aluminio *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] permiten analizar agua de mar; en algunos casos se requiere para ello una dilución (1 + 9). Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

- En la prueba con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®] Aluminio, las soluciones intensamente ácidas y las soluciones tamponadas se deben ajustar a un pH de 3 a 6. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.
- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba.

Interferencias

- Los iones de fluoruro interfieren en todas las pruebas de aluminio, debido a la formación de AlF_3 muy estable, en presencia de compuestos de aluminio en la solución de muestra.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Realización del análisis


- Para la determinación del aluminio total, la muestra no se debe digerir en recipientes de vidrio (p. ej., con el reactivo de digestión *NANOCOLOR*[®] *NanOx Metal*), ya que se pueden liberar aluminosilicatos del vidrio, lo que dará lugar a resultados superiores a los reales. Como alternativa, la digestión se lleva a cabo en el microondas, en recipientes especiales.

Turbideces


- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el aluminio disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 μm ; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 μm o GF/PET de 0,45 μm .

4.2.2 Plomo

En la naturaleza, el plomo rara vez está presente en estado nativo («puro» como elemento). En forma de compuestos, el plomo está presente exclusivamente en forma de compuestos de plomo(II), sobre todo sulfuros, como la galena PbS y sales. Determinadas aguas potables pueden disolver compuestos de plomo, en función de su contenido en oxígeno y dióxido de carbono libre. Debido al uso de tuberías de plomo en la construcción de redes de abastecimiento de agua, es necesario actuar en este caso con especial precaución, ya que los compuestos de plomo son altamente tóxicos. Esto supone un problema, sobre todo con aguas blandas. En el caso de agua muy dura, se forman carbonato de plomo y sulfato de plomo en la pared interior de las tuberías de plomo, lo que protege al plomo de un mayor deterioro causado por el agua.



Al determinar el contenido de aluminio total, no se debe realizar la digestión en recipientes de vidrio, ya que los aluminosilicatos se pueden desprender del vidrio.



Los compuestos de plomo son altamente tóxicos.

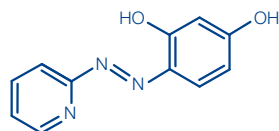
El plomo se utiliza principalmente por su excelente resistencia a la corrosión frente a los ácidos minerales. Además, se trata de un metal fácilmente deformable, con un punto de fusión bajo, poca dureza pero gran densidad. Por eso, el plomo se utiliza con frecuencia en acumuladores y también para absorber rayos X o gamma.

Los compuestos de plomo son tóxicos, ya que inhiben la síntesis de la hemoglobina.

4.2.2.1 Principio de reacción

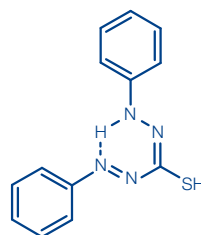
En función de la prueba con cubetas (prueba con cubeta redonda o rectangular *NANOCOLOR*[®]), la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

- (a) Método PAR: Los iones de plomo(II) forman un colorante rojo con el 4-(piridil-2-azo)resorcinol (PAR) en presencia de cianuro. En presencia de metales pesados interferentes, el colorante rojo se degrada de forma selectiva y, a continuación, se evalúa fotométricamente la disminución del color correspondiente. La determinación fotométrica se realiza a 520 nm.



PAR = 4-(piridil-2-azo)resorcina

- (b) Método de ditizona (método de agitación): Los iones de plomo (II) forman con la ditizona (difeniltiocarbazona) y en presencia de cianuro ditizonato de plomo primario. Al agitarlo en una fase orgánica (p. ej., tetracloroetileno o tetracloruro de carbono), se transforma en un complejo de color rosa. La ditizona ($C_{13}H_{12}N_4S$) es un polvo cuyas agujas presentan un brillo metálico de color negro violáceo.



Ditizona = difeniltiocarbazona

4.2.2.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.2.3 Consejos y trucos

Digestión

- La digestión no se puede realizar con *NANOCOLOR*[®] *NanOx* Metal. Los reactivos contienen carbonatos que, al reaccionar con los iones de plomo, forman carbonato de plomo insoluble. Posteriormente, ya no será posible una detección.

Información de fondo

- Solo se detectan los iones de plomo(II) en solución. Para determinar el plomo total, es necesario realizar previamente una digestión con el kit de digestión (REF 91808).

Aptitud para agua de mar

- No es posible realizar análisis del agua de mar.

pH

- En ambos métodos es imprescindible observar el pH de la solución de muestra. En el método PAR, este se sitúa entre 3 y 6, mientras que en el método de detección con ditizona se sitúa entre 1 y 3. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Numerosos iones alteran la reacción de detección con PAR, lo que da lugar a resultados divergentes. Los iones en cuestión se indican en las instrucciones de la prueba con cubetas redondas.

- La ditizona también forma complejos estables con otros iones tiófilos («afines al azufre»). Por eso, algunos iones causan interferencias. En las instrucciones de la prueba se indica con más detalle qué iones interfieren y en qué concentraciones.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbideces

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el plomo disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.2.3 Cadmio

El cadmio y sus compuestos se utilizan ampliamente en la industria como recubrimientos anticorrosivos, en la fabricación de baterías y fotocélulas, para metales de rodamientos, sustancias fluorescentes y pinturas. En el agua, estos compuestos están presentes en forma disuelta como iones de cadmio(II) y como cianuro alcalino de cadmio en forma de complejo. Además, pueden estar presentes en forma no disuelta como hidróxido, carbonato o fosfato de cadmio.

Los compuestos de cadmio son muy tóxicos. En la Ley alemana de tasas de aguas residuales, el contenido de cadmio se tiene en cuenta a la hora de calcular las tasas de vertido debido a su nocividad.

4.2.3.1 Principio de reacción

En función de la prueba con cubetas (prueba con cubeta redonda o rectangular *NANOCOLOR*[®]), la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

- Método de cadión: El cadmio forma, junto con el cadión (1-(4-nitrofenil)-3-(4-fenilazofenil)-triazeno) en solución alcalina, un complejo de color rojo que se analiza fotométricamente.
- Método de ditizona: Los iones de cadmio forman, junto con la ditizona, a un pH > 6, ditizonato de cadmio primario, que es estable en un medio fuertemente alcalino y se disuelve fácilmente en una fase orgánica (p. ej., tetracloruro de carbono o tetracloroetileno), donde presenta un color rosa intenso. Los metales pesados interferentes se eliminan previamente en medio ácido con ditizona (primera extracción en medio ácido). A este pH (pH < 3), el cadmio aún no forma un complejo de ditizona.

4.2.3.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.3.3 Consejos y trucos

Información de fondo

- Solo se detectan los iones de Cd²⁺. Para la determinación del cadmio total, es necesario realizar previamente una digestión con *NANOCOLOR*[®] *NanOx* Metal (REF 918978) o con el kit de digestión (REF 91808).

Aptitud para agua de mar

- La prueba con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®] Cadmio 2 permite analizar agua de mar, pero la prueba con cubetas rectangulares *NANOCOLOR*[®] Cadmio no. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

- Para el método de cadión, el pH de la solución de muestra debe estar comprendido entre 7 y 10. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.
- En el método de ditizona, las soluciones de muestra intensamente alcalinas y fuertemente tamponadas se deberán ajustar a un pH de 3 con ácido nítrico antes del análisis.

Tiófilo = «amante del azufre»



Los compuestos de cadmio son muy tóxicos.

Interferencias

- Hay diversos parámetros metálicos que interfieren en la determinación de las pruebas con cubetas redondas y rectangulares. La concentración a partir de la que cabe esperar una interferencia se indica en las instrucciones de la prueba correspondiente.
- En la prueba con cubeta rectangular, el sulfuro interfiere por un resultado inferior y el cobalto por un color de reacción marrón-violeta (el cadmio presenta un color de reacción rosa).
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el cadmio disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 μm ; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 μm o GF/PET de 0,45 μm .

4.2.4 Cromo

El cromo solo está presente en el medio ambiente en forma de compuestos; su forma natural más importante es el mineral de cromo, también conocido como cromita ($\text{Fe-Cr}_2\text{O}_4$). Este también sirve como materia prima para la síntesis de cromo y compuestos de cromo.

El cromo es un elemento muy utilizado en la industria como componente de aleaciones, entre otros ámbitos, en el sector del afino de metales. Es el elemento de aleación más importante para la fabricación de aceros inoxidable y termorresistentes. Además, los cromatos se utilizan en plantas de galvanoplastia (producción de recubrimientos de cromo resistentes a la corrosión), en las curtidurías (cuero cromado) y en la industria de los barnices (fabricación de pinturas pigmentadas).

Los compuestos de cromo están presentes en las aguas residuales industriales en forma trivalente (iones de cromo(III)) y hexavalente (iones de cromato y dicromato).

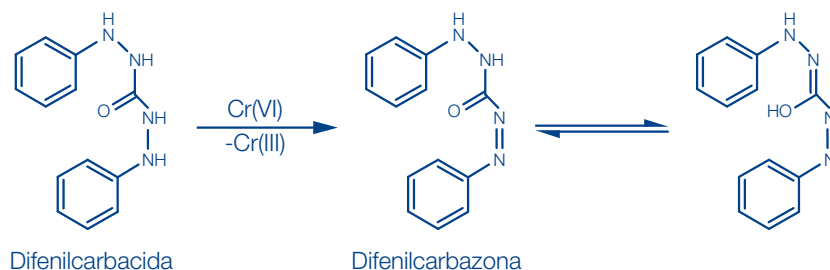
Los cromatos son tóxicos y cancerígenos. La toxicidad de los iones de cromo(VI) es mucho mayor que la de los iones de cromo(III). No obstante, el cromo y sus compuestos son esenciales para el ser humano y desempeñan un papel decisivo en la metabolización de la glucosa en la sangre.

4.2.4.1 Principio de reacción

General: Para determinar el cromo total, todos los estados de oxidación se deberán oxidar a cromo(VI).

La determinación colorimétrica y fotométrica se realiza de acuerdo con la norma DIN 38405-D24 y la norma APHA 3500-Cr D.

Los iones de cromato producen una coloración rojo púrpura en ácido sulfúrico con difenilcarbácida. En este proceso, el cromato oxida primero la difenilcarbácida(I) a difenilcarbazona(II). Al mismo tiempo, el cromato Cr(VI) se reduce a iones de Cr(III). La forma enólica de la carbazona forma con los iones de cromo(III) un complejo interno de color rojo violáceo con una relación molar cromo: difenilcarbácida = 1:1.



El cromo es el elemento de aleación más importante para la fabricación de aceros inoxidable y termorresistentes.

4.2.4.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).
- Las muestras de cromato se deben analizar sin demora, en el plazo de un día. La muestra se debe refrigerar.

4.2.4.3 Consejos y trucos

Información de fondo

- La detección de iones de cromo (III) requiere una oxidación previa a cromo(VI). Sin digestión, solo se detectan los compuestos de cromo(VI) disueltos. Para determinar el cromo(III), se analizan el cromo total y el cromo(VI). De la diferencia se obtiene el porcentaje de iones de cromo(III). Este cálculo solo se puede realizar si la solución de la muestra no contiene compuestos de cromo(VI) sin disolver. Estos también se determinarán solo después de la digestión.

Aptitud para agua de mar

- Prácticamente todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] Cromato permiten analizar agua de mar. La excepción es la prueba *NANOCOLOR*[®] Cromo total 2, con la que no es posible realizar análisis de agua de mar. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- La presencia de coloraciones, turbidez y grandes cantidades de sustancias orgánicas, así como de sustancias oxidantes o reductoras, interfiere en la realización de la prueba con cubeta redonda *NANOCOLOR*[®] Cromato 5 y de la prueba con cubeta rectangular *NANOCOLOR*[®] Cromato.
- El cloruro interfiere en la prueba con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®] Cromo total 2 a concentraciones superiores a 1000 mg/L.
- En las instrucciones de la prueba correspondiente se enumeran otras interferencias.


Turbideces

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el cromato disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

4.2.5 Hierro

Con un 6,2 %, el hierro es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre y, después del aluminio, el segundo metal más abundante. En el agua está presente en diversas formas. Las aguas subterráneas con niveles de oxígeno reducidos y un entorno reductor suelen presentar concentraciones de hierro superiores a 0,1 mg/L. El hierro bivalente(II) Fe^{2+} que contienen es especialmente sensible al aire. El oxígeno del aire lo oxida a hierro trivalente Fe^{3+} y, debido a su escasa solubilidad, se precipita en forma de hidrato de óxido de hierro marrón, amorfo en forma de copos. Este hidrato de óxido suele provocar, debido a la formación de complejos, la coprecipitación de otros metales pesados, o la aparición de otros complejos de hierro, especialmente en aguas residuales y en aguas naturales que contienen ácidos húmicos. Además, la presencia de hierro también depende del pH. Con valores de pH superiores a 8, los iones de hierro(II) Fe^{2+} se transforman en hidróxido de hierro(II) poco soluble. El hierro disuelto puede limitar el uso del agua por parte de los consumidores, ya que puede provocar precipitaciones al utilizarla, por ejemplo, al lavar la ropa. En la industria, el hierro se utiliza para tuberías y depósitos. El hierro no es deseable en el agua potable, ya que provoca un color marrón y un olor a podrido.

El límite máximo de hierro en el agua potable es de 0,2 mg/L.



Los iones de cromo(III) se pueden determinar a partir de la medición diferencial entre los iones de cromo(VI) disueltos y el cromo total.

El hierro (al igual que el manganeso) no supone un peligro directo para la salud humana en las concentraciones habitualmente presentes. Sin embargo, estos compuestos no son deseables en el agua potable, ya que pueden formar depósitos en la red de tuberías que aumentan considerablemente la resistencia al flujo. Una de las consecuencias de ello son, por un lado, las decoloraciones indeseadas y, por otro, las denominadas contaminaciones secundarias provocadas por bacterias del hierro y del manganeso correspondientes.

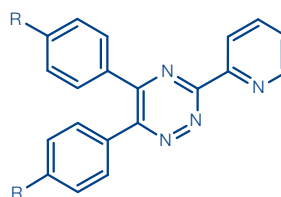
El principal ámbito de aplicación del hierro es la industria siderúrgica y metalúrgica. Gracias a su amplia disponibilidad, su dureza y su tenacidad, el hierro es uno de los materiales básicos más importantes. El hierro se utiliza, entre otras cosas, como floculante. La determinación del hierro disuelto es un indicador importante del grado de corrosión.

4.2.5.1 Principio de reacción

En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas dos reacciones:

(a) Método de triacina: Los iones de hierro(II) reaccionan con un derivado de triacina para formar un complejo de color rojo violáceo muy intenso (*VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®]).

R = H, SO₃H



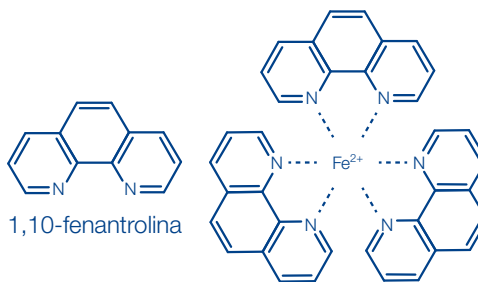
Derivado de triacina

Los derivados de la triacina son muy miscibles con el ácido tioglicólico. El ácido tioglicólico sirve como agente reductor para convertir el hierro(III) en hierro(II) y para ajustar el pH. Por lo tanto, solo se requiere un reactivo para el análisis.

(b) Método DIN: Los iones de hierro(II) forman un complejo de color naranja con la 1,10-fenantrolina (*NANOCOLOR*[®]).

El hierro(III) se reduce a hierro(II) mediante un reductor adecuado y también se incluye en el análisis. El pH se ajusta por medio de un tampón.

Este complejo de fenantrolina de color rojo anaranjado es estable en un intervalo de pH de 2,5 a 9. El método descrito detecta el hierro disuelto y los compuestos de hierro fácilmente solubles (principio de reacción análogo al de la norma DIN 38406-E)¹.



1,10-fenantrolina

Distinción entre hierro total y hierro disuelto

El hierro disuelto son únicamente los compuestos de hierro presentes de forma completamente disueltos en la muestra. Antes del análisis, se recomienda filtrar la muestra con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm (REF 91650).

Para determinar el hierro total, se requiere una digestión con el reactivo de digestión *NANOCOLOR*[®] *NanOx Metal* (REF 918978) o con el kit de digestión (REF 91808).

Diferenciación entre hierro(III) y hierro(II):

En dos pruebas es posible distinguir entre los dos estados de oxidación diferentes: *VISOCOLOR*[®] *ECO Hierro 2* (REF 931026/931226) y prueba con cubetas rectangulares *NANOCOLOR*[®] Hierro (REF 91836).

Al omitir el reductor, se puede distinguir entre Fe²⁺ y Fe³⁺.



4.2.5.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).
- Los compuestos de hierro(II) se pueden conservar durante un máximo de 7 días tras añadir ácido clorhídrico hasta alcanzar un pH de 1–2.

4.2.5.3 Consejos y trucos

Digestión

- Para detectar también los complejos de hierro y determinar el hierro total, se deberá preparar la muestra antes del análisis mediante una oxidación con *NANOCOLOR*[®] *NanOx Metal* (REF 918978) o el kit de digestión (REF 91808).

Información de fondo

- Al determinar el contenido de hierro en muestras acuosas, se deberá tener en cuenta que los procesos mencionados anteriormente seguirán desarrollándose incluso después de la toma de muestras. Por eso es necesario realizar una determinación diferenciada de las formas presentes directamente in situ. Si esto no fuera posible, la muestra se deberá estabilizar, a ser posible, añadiendo unas gotas de ácido (la cantidad dependerá de los parámetros que se deban determinar).

Filtración

- Para determinar exclusivamente el «hierro disuelto», en caso de aguas turbias, la muestra se deberá filtrar antes del análisis.

Análisis de agua de mar

- Prácticamente todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] Hierro permiten analizar agua de mar. La excepción es la prueba *VISOCOLOR*[®] *HE* Hierro, con la que no es posible realizar análisis de agua de mar. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Los oxidantes interfieren en la determinación con la prueba *NANOCOLOR*[®] Hierro 3.
- Otros iones metálicos, como el cobalto o el níquel, pueden interferir en diferentes concentraciones, según la prueba. La concentración a partir de la que cabe esperar una interferencia se indica en las instrucciones de la prueba correspondiente.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

- Las turbideces dan lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., MN 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.2.6 Cobre

El cobre, al igual que la plata y el oro, pertenece a los metales monetarios. Desde muy temprano se reconoció la resistencia a la corrosión de estos tres metales, por lo que se utilizaron para la fabricación de monedas. En la naturaleza, el cobre está presente en estado nativo, aunque en pequeñas cantidades, pero también en forma de compuestos como carbonatos, óxidos o sulfuros.

Los iones de cobre (II) pueden estar presentes en el agua en forma disuelta o no disuelta. En las aguas naturales y en las aguas residuales municipales, el cobre suele estar presente solo en concentraciones muy bajas. Sin embargo, en las aguas residuales industriales estas concentraciones son mucho más elevadas, por ejemplo, en las empresas metalúrgicas, en las plantas de galvanoplastia y en los lixiviados de los vertederos de escombros.

En la industria, el cobre es uno de los metales más utilizados. El cobre se caracteriza por su excelente conductividad eléctrica, resistencia a la oxidación y conductividad térmica. Además, se utiliza en forma de aleaciones, como el latón y el bronce. El cobre, al igual que la plata, tiene propiedades antibacterianas.



El cobre forma parte de los metales monetarios.

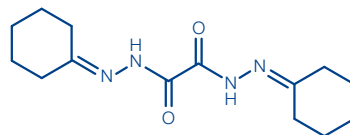


El cobre tiene un efecto germicida.

El cobre se utiliza, entre otras cosas, en talleres de galvanoplastia. En estos se comprueba periódicamente la concentración. También se utilizaba para las tuberías de agua. En función del pH, se puede detectar la presencia de cobre en el agua potable.

4.2.6.1 Principio de reacción

Los iones de cobre(II) forman, junto con la cuprizona (bis(ciclohexilidenedihidracida) del ácido oxálico), un complejo de color azul en una solución ligeramente alcalina, que se puede evaluar tanto por métodos colorimétricos como fotométricos.



Bis(ciclohexilidenedihidracida) del ácido oxálico
«Cuprizona»

La cuprizona es muy adecuada para la determinación fotométrica de pequeñas cantidades de cobre, ya que reacciona de forma prácticamente selectiva con los iones de cobre(II).

4.2.6.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.6.3 Consejos y trucos

Digestión

- Solo se detectan los iones de Cu^{2+} . Los compuestos de cobre(I) y los compuestos de cobre(II) no disueltos no se tienen en cuenta y se deben someter a un proceso de digestión antes del análisis. Para la determinación del cobre total, es necesario realizar previamente una digestión con *NANOCOLOR[®] NanOx Metal* (REF 918978) o con el kit de digestión (REF 91808).

Aptitud para agua del mar

- Todas las pruebas *VISOCOLOR[®]* y *NANOCOLOR[®] Cobre* son adecuadas para el análisis del agua de mar.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- El calcio interfiere en la detección. Para eliminar la interferencia, utilice el reactivo destinado a eliminar el exceso de calcio (hasta 20 g/L de Ca^{2+} , REF 918939).
- Las concentraciones de cromo(III) superiores a las de cobre dan lugar a resultados inferiores a los reales (oxidación a cromato con *NANOCOLOR[®] NanOx Metal*).
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el cobre disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 μm ; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 μm o GF/PET de 0,45 μm .

4.2.7 Níquel

En las aguas naturales, el níquel solo está presente raras veces y únicamente en concentraciones bajas. En cambio, las aguas residuales revisten una mayor importancia. Los compuestos de níquel del agua pueden estar presentes en forma disuelta (como iones de níquel(II) o en sus compuestos complejos) y en forma no disuelta (p. ej., hidróxido, carbonato, sulfuro y cianuro de níquel).

El níquel se utiliza para el afinado de metales y la fabricación de recubrimientos resistentes a la corrosión. Como metal de aleación, se utiliza en el refinado del acero, lo que constituye su aplicación principal. La adición de aleaciones de níquel aumentan la resistencia, la ductilidad y la dureza del acero. Puede pasar al agua residual desde el agua de lavado de los talleres de galvanoplastia.

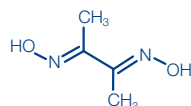
El níquel puede provocar reacciones alérgicas en la piel. Por lo tanto, los objetos metálicos que entran en contacto con la piel se someten periódicamente a pruebas de detección de níquel. Antiguamente, muchas piezas de joyería (como, por ejemplo, los pendientes) estaban niqueladas. Debido al elevado número de personas sensibilizadas al níquel, cada vez se niquelan menos los metales que entran en contacto con la piel.



El níquel es el desencadenante más frecuente de las alergias de contacto (dermatitis por níquel).

4.2.7.1 Principio de reacción

Determinación colorimétrica y fotométrica de los iones de níquel mediante dimetilgloxima (diacetildioxima).



Diacetildioxima

4.2.7.2 Conservación de muestras

· Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1 – 2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.7.3 Consejos y trucos

Digestión

· El níquel en forma de complejos no se detecta analíticamente, o solo parcialmente, por lo que se debe someter a un proceso de digestión antes de su determinación. Para la determinación del níquel total, es necesario realizar previamente una digestión con *NANOCOLOR® NanOx Metal* (REF 918978) o con el kit de digestión (REF 91808).

Aptitud para agua de mar

· Prácticamente todas las pruebas *VISOCOLOR®* y *NANOCOLOR®* Níquel permiten analizar agua de mar; en algunos casos se requiere para ello una dilución (1 + 9). Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

· En las pruebas con cubetas redondas, el pH de la solución de muestra debe estar comprendido entre 3 y 8; en las pruebas con cubetas rectangulares, entre 1 y 13. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.
· Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba.

Interferencias

· El calcio interfiere en la detección. Para eliminar las interferencias, utilice el reactivo destinado a eliminar las interferencias causadas por el calcio (hasta 20 g/L de Ca²⁺, REF 918939).
· En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

· Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el níquel disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.2.8 Plata

La plata es un metal blando dúctil que presenta la mayor conductividad eléctrica de todos los elementos, así como la mayor conductividad térmica de todos los metales. Es un elemento raro que solo está presente en la corteza terrestre en una concentración de aprox. 0,079 ppm. Al igual que el cobre, forma parte de los metales monetarios.



La plata forma parte de los metales monetarios.

En estado puro, la plata es demasiado blanda, por lo que se utiliza principalmente en forma de aleaciones (principalmente con cobre). Al igual que el cobre, la plata tiene propiedades antibacterianas, por lo que también es de interés para el uso en productos sanitarios (comprimidos, pomadas, láminas de plata).

Asimismo, la plata se utiliza para el revelado fotográfico. La fijación es el proceso final en el revelado de las películas o fotografías. Durante este proceso se eliminan por lavado los halogenuros de plata excedentes de la capa fotográfica. Por lo tanto, es recomendable y necesario comprobar periódicamente el contenido de plata de dichos baños fijadores.

4.2.8.1 Principio de reacción

Los iones de plata reaccionan con un indicador y forman un colorante azul. Los compuestos de plata poco solubles o en forma de complejos, como el bromuro, el cloruro, el yoduro, el cianuro o el tiocianato de plata, no se tienen en cuenta en el análisis.

4.2.8.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1–2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.8.3 Consejos y trucos

Digestión

- Los compuestos de plata poco solubles o en forma de complejos, como el bromuro de plata, el cloruro de plata, el yoduro de plata, el cianuro de plata o el tiocianato de plata, no se tienen en cuenta en el análisis. Para determinar estos compuestos, es necesario realizar previamente una digestión con *NANOCOLOR® NanOx Metal* (REF 918978).

Aptitud para agua de mar

El método no es adecuado para el análisis de agua de mar.

pH

- El pH de la solución de muestra debe estar entre 3 y 9. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Numerosos iones metálicos, como por ejemplo el Pb^{2+} o el Al^{3+} , interfieren en la prueba. La concentración a partir de la que cabe esperar una interferencia se indica en las instrucciones de la prueba.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Realización del análisis

- Las concentraciones de plata menores (0,08–0,50 mg/L de Ag^+) se pueden determinar con cubetas semimicro de 50 mm (REF 91950).

Turbideces

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar la plata disuelta. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 μm ; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 μm o GF/PET de 0,45 μm .

4.2.9 Zinc

El zinc está presente en muchos minerales y siempre en forma ligada, principalmente como sulfuros y oxosales. Es un oligoelemento importante para las personas, los animales y las plantas.

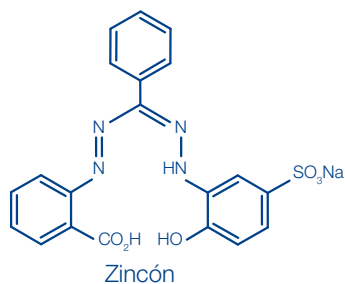
Las sales de zinc se utilizan en las plantas de galvanoplastia para el recubrimiento de acero con zinc (afino superficial) y para la producción de aleaciones de zinc. De este modo se consigue una protección eficaz contra la corrosión, por lo que las sales de zinc también se han utilizado, en ocasiones, en aguas de refrigeración. Sin embargo, debido a la toxicidad del zinc, esto ya apenas se hace.

El zinc es un oligoelemento importante.



4.2.9.1 Principio de reacción

Los iones de zinc forman un complejo de color azul con zincón a un pH de entre 8,5 y 9,5. El principio de reacción es análogo al de APHA 3500-Zn F.



4.2.9.2 Conservación de muestras

- Por medio de la adición de ácido nítrico hasta alcanzar un pH de 1 – 2, la muestra se podrá conservar hasta un máximo de 1 mes (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

4.2.9.3 Consejos y trucos

Digestión

Para la determinación del zinc total, es necesario realizar previamente una digestión con *NANOCOLOR*[®] *NanOx Metal* (REF 918978) o con el kit de digestión (REF 91808). En general, la medición se deberá realizar frente a un blanco digerido.

Fuentes de error frecuentes

- En el caso de *VISOCOLOR*[®] *ECO Zinc*, se deberá prestar atención al volumen de muestra diferente para el análisis visual (1 mL) y fotométrico (5 mL).

Aptitud para agua de mar

- Tras la dilución (*VISOCOLOR*[®] *ECO Zinc* 1 + 9, *NANOCOLOR*[®] *Zinc* 4 1 + 1, *NANOCOLOR*[®] *Zinc* 1 + 9), el método también se puede utilizar para el análisis del agua de mar.

pH

- Se debe observar el valor de pH de 3 – 10 de la solución de muestra indicado en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, ajuste el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.
- En el caso de muestras ácidas, alcalinas y tamponadas, mida el pH tras añadir la muestra (valor nominal: pH 8,5 – 9,5) y, si fuera necesario, ajústelo a pH 9.

Interferencias

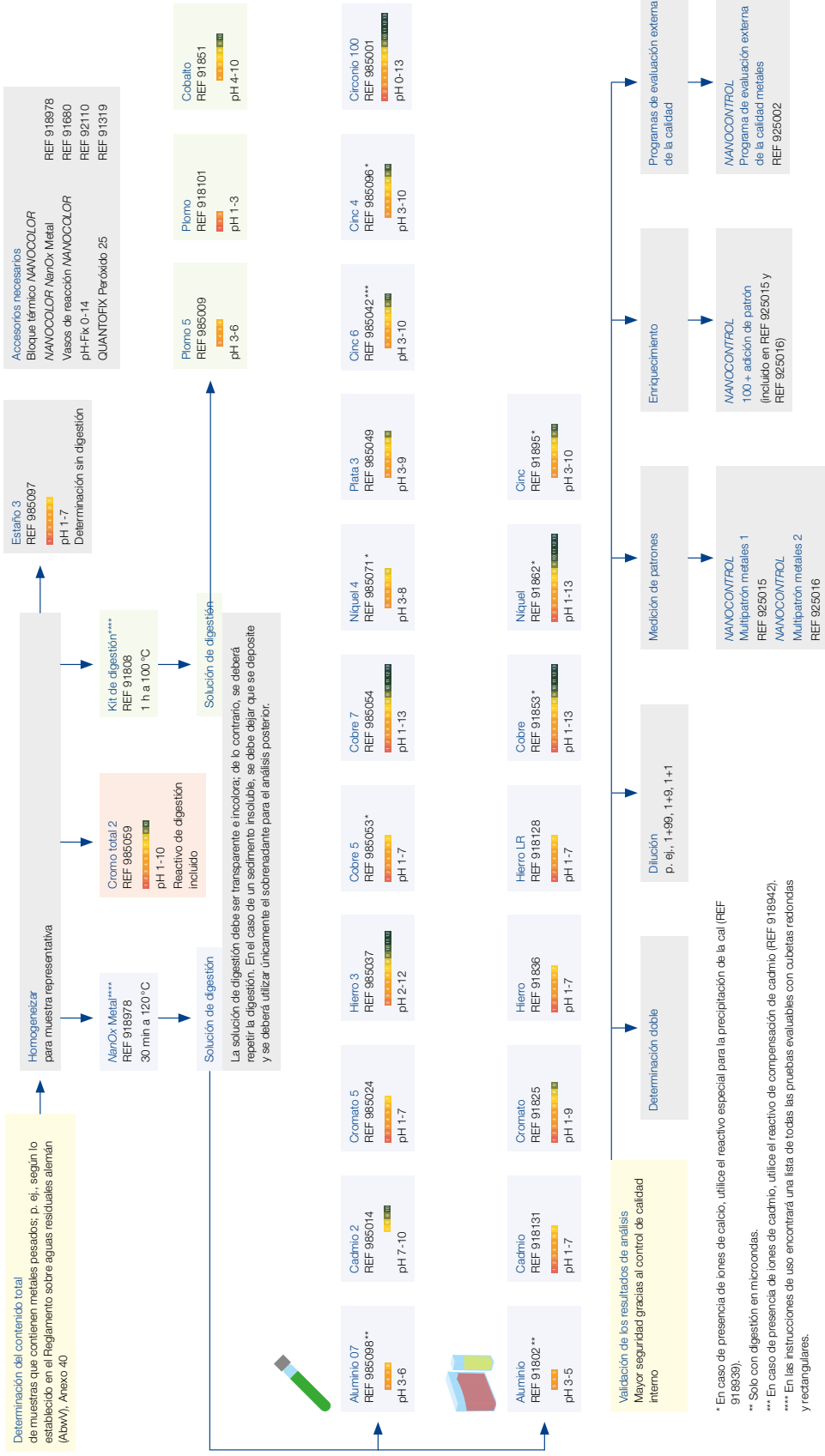
- El calcio interfiere en la detección. Para eliminar las interferencias, utilice el reactivo destinado a eliminar las interferencias causadas por el calcio (hasta 20 g/L de Ca²⁺, REF 918939).
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbideces

- Las soluciones turbias se deben filtrar antes de determinar el zinc disuelto. La turbidez da lugar a resultados de medición erróneos: En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

Análisis de agua

Análisis de metales con el sistema NANOCOLOR®



* En caso de presencia de iones de calcio, utilice el reactivo especial para la precipitación de la cal (REF 918939).

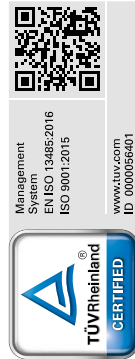
** Solo con digestión en microondas.

*** En caso de presencia de iones de cadmio, utilice el reactivo de cadmio (REF 918942).

**** En las instrucciones de uso encontrará una lista de todas las pruebas evaluables con cubetas redondas y rectangulares.

www.mn-net.com

MACHEREY-NAGEL



MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valenciennr Str. 11 · 52355 Düren · Alemania

DE +49 24 21 969-0 info@mn-net.com

CH +41 62 388 55 00 sales-ch@mn-net.com

FR +33 388 68 22 68 sales-fr@mn-net.com

US +1 888 321 62 24 sales-us@mn-net.com

KATES100155 Metallanalytik mit dem NANOCOLOR® System ESS

NANOCOLOR® VARIO C2 M

La nueva digestión de gran volumen



Rápido, práctico, fácil de usar

- Preparación de muestras eficaz y orientada al futuro
- Método de digestión cómodo
- Un solo reactivo para todas las pruebas de metales
- Posibilidad de realizar simultáneamente determinaciones dobles de 4 pruebas de metales y de cromo total



4.3 Otros parámetros importantes

Además de los parámetros relacionados con las plantas depuradoras y los metales, existen otros parámetros químicos que revisten interés en el análisis del agua y de las aguas residuales. El pH es de importancia decisiva en todos los procesos químicos y biológicos. Pero tampoco se debe pasar por alto el grado de dureza del agua, sobre todo en el sector industrial.

A continuación se explican conceptos básicos útiles, indicaciones sobre la preparación y conservación de muestras, así como los principios de las reacciones relativos a los parámetros «Dureza» y «pH».

4.3.1 Dureza

La dureza total o dureza del agua es la suma de las concentraciones de todos los iones de metales alcalinotérreos disueltos en la muestra de agua.

$$GH = \sum[\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}]$$

Sin embargo, dado que los iones de estroncio y bario solo están presentes en trazas y, por lo tanto, desempeñan un papel secundario como endurecedores, se ha concretado la definición según la norma DIN 38409-H6. Según esta norma, la dureza ya solo se define por la concentración molar de iones de calcio y magnesio en mmol/L. La proporción de iones de calcio (Ca^{2+}) suele ser, en general, mayor (entre el 70 y el 85 %) que la de iones de magnesio (Mg^{2+}). Cuanto «más dura» sea el agua, mayor será la proporción total de iones de metales alcalinotérreos disueltos.

Anteriormente, la dureza se expresaba también en grados de dureza alemana, en lugar de en mmol/L (unidad del SI). Esta unidad se refería al óxido de calcio (CaO), de modo que 1 °d equivalía formalmente a 10 mg de óxido de calcio en 1 litro de agua. Se definieron de forma equivalente otros indicadores de dureza, como el magnesio (1 °d = 7,19 mg/L). En la siguiente tabla se muestra la conversión de grados de dureza alemana a unidades del Sistema Internacional (SI) y otras unidades utilizadas:

°d	°e	°f	mg/L de CaO	mg/L de CaCO_3	mmol/L de CaCO_3
1	1,3	1,8	10	18	0,18
2	2,5	3,6	20	36	0,36
3	3,8	5,4	30	54	0,54
4	5,0	7,1	40	71	0,71
5	6,3	8,9	50	89	0,89
6	7,5	10,7	60	107	1,07
7	8,8	12,5	70	125	1,25
8	10,0	14,3	80	143	1,43
9	11,3	16,1	90	161	1,61
10	12,5	17,8	100	178	1,78

Tabla 9: Conversión de grados de dureza alemana a unidades del Sistema Internacional (SI) y otras unidades utilizadas

En general, el agua con una dureza total de hasta 7 °d se designa como blanda, de hasta 11 °d como de dureza media y de más de 12 °d como dura.

La dureza total se compone de dos ámbitos distintos, definidos de manera diferente:

Dureza de carbonatos (dureza temporal)

La dureza de carbonatos designa la proporción de iones de magnesio y calcio para la que existen cantidades equivalentes de hidrogenocarbonato en la solución. A diferencia de la dureza permanente, esta se puede eliminar simplemente calentándola. Esto se debe a una reacción de equilibrio dependiente de la temperatura (equilibrio entre la cal y el ácido carbónico):



GH = dureza total

Ca^{2+} = iones de calcio

Mg^{2+} = iones de magnesio

Sr^{2+} = iones de estroncio

Ba^{2+} = iones de bario



HCO_3^- = ion de hidrogenocarbonato

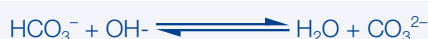
CaCO_3 = carbonato cálcico («depósito calcáreo» o «piedra caliza»)



En presencia de agua carbonatada, formada por CO₂ y agua, la caliza (CaCO₃) se disuelve formando hidrogenocarbonato de calcio. Sin embargo, si se calienta, el equilibrio se desplazará en la dirección opuesta, hacia el lado del llamado «depósito calcáreo», y se precipitará el carbonato cálcico.

Cuanto mayor sea la proporción de carbonatos disueltos en el agua, mayor será la capacidad tampón (estabilidad del pH) del agua. Por el contrario, las aguas muy blandas (p. ej., el agua destilada) tienen una capacidad tampón muy reducida, lo que puede afectar a la precisión de las mediciones. Por el contrario, el agua muy dura provoca la formación de cal y de jabones de cal, como los que a menudo están presentes en vida cotidiana (hervidores de agua, cafeteras). Estos depósitos se deben al carbonato cálcico formado.

Gracias a los hidrogenocarbonatos presentes en las muestras acuosas y a su buena capacidad tampón, el pH se mantiene estable, incluso al añadir ácidos o bases:



HCO₃⁻ = ion de hidrogenocarbonato
H₂CO₃ = ácido carbónico
CO₂ = dióxido de carbono
CO₃²⁻ = ion carbonato

El concepto de «dureza de carbonatos» es sinónimo de «capacidad ácida» o «capacidad de fijación de ácidos» y de «alcalinidad». La determinación se realiza por titulación con ácido clorhídrico frente al denominado valor p (p = fenolftaleína) y el valor m (m = naranja de metilo).

En su sentido original, la dureza de carbonatos (a menudo indicada en °d) se indicaba como capacidad ácida, con la unidad [mmol/L], o, en el ámbito de la piscicultura, como capacidad de fijación de ácidos (SBV, por sus siglas en alemán), con la unidad [mval/L]. El origen de este término se debe a la capacidad tampón del agua frente a los ácidos y a la estabilidad del pH asociada en un intervalo pH determinado.

Por lo tanto, la dureza de carbonatos, la capacidad ácida y la capacidad de fijación de ácidos son conceptos idénticos que solo se pueden utilizar de forma diferente según el ámbito de aplicación.

Dureza de carbonatos = capacidad ácida = SBV (≙ capacidad de fijación de ácidos)

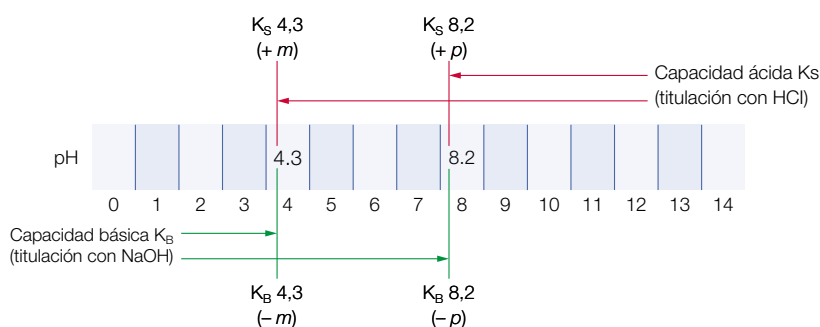
En la primera etapa de la titulación, los carbonatos se transforman en hidrogenocarbonatos. La coloración rojo rosácea tras añadir el indicador fenolftaleína indica la presencia de carbonatos; por lo tanto, se deberá valorar con ácido clorhídrico hasta que la solución de muestra pierda completamente el color. El consumo de ácido clorhídrico hasta la decoloración se denomina «valor p».



En la segunda etapa de la titulación, se determina el valor m inmediatamente después de la determinación del valor p. Si, tras añadir el indicador naranja de metilo, se observa una coloración azul, se valorará hasta que el color cambie a rojo. Se registran todos los hidrogenocarbonatos.



Por experiencia, el valor p es muy reducido o igual a cero en la mayoría de las muestras de agua, ya que los carbonatos son poco solubles. En ese caso, la dureza de carbonatos equivale al valor m.



K_S = capacidad ácida
K_B = capacidad de bases
HCl = ácido clorhídrico
NaOH = disolución de hidróxido sódico
Valor m = dureza de carbonatos
Valor p = alcalinidad parcial

Figura 26: Resumen de la capacidad ácida y básica

La dureza de carbonatos es menor, como máximo igual que la dureza total. Sin embargo, en casos excepcionales puede ser mayor, concretamente si la solución de muestra contiene más carbonatos o hidrogenocarbonatos que iones de metales alcalinotérreos (p. ej., en el caso de los carbonatos alcalinos, como el NaHCO_3).

Designación	Descripción	Unidades
Dureza total (dureza del agua)	Concentración de todos los iones alcalinotérreos, palabras clave: Agua blanda, agua dura → Calcificación, jabones de cal	SI: mmol/L la mayoría de las veces: °d
Dureza de calcio (dureza de cal)	Concentración de todos los iones de calcio disueltos	mmol/L a menudo: °d, mg/L de CaCO_3 ppm raras veces: mval/L
Dureza de magnesio	Concentración de todos los iones de magnesio disueltos	mmol/L a menudo: °d o ppm raras veces: mval/L
Dureza de carbonatos (dureza temporal, dureza pasajera)	Concentración de todos los iones de metales alcalinotérreos presentes en forma de carbonato o hidrogenocarbonato	SI: mmol/L a menudo: °d o ppm raras veces: mval/L
Dureza no carbonatada (dureza permanente, dureza de sulfato)	Concentración de todos los iones de metales alcalinotérreos no ligados en forma de carbonato o hidrogenocarbonato	SI: mmol/L a menudo: °d o ppm raras veces: mval/L
Capacidad de bases K_B (acidez)	Consumo de base (NaOH , $c = 0,1 \text{ mol/L}$) para alcanzar un pH de 8,2; capacidad para ceder protones	mmol/L o: mval/L
Capacidad ácida K_S (capacidad de fijación de ácidos de pH 8,3 hasta pH 4,3)	Consumo de ácido (HCl , $c = 0,1 \text{ mol/L}$) para alcanzar un pH de 4,3; alta capacidad ácida: buena capacidad tampón, según: DIN 38409-H7-1-2.	mmol/L o mval/L mg/L de CaCO_3
Capacidad de fijación de ácidos (alcalinidad)	Capacidad para fijar iones oxonio (H_3O^+) o iones de hidrógeno (H^+), dependiente de los iones con efecto básico; casi exclusivamente carbonatos → «Alcalinidad = alcalinidad de carbonato = dureza de carbonatos = capacidad ácida»	mmol/L a menudo: °d o también ppm
Alcalinidad total	Concentración de todos los iones capaces de fijar ácidos (sulfatos, fosfatos, etc.)	mmol/L, a menudo: °d o ppm raras veces: mval/L
Alcalinidad de carbonato	Concentración de todos los iones presentes en forma de carbonato que pueden neutralizar la acidez. Se suele denominar «alcalinidad», ya que los carbonatos son su componente principal	mmol/L a menudo: °d o ppm raras veces: mval/L

Tabla 10: Conceptos importantes relativos a la dureza

Dureza no carbonatada (dureza permanente)

La dureza no carbonatada se compone de todas las demás sales de metales alcalinotérreos aniónicas disueltas y no precipitables, como por ejemplo sulfatos, cloruros o nitratos. La proporción molar de cada uno de los componentes no influye en la determinación, ya que la dureza residual se define como un parámetro sumario y se determina como tal.

La dureza del agua también es importante para las plantas depuradoras, por lo que se utilizan procesos de descalcificación específicos.

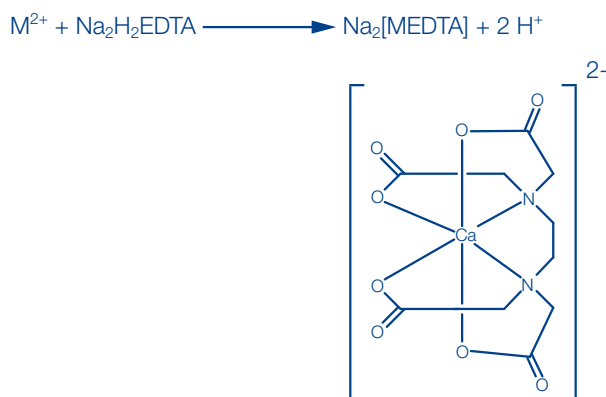
Una dureza temporal excesiva puede provocar la precipitación de carbonatos en las tuberías y los intercambiadores de calor. Las concentraciones excesivas de iones de calcio y magnesio pueden provocar la precipitación de determinados parámetros aniónicos.

Principio de reacción

Dureza total y dureza residual

En función de la gama de productos (*VISOCOLOR*[®] o *NANOCOLOR*[®]) y del kit de análisis, la prueba se basa en una de estas tres reacciones:

(a) Titulación complejométrica: Principio de reacción análogo al de la norma DIN 38406-3E3. Salvo en el caso de un único kit de análisis (*VISOCOLOR*[®] *alpha* Dureza residual), en la gama *VISOCOLOR*[®] la determinación de la dureza total se realiza mediante una titulación complejométrica, es decir, los iones de metales alcalinotérreos se fijan mediante la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) formando lo que se conoce como quelatos (del griego chele para pinzas de cangrejo). Mientras que en las titulaciones ácido-base (ver «dureza de carbonatos») el punto de equivalencia se detecta mediante indicadores que reaccionan a un cambio del pH con un cambio de color, en las titulaciones complejométricas se utilizan indicadores específicos para metales que reaccionan a un cambio en la concentración de iones metálicos. Los quelatos que forman los indicadores con los iones metálicos tendrán un color diferente al de los indicadores libres.



La reacción tiene lugar a un pH de 10. Se añade a indicador líquido una sustancia tampón, lo que permite ajustar el pH y capturar los iones de hidrógeno (protones, H⁺) que se generan durante la titulación y que, de otro modo, provocarían una disminución del pH (la estabilidad del complejo disminuye a medida que disminuye el pH).

Además de la sustancia tampón, se ha añadido a la preparación indicadora Mg-EDTA como sustancia complejométrica neutra. El complejo de calcio presenta una constante de estabilidad mayor que el complejo de magnesio correspondiente. En consecuencia, los iones de calcio de este complejo liberan cantidades equivalentes de iones de magnesio.

Los iones de magnesio producen, junto con el indicador de color, un cambio de color mucho más intenso que el que se podría obtener con iones de calcio. De este modo se evita que, en el caso de las muestras de agua cuya dureza se debe exclusiva o mayoritariamente a sales de calcio, no se produzca un cambio de color marcado o no se detecte, a causa de ello, con precisión el punto final de la titulación.

Antes de comenzar la titulación, se agrega un indicador a la muestra de agua. Este indicador forma complejos de color rojo, débilmente unidos, con los endurecedores (iones alcalinotérreos).

A continuación, se realiza una titulación con una solución de EDTA, en la que primero se transforman en quelatos los iones de metales alcalinotérreos que no están unidos al indicador. Una vez se hayan unido estos iones libres, los iones ligados de forma suelta al indicador también se extraerán del complejo por el EDTA y, a continuación, se quelatizarán.

Por medio de la disolución de los complejos de iones de metales alcalinotérreos indicadores, el indicador vuelve a cambiar de color y, en consecuencia, indica el final de la titulación mediante el cambio de color (de rojo a verde). Por lo tanto, el consumo de solución de titulación es un indicador de la concentración de los endurecedores presentes en la solución.

(b) Colorimetría con indicador mixto (solo para *VISOCOLOR*[®] *alpha* Dureza residual)

(c) Determinación fotométrica de la dureza total/dureza residual con púrpura de ftaleína. Mediante el uso de un enmascarador selectivo se puede diferenciar en la dureza total entre el calcio y el magnesio.

Los quelatos son compuestos con ligandos multidentados, lo que los hace especialmente resistentes.



M²⁺ = ion metálico, M²⁺ = Ca²⁺, Mg²⁺
EDTA = ácido etilendiaminotetraacético



Dureza carbonatada

La determinación en el ámbito de *VISOCOLOR*[®] se realiza de forma análoga a DIN EN ISO 9963-1 C24: El análisis se realiza como titulación con ácido clorhídrico frente a un indicador mixto, cuyo color cambia a un pH de 4,5.

Desde el punto de vista fotométrico, la dureza de carbonatos se puede determinar mediante el azul de bromofenol.

4.3.1.1 Conservación de muestras

Dureza total: Tras el pretratamiento con HNO₃ hasta un pH de 1–2, la muestra se puede conservar como máximo durante un mes.

- Dureza de carbonatos: La medición se debe realizar en el plazo de un día.
- La conservación se debe realizar en un frasco de PE, el almacenamiento y el transporte a 4 °C y evitando la exposición a la luz.

4.3.1.2 Consejos y trucos

Información de fondo

- Para diferenciar el contenido de calcio y magnesio, en las pruebas fotométricas de dureza total se utiliza un enmascarador selectivo.
- La relación entre la dureza del agua y la concentración de iones de magnesio y calcio se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:
Dureza del agua [mmol/L] \approx Ca²⁺ [mg/L] / 40 + Mg²⁺ [mg/L] / 24,3
o °dH \approx 0,14 · Ca²⁺ [mg/L] + 0,23 · Mg²⁺ [mg/L]
- Normalmente, la dureza de carbonatos es inferior a la dureza total. Si la dureza de carbonatos es superior a la dureza total, existen condiciones anormales que se deberán aclarar (p. ej., introducción de hidrogenocarbonatos alcalinos o elevada capacidad tampón).
- Como prueba de cribado para determinar la dureza total son adecuadas las tiras reactivas AQUADUR[®].

Aptitud para agua de mar

- Prácticamente todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] permiten analizar agua de mar; en algunos casos se requiere para ello una dilución (1 + 29). Sin dilución, la interferencia del cloruro provoca resultados de medición erróneos. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente. La determinación de la dureza residual no es adecuada para el análisis de agua de mar.

Interferencias

- Los iones de cobre(II) pueden retrasar el cambio de color del indicador (> 5 mg/L) y, a concentraciones mayores, incluso bloquearlo por completo. Por eso, por ejemplo, en el caso de tuberías de cobre, se debe correr suficiente agua antes de tomar la muestra. Para eliminar las interferencias causadas por el cobre, se puede utilizar en la determinación de la dureza total el reactivo adicional *VISOCOLOR*[®] ECO para la eliminación de iones de cobre (REF 931929).
- En la titulación complejométrica, puede ocurrir que, en el caso de muestras de agua con un contenido elevado de dióxido de carbono o hierro, la mezcla agregada de indicador y tampón sea insuficiente para mantener un intervalo de pH estable en torno a 10. En estos casos, será necesario diluir la muestra con agua destilada (teniendo en cuenta posteriormente la dilución por medio de la multiplicación del valor obtenido con el factor correspondiente) o agregar mezclas de indicador y tampón. Tras agregar la mezcla de indicador y tampón, siempre se deberá comprobar el pH para garantizar un resultado óptimo.
- Las concentraciones que superan el intervalo de medición doble pueden simular en los kits de análisis fotométricos valores de medición que se encuentran dentro del intervalo de medición sencillo y, por lo tanto, se pueden interpretar erróneamente. Diluir previamente el valor de medición previsto de la muestra al intervalo de medición indicado por la prueba. Por razones de seguridad, en aguas con concentraciones desconocidas los análisis se deben realizar con diluciones muy diferentes, hasta que el valor determinado anteriormente se confirme con la última dilución.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Los iones de cobre (II) interfieren en los análisis. Por eso, en las tuberías de cobre se debe dejar que se vacíe una cantidad suficiente de agua.



4.3.2 pH

El pH indica si el agua o una solución es ácida, alcalina o neutra. Los valores del pH desempeñan un papel importante en química, en ingeniería y en los procesos biológicos. El pH influye en gran medida en numerosas reacciones químicas, sobre todo las reacciones de equilibrio químico. En estos procesos, a menudo es necesario determinar con la mayor precisión posible el pH y regularlo o mantenerlo en el nivel especificado. Así, por ejemplo, en la Directiva de la UE sobre la calidad del agua destinada al consumo humano se establece un intervalo de pH comprendido entre 6,5 y 9,5. Para ajustar ese pH, el agua se puede tratar con productos químicos disponibles en el mercado. Ámbitos de aplicación importantes en los que puede ser necesario regular el pH son, p. ej., la maduración del queso, el ensilado de forraje, el curtido, la neutralización de aguas residuales, la cloración de piscinas, el encolado de papel, la obtención de ácido láctico, la medicina (y tecnología médica), la acuariofilia, los procesos de tinción, los procesos de conservación, la industria cosmética y muchos otros ámbitos.

Los peces, por ejemplo, solo pueden vivir en el agua dentro de un intervalo de pH determinado. Si el pH es demasiado bajo o demasiado alto, se producen daños en la piel y las branquias. Si los peces se exponen a esos niveles de pH durante un periodo prolongado, se puede producir incluso la muerte de los animales. El intervalo de pH ideal del agua para peces suele estar entre 7 y 8.

El agua normal suele tener un pH de entre 6,5 y 7,5 aproximadamente. Las aguas residuales domésticas reaccionan de forma neutra o ligeramente alcalina y las aguas residuales industriales tienden a ser ácidas, como, p. ej., los residuos de decapado procedentes de la industria siderúrgica.

La definición del pH se basa en la denominada autoprotólisis del agua pura. A temperatura ambiente, el agua pura se disocia en pequeñas proporciones en partes equivalentes de iones de hidrógeno hidratados (iones hidronio) H_3O^+ e iones de hidróxido OH^- :



«Autoprotólisis del agua»

El producto de la concentración de iones H_3O^+ y OH^- se denomina «producto iónico del agua» y se puede considerar, aproximadamente, un valor constante:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol/L} \cdot 10^{-7} \text{ mol/L} = 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \text{ (a } 25 \text{ }^\circ\text{C)}$$

Mediante este producto iónico, se puede calcular ahora la concentración desconocida correspondiente a partir de una concentración conocida de iones H_3O^+ (denominados en lo sucesivo, H^+) u OH^- . Según Brønsted, los ácidos actúan como donantes de H^+ y las bases como aceptores de H^+ . Por ejemplo, al agregar ácidos al agua, aumentará la concentración de iones H^+ , mientras que la de iones OH^- disminuye en consecuencia. Para simplificar la forma de expresar las concentraciones bajas y facilitar la comparación, se ha introducido el pH.

Por lo tanto, el pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Por definición, una solución acuosa con pH inferior a 7 es ácida (alta concentración de H^+ ; baja concentración de OH^-) y básica (alcalina) si su pH es superior a 7 (baja concentración de H^+ ; alta concentración de OH^-). Por lo tanto, un pH de 7 (el llamado punto neutro) significa que la concentración de iones H^+ es igual a la resultante de la disociación del agua pura (en equilibrio con los iones OH^-).



H_2O = agua

H_3O^+ = ion de hidronio

OH^- = ion hidróxido



El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa.

El pH es adimensional.



Matemáticamente, el pH (del latín: potentia Hydrogenii) se define como el logaritmo decimal negativo (logaritmo de base ¹⁰) del valor numérico de la actividad de H⁺, expresada en mol/L, y se deduce del producto iónico del agua (autoprotólisis del agua) (en una primera aproximación, también se puede calcular con la concentración de iones H⁺ [H⁺]), de modo que se obtiene una escala numérica de 0 a 14. El pH es un número adimensional.

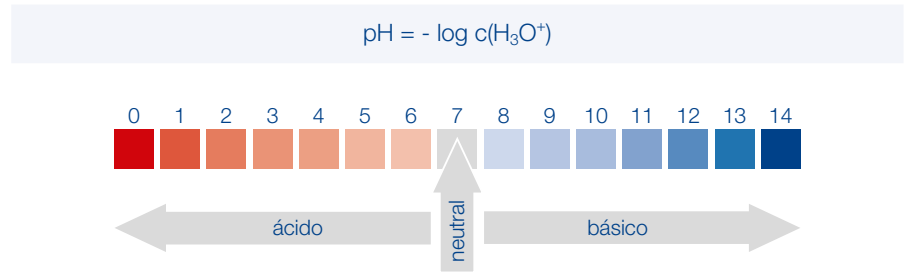


Figura 27: Escala del pH

Los ácidos y bases fuertes, como p. ej., el ácido clorhídrico (HCl) o el hidróxido de sodio NaOH, están presentes en solución (casi) totalmente disociados, es decir, separados en sus iones. Por lo tanto, influyen considerablemente en la variación de la concentración de los iones H⁺ y OH⁻, lo que da lugar a un pH bajo (0–3) o alto (11–14). Los ácidos débiles (p. ej., ácido acético, CH₃COOH) y las bases débiles (p. ej., amoníaco, NH₃) no se disocian completamente en sus iones en el agua, por lo que influyen en menor medida en el pH.

Las sales formadas por ácidos débiles y bases fuertes (p. ej., carbonato de sodio Na₂CO₃) o por bases débiles y ácidos fuertes (p. ej., cloruro de calcio CaCl₂) también provocan, mediante hidrólisis (reacción con el agua/disociación en iones individuales), un aumento o una disminución del pH. Por el contrario, si se disuelve una sal, como la sal común NaCl, en agua, el pH no cambia (o apenas cambia), ya que en este caso no se generan ni se unen nuevos iones de hidrógeno H⁺, es decir, no se consumen (la sal común se descompone en los iones Na⁺ y Cl⁻).

pH	Sustancia
0	Ácido clorhídrico al 36,5 %
0,9–1,5	Ácido gástrico (ácido clorhídrico dil.)
2,3	Zumo de limón
3,1	Vinagre de mesa
2,0–3,0	Cola
4,0	Vino
4,5	Cerveza
5,0	Café
5,5	Té
6,5	Leche
7	Agua pura
7,4	Sangre
8,3	Agua de mar
9,0–10,0	Jabón
12,3	Agua de cal saturada

Tabla 11: Algunos ejemplos de valores medios de pH en la vida cotidiana

Un pH adecuado es un factor importante en numerosas reacciones de detección. Si el pH no está correctamente ajustado, se verá afectada la reacción. En la mayoría de los casos, la reacción de detección es menos selectiva o ni siquiera se produce. Según la prueba, este tipo de disfunción puede provocar que se superen o no se alcancen los valores de control permitidos.

El pH desempeña otro papel importante en el tratamiento biológico de las aguas residuales. Si no se mantiene correctamente el pH entre 6,0 y 8,0, las bacterias mueren y no se puede llevar a cabo la limpieza.

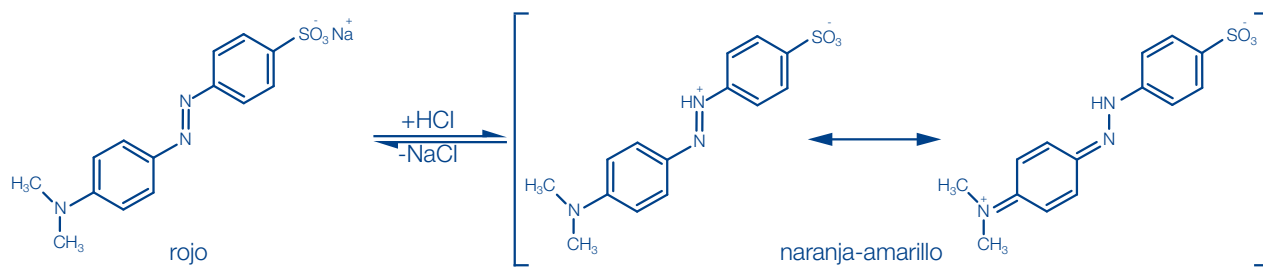
Un pH excesivo (superior 9) durante un periodo prolongado en el tanque de activación provoca un aumento del contenido de amoníaco en el agua. Esto puede provocar una inhibición de la nitrificación o de la degradación del carbono. Además, unos valores de pH demasiado altos o bajos pueden provocar la desintegración de los flóculos. Ya no es posible separar adecuadamente los sedimentos filtrables.

El pH varía, especialmente en las plantas depuradoras, debido al aporte de determinados detergentes, limpiadores de inodoros (pastillas para el inodoro) o aguas residuales industriales. El pH se deberá controlar en las distintas etapas de degradación.

4.3.2.1 Principio de reacción

Los colorantes indicadores de pH son compuestos químicos que cambian de color en función del pH. En la mayoría de los casos se trata de moléculas orgánicas complejas. Los colorantes indicadores son en sí mismos ácidos o bases y, por lo tanto, son capaces de ceder o aceptar protones.

El cambio de color de los indicadores se produce bajo la influencia de los cambios de la concentración de iones H^+ , debido a una modificación de la estructura química, en la que reviste especial importancia la aparición de estructuras quinoides o de dobles enlaces conjugados. Un ejemplo de ello es el colorante indicador naranja de metilo, que en el intervalo de pH de 3,0 a 4,4 cambia de color rojo a amarillo anaranjado.



Naranja de metilo, sal sódica del ácido 4-[4-(dimetilamino)fenilazo]benzenosulfónico; pH 3,0–4,4

Los colorantes indicadores proceden de las más diversas clases de colorantes orgánicos (p. ej., colorantes azoicos, ftaleínas, sulfoftaleínas, bencenos, colorantes trifenilmetílicos, indicadores nitro, etc.). El intervalo de cambio de cada indicador se sitúa entre 1,2 y 2,5 unidades de pH. Más allá de estos límites, el tono y la intensidad del color ya no varían.

Una mezcla especial de distintos colorantes indicadores adquiere un color característico a cualquier pH. Las mezclas de colorantes indicadores suelen denominarse «indicadores universales», ya que, al combinar los indicadores adecuados, se cubre una amplia gama de la escala de pH o incluso todo el intervalo de 0 a 14.

La determinación fotométrica del pH (*VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®]) se realiza en agua con rojo de fenol, un colorante de trifenilmetano, como indicador. Se puede realizar una medición sencilla del pH con tiras indicadoras de pH (pH-Fix).

En un medio muy ácido (pH < 1), el rojo de fenol presenta una coloración roja; en un intervalo de pH de 1 a 7,3, una coloración amarilla; al pasar a un medio básico (a partir de pH 7,3), el indicador adquiere una coloración rojo-violeta, y en un medio muy básico (pH > 14), el rojo de fenol se vuelve incoloro. Los diferentes colores se deben a la estructura química.

4.3.2.2 Conservación de muestras

· La muestra se debe analizar sin demora, en el plazo de un día. No se puede conservar durante más tiempo.

4.3.2.3 Consejos y trucos

Fuentes de error frecuentes

· Errores de medición debidos a la inobservancia de la influencia de la temperatura:
El producto iónico del agua depende de la temperatura. El grado de disociación, es decir, el porcentaje de moléculas disociadas, aumenta considerablemente al elevar la temperatura. Todos los papeles y tiras indicadoras están ajustados a soluciones de calibración de 20 °C.

Los indicadores de pH son compuestos químicos que cambian de color en función del pH.



- Mediciones del pH en soluciones coloreadas:

Las mediciones de pH en soluciones coloreadas siempre requieren un tratamiento especial. En teoría, la solución de referencia se debería ajustar al mismo color que el líquido que se vaya a analizar. Lo mismo se aplica a una solución turbia. MACHEREY-NAGEL ofrece una forma especial de medición del pH en soluciones coloreadas mediante los papeles indicadores PEHANON®, en los que la escala de comparación de colores está sujeta, durante la medición, a los mismos efectos y cambios de color que el campo de comparación. Así se compensan coloraciones y turbideces. En las pruebas colorimétricas VISOCOLOR® también se lleva a cabo una compensación cromática.

- Fuentes de error que pueden derivarse de los componentes de la solución a analizar:

1) Errores ácido-base

- Por su naturaleza química, los indicadores ácido-base son en sí mismos ácidos o bases de carácter más o menos marcado. Por consiguiente, su adición a soluciones no tamponadas o muy débilmente tamponadas (p. ej., agua destilada, soluciones salinas neutras, soluciones de sales poco hidrolizadas, ácidos o bases muy débiles, soluciones muy diluidas de ácidos y sales fuertes) ya provoca una variación determinada del pH. Este error se denomina, en función de si el indicador es un ácido o una base, «error de acidez» o «error de alcalinidad», respectivamente. Estos errores no se deben subestimar en absoluto; en casos desfavorables, pueden superar más de una unidad de pH.

- Por este motivo, se deberá tener «precaución» al medir el pH en soluciones no tamponadas o débilmente tamponadas.

2) Error de sal

- Además de los iones de hidrógeno H^+ , otros iones también influyen, aunque sea en menor medida, en el cambio de color de los indicadores. Esto puede provocar desviaciones del color durante los análisis de pH en diferentes soluciones salinas. Este efecto se denomina «error de sal».

Con una concentración de sal inferior a 0,2 mol/L, se puede ignorar la corrección correspondiente.

3) Error de alcohol

- Si se utilizan disolventes distintos del agua, cambiará el equilibrio ácido-base y, por lo tanto, también la constante del indicador. Esto significa que, en el caso de una comparación directa del color de un indicador en una solución tampón acuosa con el de una solución que contiene una pequeña cantidad de alcohol, aunque ambos líquidos tengan el mismo color, no necesariamente tendrán los mismos valores de pH. A temperatura ambiente, el error de alcohol puede alcanzar hasta 0,5 unidades de pH (en función del indicador).

4) Error de proteínas

- Las proteínas tienen un carácter anfótero, es decir, presentan tanto propiedades ácidas como básicas. Por lo tanto, las proteínas se unen tanto a los indicadores de carácter ácido como a los de carácter básico, lo que influye también en el tono cromático resultante. Por lo tanto, suele resultar muy difícil o incluso imposible la determinación del pH en soluciones que contienen proteínas. El error depende del tipo y la cantidad de proteína, así como de la naturaleza del indicador.

5) Error de alcaloides

- Los alcaloides también son capaces de formar conglomerados con determinados indicadores. En caso de presencia de alcaloides, se recomienda realizar determinaciones del blanco para comprobar la influencia de los alcaloides en la medición.

Información de fondo

- En general, el agua pura y las soluciones salinas neutras reaccionan de manera muy sensible al dióxido de carbono presente en el aire. El aire contiene aproximadamente un 0,03 % en volumen de ácido carbónico. En equilibrio con el aire, el agua destilada absorbe dióxido de carbono. Por ello, en condiciones normales, el agua destilada no presenta un pH neutro de 7.

- Las soluciones tampón son necesarias para mantener constante el pH. Los tampones son soluciones compuestas por un ácido débil y su sal correspondiente (p. ej., tampón de ácido acético/acetato) o por una base débil y una de sus sales (tampón de fosfato/ácido fosfórico). El pH de estas soluciones apenas varía, o no varía en absoluto, cuando se diluyen o incluso cuando se les añaden ácidos o bases más fuertes, siempre que se mantengan dentro del intervalo de pH definido para ellas. Se debe tener en cuenta que todas las soluciones tampón tienen una capacidad tampón máxima



Los compuestos anfóteros pueden reaccionar de una forma u otra, por ejemplo, como ácidos y bases.

determinada. En cuanto esta se «agota», la cantidad añadida supera la cantidad de tampón de reserva que se ha consumido. Para medir el pH con papeles indicadores se requiere sobre todo una capacidad tampón suficiente.

Aptitud para agua del mar

· Todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] pH son adecuadas para el análisis del agua de mar.

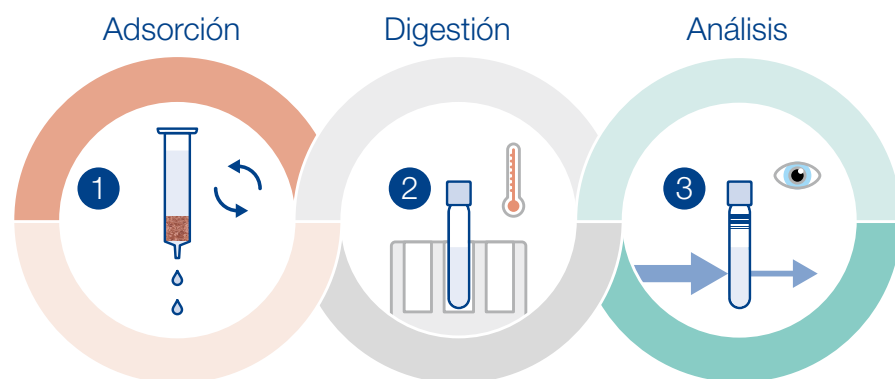
Interferencias

· Un alto contenido de sales neutras y coloides, así como un porcentaje de disolventes orgánicos superior al 10 %, pueden dar lugar a resultados de medición erróneos (ver: «Errores habituales en la medición del pH»).

4.3.3 Compuestos halogenados orgánicos adsorbibles (AOX)

AOX son las siglas de «sustancias orgánicas adsorbibles» y es un parámetro para la evaluación y el análisis de agua, aguas residuales y lodos de depuradora. El valor AOX permite determinar el contenido de compuestos orgánicos halogenados, que por lo general no son biodegradables. Por lo tanto, este parámetro no permite hacer afirmaciones sobre la oxidabilidad, como sí lo hacen, por ejemplo, la DQO o el TOC, sino que detecta compuestos muy específicos que revisten una enorme importancia para las personas y el medio ambiente. Los AOX están presentes en prácticamente todos los sectores industriales, como por ejemplo, la industria de pinturas, los productos fitosanitarios y los productos farmacéuticos, por citar solo algunos ejemplos. Dado que la proporción de los AOX de origen natural es insignificante, cuando se trata de su vertido en las aguas, se puede hablar esencialmente de AOX de origen antropogénico. La determinación de los AOX se rige por la norma DIN ISO 9652, y el análisis se divide en tres pasos:

- 1) Adsorción en carbón activo o en un polímero que adsorbe AOX
- 2) Descomposición y conversión de los compuestos halogenados orgánicos adsorbibles en halogenuros libremente solubles
- 3) Detección instrumental como haluro libre y deducción de AOX



Adsorción

En la prueba *NANOCOLOR*[®] AOX, los compuestos orgánicos se adsorben en una esponja impregnada de polímero (NANOSORB). La muestra se hace pasar de forma continua a través de la esponja NANOSORB mediante un proceso de extracción en fase sólida. Para la extracción se dispone de dos métodos:

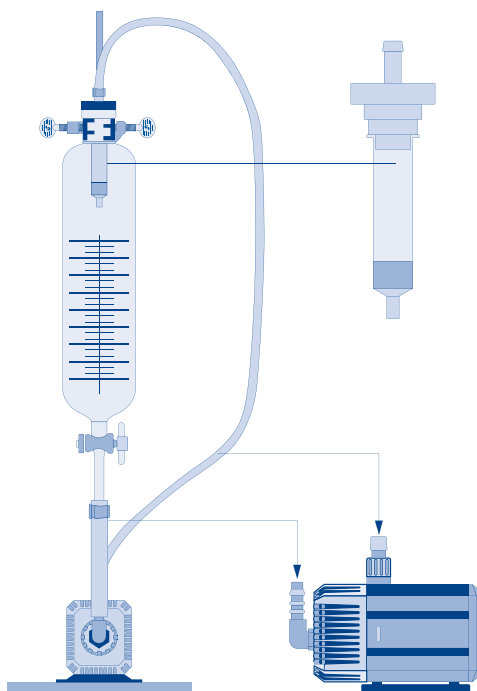
- 1) Extracción manual

Para realizar por primera vez la prueba *NANOCOLOR*[®] AOX 03 (REF 985007) mediante extracción manual, se requiere además una sola vez el kit de inicio (REF 916111). Todos los consumibles y reactivos están incluidos en el kit de análisis. La extracción manual se recomienda especialmente si el volumen de muestras es reducido y si el intervalo de medición de interés se sitúa entre 0,1 y 3,0 mg/L de AOX. Para ello, se vierten 100 mL de la solución de muestra en un vaso de precipitados. A continuación, se conecta el cartucho NANOSORB al adaptador incluido en el kit de inicio y a la jeringa de 50 mL. Mediante 20 lavados uniformes con la solución de muestra se adsorben los compuestos que contienen cloro. Por último, se elimina el cloruro inorgánico con 100 mL de solución de lavado.

2) Extracción automatizada con el kit de bomba

Si el paso de extracción de AOX se lleva a cabo con el kit de bomba (REF 916115), se necesitará, además del kit de análisis *NANOCOLOR*[®] AOX 3 (REF 985007), una sola vez el kit de inicio (REF 916111). La extracción mediante el kit de bomba resulta especialmente adecuada si se utiliza el intervalo de medición bajo de 0,01 a 0,30 mg/L de AOX con una muestra de 1000 mL, o para automatizar el paso de extracción, sobre todo con un volumen de muestras elevado.

Para ello, se introducen en el equipo de extracción 1000 mL o 100 mL de solución de muestra, según el intervalo que se desee medir, y se realiza la extracción con la bomba durante 20 minutos. Por último, se lava el cartucho *NANOSORB* con 100 mL de solución de lavado para eliminar los halogenuros inorgánicos.



Digestión

Durante la digestión, los halogenuros fijados en *NANOSORB* en forma de AOX se disuelven mediante un oxidante potente, como el anión peroxodisulfato, y calor, y posteriormente se pueden detectar mediante una sencilla reacción de detección de halogenuros (en este caso, tomando como ejemplo el cloruro):



Para ello, se vierte el reactivo de digestión en una cubeta redonda vacía incluida en el kit de análisis y se mezcla bien. A continuación, se puede introducir *NANOSORB* en la cubeta con las pinzas y el embudo del kit de inicio. En un bloque térmico se calienta la muestra a 120 °C durante 30 minutos y, una vez enfriada, se acidifica. En este proceso se transforman y se disuelven todos los halogenuros orgánicos.

En caso de una carga de DQO elevada (kit de ampliación):

si los valores de DQO son superiores a 50 mg/L, la detección de AOX estará interferida, ya que la DQO también consume la «potencia» del oxidante. Por lo tanto, un valor elevado de DQO da lugar a resultados inferiores a los reales en la determinación de AOX. Para poder analizar también muestras con una carga de DQO más elevada, se puede utilizar el kit de ampliación *NANOCOLOR*[®] (REF 918072). De este modo, se incrementa considerablemente la capacidad de oxidación del análisis AOX. El peroxodisulfato de sodio excedente se precipita mediante el nitrato de bario incluido en el kit de ampliación, lo que evita que interfiera en la determinación de halogenuros en el siguiente paso.

4.3.3.1 Determinación fotométrica y principio de reacción

Una vez se hayan adsorbido selectivamente los halogenuros orgánicos en NANOSORB en el primer paso y se hayan transformado en halogenuros libres durante la digestión, se podrá determinar en el último paso la concentración de AOX mediante un análisis de halogenuros (aquí se muestra con el ejemplo del cloruro):



En la reacción se utiliza como indicador una mezcla de tiocianato de mercurio(II) y nitrato de hierro(III). El cloruro se precipita de la solución en forma de cloruro de mercurio poco soluble, mientras que el nitrato se sustituye en el hierro por tiocianato y forma un complejo de color rojo sangre detectable fotométricamente a 470 nm. En función del volumen de extracción utilizado (muestra de 100 mL o 1000 mL), se podrá determinar el valor de AOX dentro de los límites de 0,1 a 3,0 mg/L o de 0,01 a 0,30 mg/L.

4.3.3.2 Conservación de muestras

· Si se ajusta el pH a 1 – 2 con ácido nítrico, la muestra se podrá conservar durante un máximo de 1 mes.

4.3.3.3 Consejos y trucos

¿Qué contiene el kit de análisis *NANOCOLOR*[®] AOX 03 (REF 985007)?

· El kit de análisis *NANOCOLOR*[®] AOX 03 consta de cuatro cajas que contienen todos los productos químicos necesarios para 20 análisis. En concreto, son los siguientes:

- 1 caja para la preparación
- 1 caja con 20 cubetas vacías
- 1 caja con 20 cartuchos NANOSORB
- 1 caja para la determinación

¿Qué contiene el kit de inicio (REF 916111)?

Para realizar por primera vez la prueba *NANOCOLOR*[®] AOX 03 (REF 985007) mediante extracción manual, se requiere además una sola vez el kit de inicio (REF 916111). El kit de inicio contiene:

- 1 pinzas
- 2 embudos
- 1 adaptador de cartuchos
- 2 vasos de precipitados
- 2 varillas de vidrio
- 1 frasco (1000 mL)
- 2 jeringas (50 mL)

¿Qué contiene el kit de bomba (REF 916115)?

· La extracción mediante el kit de bomba resulta especialmente adecuada si se utiliza el intervalo de medición bajo de 0,01 a 0,30 mg/L de AOX con una muestra de 1000 mL. Para este método de extracción se requiere además una sola vez el kit de inicio (REF 916111). El kit de bomba incluye:

- 1 pinza
- 1 manguito
- 1 soporte
- 1 bomba
- 1 recipiente de almacenamiento (embudo cuentagotas)
- 1 adaptador
- Tubos

¿Cuándo se debe realizar la prueba AOX mediante extracción manual?

· Si se desea determinar principalmente el intervalo de medición de 0,1 a 3,0 mg/L de AOX (extracción de solo 100 mL de muestra) y el volumen de muestra es reducido.

¿Qué material se requiere para realizar por primera vez la prueba AOX mediante extracción manual?

· Además del kit de prueba, se requiere una sola vez el kit de inicio (REF 916111).

¿Cuándo se debe realizar la prueba AOX con el kit de bomba?

- Este kit de bomba resulta especialmente adecuado si se desea determinar AOX en un intervalo de 0,01 a 0,30 mg/L (extracción de una muestra de 1000 mL) o si se desea automatizar el paso de extracción, independientemente del intervalo de medición.

¿Qué artículos se requieren para realizar la prueba AOX por primera vez con el kit de bomba?

- Además del kit de prueba, se requieren una sola vez el kit de inicio (REF 916111) y el kit de bomba (REF 916115).

¿Cuándo es necesario el kit de ampliación?

- Se recomienda utilizar el kit de ampliación si el valor de DQO es superior a 50 mg/L. Con el kit de ampliación se puede determinar el valor de AOX en muestras de hasta 1000 mg/L de DQO.

¿Es la prueba AOX apta para agua de mar?

- Sí, dado que la prueba se realiza en 3 pasos, no cabe esperar ninguna interferencia del cloruro, procedente, entre otros, del agua de mar.

¿Qué factores interferentes se conocen?

- Los vapores de disolventes halogenados presentes en el aire ambiente pueden dar lugar a resultados superiores a los reales. Un valor de DQO superior a 50 mg/L o la filtración previa de la muestra dan lugar a resultados inferiores a los reales. Si los valores de DQO son de hasta aprox. 1000 mg/L, utilice el kit de ampliación (REF 918072).

¿A qué pH se debe ajustar la muestra?

- Al iniciar el paso de adsorción, el pH de la muestra debe estar comprendido entre 3 y 5. En caso necesario, el pH se puede ajustar con ácido nítrico.

¿Cómo se pueden conservar las muestras?

- Si se ajusta el pH a 1–2 mediante HNO₃, la muestra se podrá conservar durante un máximo de 1 mes.

4.3.4 Cloro

El cloro es un elemento químico del grupo de los halógenos. En la naturaleza está presente en forma de gas Cl₂ y es uno de los elementos más reactivos de la tierra. Es muy oxidante. El cloro y sus derivados son los desinfectantes más importantes para la desinfección de piscinas, tuberías y depósitos de agua. Los talleres de galvanoplastia utilizan cloro para la descontaminación de residuos que contienen cianuro. Es imprescindible controlar periódicamente el nivel de cloro, ya que un exceso de cloro no solo altera el olor y el sabor del agua, sino que también puede resultar peligroso.

Se distingue entre cloro libre y cloro combinado (cloraminas); la suma de ambos se denomina «cloro total».

4.3.4.1 ¿Qué es el cloro?

Cloro libre

El cloro libre es la suma de dos sustancias altamente reactivas y desinfectantes que se forman cuando el cloro gaseoso se disuelve en el agua.

HOCl = ácido hipocloroso
OCl⁻ = ion hipoclorito



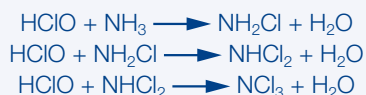
El proceso de desinfección con cloro libre en el agua se denomina «cloración». Se suele utilizar en aguas con un bajo contenido de contaminantes orgánicos. Se utiliza para evitar el crecimiento de algas, controlar el sabor y el olor de los alimentos, eliminar elementos como el hierro y el manganeso, degradar el sulfuro de hidrógeno o los cianuros y mejorar la coagulación. Para la desinfección, la cloración se utiliza en muestras con bajas concentraciones de microorganismos difíciles de tratar, como Giardia o Cryptosporidium.

Cloro combinado (cloraminas)

Las cloraminas, también conocidas como «cloro combinado», se forman al añadir cloro libre al agua que contiene amoníaco. Las cloraminas siguen siendo aptas para fines de desinfección, por lo que esta reacción puede ser deseable en el tratamiento del agua. Hay tres tipos de cloraminas, en función de la cantidad de cloro que reaccione con el ion amonio. Se trata de monocloramina, dicloramina y tricloruro de nitrógeno.

NH₂Cl = monocloramina
NHCl₂ = dicloramina
NCl₃ = tricloramina





El uso de cloraminas para la desinfección se denomina cloraminación. Dado que las cloraminas tienen un potencial de oxidación y una reactividad menores que el cloro libre, también generan durante la desinfección menos subproductos con materia orgánica. Esto puede ser ventajoso, ya que el cloro libre puede generar subproductos de desinfección como los trihalometanos. Estos subproductos de la desinfección se denominan DBP y pueden ser cancerígenos. Por ello, existe una tendencia generalizada a sustituir la cloración con cloro libre por la cloraminación. Además, en la cloraminación el consumo de cloro es menor, ya que se producen menos reacciones secundarias, lo que supone un ahorro de costes.

Cloro total

La suma de todas las formas de cloro libre y combinado se denomina «cloro total». A menudo, el contenido de cloro ligado se calcula por sustracción, ya que no es posible medir directamente el cloro ligado.

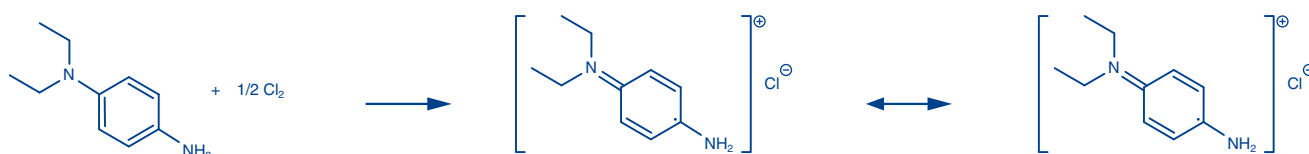
Cloro total = cloro libre + cloro combinado



4.3.4.2 Principio de reacción

Por lo general, el cloro se controla mediante métodos colorimétricos. El DPD (*N,N*-diethyl-*p*-fenilendiamina) es la sustancia más utilizada en los kits fotométricos de detección de cloro. A un pH de 6,5, el DPD se une al cloro del ácido hipocloroso, liberando agua y formando un colorante rojo-violeta soluble en agua. El colorante obtenido (rojo de Wurster) se puede determinar fotométricamente.

Mediante la adición de iones de yoduro se puede diferenciar entre los distintos componentes. El yoduro (R2) libera el cloro ligado, lo que permite determinar el cloro total.



DPD = *N,N*-diethyl-1,4-fenilendiamina

Rojo de Wurster, radical libre estabilizado por semiquinona mesomérica

4.3.4.3 Conservación de muestras

- Una vez tomada la muestra, muévela lo menos posible, ya que de lo contrario podría escapar el cloro.
- Llene el recipiente de muestra varias veces hasta que se desborde y ciérrelo herméticamente.
- Analice la muestra el mismo día en que se haya tomado.

4.3.4.4 Consejos y trucos

Información de fondo

- Al igual que todos los halógenos, el bromo y el yodo también reaccionan con el reactivo DPD. También es posible determinar la presencia de bromo junto con la de cloro por medio de la adición de glicina. Consulte la información más detallada en las instrucciones de la prueba.
- La medición del cloro total se debe realizar inmediatamente después de determinar el cloro libre.

Análisis de agua de mar

- Prácticamente todas las pruebas *VISOCOLOR*[®] y *NANOCOLOR*[®] permiten analizar agua de mar. Para información detallada, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. Para las mediciones fotométricas, se deben ajustar valores de pH entre 3 y 10 mediante ácido clorhídrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Al determinar el cloro libre, se incluyen también el bromo, las bromaminas, las cloraminas, el yodo y, en algunos casos, el dióxido de cloro
- Las concentraciones excesivas de cloro pueden producir resultados inferiores a los reales: > 20 mg/L
- ¡Atención! El permanganato potásico (KMnO₄) no se puede utilizar como sustancia patrón en las pruebas fotométricas: Se recomienda utilizar el producto *NANOCONTROL* Cloro (REF 92517).

4.3.5 Sulfato

Además del sulfuro (S²⁻) y el sulfito (SO₃²⁻), el sulfato (SO₄²⁻) es uno de los compuestos de azufre más prominentes presentes en las aguas naturales y en las aguas residuales. El sulfato se forma por medio de la desprotonación del ácido sulfúrico o está presente como anión de las sales. Como componente de numerosos minerales naturales, como el yeso o el alumbre, el sulfato es omnipresente en todas partes en la naturaleza.

Con frecuencia, el sulfato también está presente de forma natural en las aguas, donde se forma a partir de la disolución de rocas y minerales. En Alemania, el límite máximo para el agua potable es de 250 mg/L de SO₄²⁻, ya que concentraciones más elevadas favorecen la corrosión y provocan un sabor amargo.

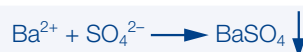
En la industria, el ácido sulfúrico y los sulfatos tienen múltiples aplicaciones, por ejemplo, en la producción de fertilizantes, donde sirven como nutrientes esenciales para las plantas. Los sulfatos también desempeñan un papel fundamental en la industria química, ya que se utilizan como materias primas para la fabricación de diversos productos químicos. Además, los sulfatos se utilizan en el tratamiento del agua para eliminar impurezas y mejorar su calidad. También son importantes en el sector de la construcción, ya que se utilizan en el cemento y otros materiales de construcción.

Por lo tanto, una concentración elevada de sulfatos puede indicar una posible contaminación del agua, que puede deberse a vertidos industriales o a prácticas agrícolas. Los sulfatos en concentraciones elevadas son perjudiciales para el medio ambiente. Por lo tanto, el control de las concentraciones de sulfato en la gestión de las aguas y la protección de los ecosistemas contribuye a evaluar las repercusiones de las actividades humanas en los recursos hídricos naturales. En las plantas depuradoras, los sulfatos presentes en las aguas residuales pueden provocar reacciones químicas que afecten a la eficiencia de la instalación y favorezcan la formación de subproductos nocivos.

4.3.5.1 Principio de reacción

En *NANOCOLOR*[®] y *VISOCOLOR*[®], la concentración de sulfato se determina mediante precipitación con bario(II) y la posterior medición de la turbidez. Solo se detecta el sulfato en forma libre.

Para garantizar un análisis preciso y fiable, es importante que el sulfato de bario se precipite en la cubeta en forma de partículas finamente dispersas del tamaño adecuado. Podrá evitar estos errores si observa estrictamente las instrucciones. Es fundamental respetar estrictamente el tiempo de reacción para obtener resultados fiables.



La gama *NANOCOLOR*[®] de alta precisión, cubre con *NANOCOLOR*[®] Sulfato LR 200, *NANOCOLOR*[®] Sulfato MR 400, *NANOCOLOR*[®] Sulfato HR 1000, un amplio intervalo de concentraciones, todas ellas análogas a la norma APHA 4500-SO₄²⁻ E. *NANOCOLOR*[®] Sulfato HR 1000 contiene una fórmula patentada según EP3346269B1.

Para el control de calidad interno, ofrecemos diversos patrones: *NANOCONTROL* Multipatrón agua potable, *NANOCONTROL* Multipatrón metales 1 y, en especial, *NANOCONTROL* Sulfato LR 200.

4.3.5.2 Conservación de muestras

A una temperatura de entre +1 y +5 °C, la muestra se puede conservar hasta un máximo de 7 días. Lo mejor es conservarla en un lugar oscuro, en un frasco de vidrio o de polietileno. No es necesario ajustar el pH.

4.3.5.3 Consejos y trucos

Información de fondo

- Si no se conoce con certeza el orden de magnitud de la concentración en la muestra a analizar, una prueba preliminar con QUANTOFIX® Sulfato (REF 91329) proporcionará rápidamente información. De ahí se puede obtener la dilución requerida para la determinación y aplicarse directamente.

Digestión

- Solo se determina el sulfato libre. No está prevista ninguna digestión.

Análisis de agua de mar

- Si se diluye adecuadamente al intervalo de medición, la prueba también es adecuada para determinar el contenido de sulfato en el agua de mar.

pH

- Se deben observar los valores de pH de la solución de muestra indicados en las instrucciones de la prueba. En caso necesario, se deberá ajustar el pH con ácido nítrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Las turbideces afectan de manera especialmente sensible la medición de la turbidez.
- Los niveles elevados de calcio y carbonato también pueden provocar la aparición de turbidez.
- En las instrucciones de la prueba se enumeran otros iones interferentes.

Turbidez

- Las muestras turbias dan lugar a resultados de medición erróneos y se deben filtrar antes de realizar la prueba. No obstante, la aparición de turbidez al añadir los reactivos es deseable, ya que se trata de una prueba de turbidez.

Filtration

- En caso de turbidez dispersa gruesa, filtrar con papel de filtro cualitativo (p. ej., 615); en caso de turbidez dispersa mediana, con papeles de filtro de fibra de vidrio (p. ej., MN 85/70 BF) o el kit de filtración por membrana GF/PET de 0,45 µm; en caso de turbidez dispersa fina, con el kit de filtración por membrana de 0,45 µm o GF/PET de 0,45 µm.

4.3.6 Nitrógeno según el método Kjeldahl (TKN)

El nitrógeno según el método Kjeldahl (TKN, nitrógeno total Kjeldahl) es un parámetro importante para determinar el nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal en muestras de agua, suelo y alimentos. El método Kjeldahl fue desarrollado en 1883 por Johan Kjeldahl.

El método clásico consta de tres pasos principales:

1. Digestión: Los compuestos nitrogenados orgánicos se transforman en amonio (NH_4^+) mediante la adición de ácido sulfúrico concentrado («incineración en húmedo») y de un catalizador (p. ej., selenio, cobre o titanio).
2. Destilación: El amonio resultante se transforma en amoníaco (NH_3) mediante la adición de lejía y se transfiere mediante destilación a una solución de absorción.
3. Determinación: El análisis cuantitativo se realiza mediante titulación o fotometría.

El método que utilizamos es un procedimiento simplificado, diseñado específicamente para el análisis de aguas residuales municipales, así como de aguas superficiales, subterráneas y potables. Este método prescinde del laborioso proceso de destilación y parte de la base de que las muestras solo contienen trazas de nitrito.

Principio de reacción

En el método simplificado según Kjeldahl para la determinación del nitrógeno se miden tanto el contenido total de nitrógeno (valor TN_b) como el contenido de nitrato (valor de NO_3N) de la muestra. El valor TN_b se determina mediante una digestión oxidativa y el posterior análisis fotométrico tras la reacción con 2,6-dimetilfenol en una mezcla de áci-

do sulfúrico y ácido fosfórico. Para determinar el valor de $\text{NO}_3\text{-N}$, se procede de manera análoga sin digestión. El valor total de nitrógeno según Kjeldahl (valor TKN) se calcula restando el TN_b del $\text{NO}_3\text{-N}$.

Conservación de muestras

Una vez estabilizado el pH con H_2SO_4 a un valor de 1 – 2, la muestra se puede conservar durante un máximo de 7 días hasta el inicio del análisis (recipiente de conservación: frasco de PE o de vidrio).

Para la determinación del TKN del agua que se desee analizar, la muestra extraída debe ser lo más representativa posible y, por lo tanto, se deberá mezclar meticulosamente u homogeneizar con un equipo de dispersión.

4.3.7 Consejos y trucos

Análisis de agua de mar

- La prueba *NANOCOLOR*[®] Nitrógeno total según Kjeldahl TKN 16 no es adecuada para el análisis del agua de mar.

pH

- El pH de la muestra a analizar debe estar comprendido entre 5 y 9. En caso necesario, ajuste el pH con ácido sulfúrico o disolución de hidróxido sódico.

Interferencias

- Las concentraciones de nitrógeno que superan el intervalo de medición doble pueden simular valores de medición que se encuentran dentro del intervalo de medición sencillo y, por lo tanto, se pueden interpretar erróneamente.
- En muestras que consumen grandes cantidades de oxígeno (p. ej., en caso de valores de DQO superiores a 500 mg/L de O_2) existe peligro de una descomposición incompleta. En estos casos, se deberá repetir la digestión con la muestra original previamente diluida.
- El cloruro, en concentraciones elevadas (> 500 mg/L de Cl^-), puede interferir tanto en la digestión como en la determinación del nitrato incluida. En estos casos, se deberá repetir la determinación con una muestra original debidamente diluida.
- El nitrito se incluye en el análisis de nitratos. Con concentraciones de nitrito a partir de 2 mg/L de $\text{NO}_2\text{-N}$, esto da lugar a un resultado inferior al real en la determinación del TKN.

Turbidez

- La turbidez produce valores de medición mayores

5. Validación de los resultados de análisis

Un resultado de medición, por sí solo, no será necesariamente correcto. Hay numerosos factores que afectan la medición. Por ello es aún más importante verificar los resultados de las mediciones. En este apartado se explican los factores que influyen en la medición y cómo validar el resultado de la misma.

5.1 Fuentes de error en fotometría

En fotometría, la concentración de la solución de muestra se mide por medio de la luz. El resultado de la medición es el valor determinado de la magnitud de medición «absorbencia», que se obtiene mediante la evaluación de la medición. En la práctica, este método está sujeto a interferencias. Muchos de estos errores se deben a las características del método de medición, pero también el manejo y la ejecución práctica pueden dar lugar a errores.

Los errores en el análisis se clasifican según la norma ISO/TS 13530:2009–03: Características del agua – Se describen las directrices para el control de calidad en el análisis químico y físico-químico del agua. En los análisis químicos del agua y de las aguas residuales, todos los métodos de medición adolecen de ciertos errores. Esto significa que todas las concentraciones medidas pueden diferir de su valor real.

Todos los métodos de medición adolecen de ciertos errores.



Se debe distinguir entre errores aleatorios y errores sistemáticos.

Los errores aleatorios se deben a cambios que no se pueden controlar durante los análisis. Varían tanto en su cuantía como en su signo. No se aprecia ninguna tendencia en los errores, es decir, en cada medición se obtiene un valor diferente. Mediante métodos estadísticos, normalmente en forma de cálculos de error, es posible estimar matemáticamente los errores aleatorios. Cuantos más valores de medición se utilicen como base para el cálculo del error, más precisa será la estimación.

Por el contrario, se habla de errores sistemáticos si los resultados muestran una tendencia, independientemente de si los valores obtenidos son mayores o menores. Una característica distintiva es que en cada medición se producen errores sistemáticos. Por lo tanto, los errores sistemáticos no se pueden detectar simplemente repitiendo las mediciones. Para resolver los errores sistemáticos se requiere p. ej., en función de la causa del error, un método analítico diferente, un instrumento de medición distinto o una preparación de muestras diferente.

Las diferencias entre los errores sistemáticos y aleatorios, así como los parámetros de calidad «exactitud» y «precisión», se ilustran en Figura 28.

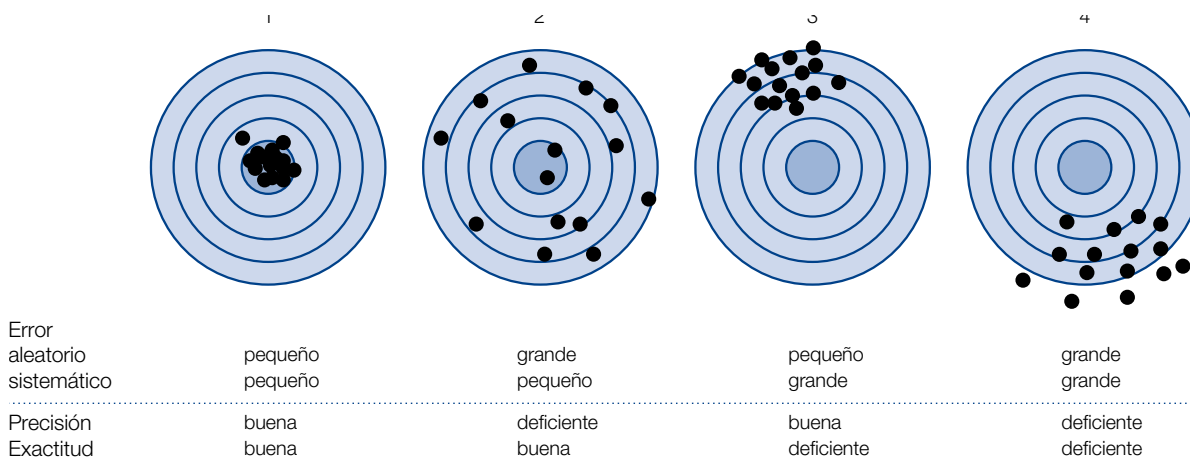


Figura 28: Errores en el análisis

1. Caso: Todos los resultados positivos se encuentran agrupados en el centro; se trata de una buena precisión. El error estadístico es pequeño, el error sistemático es nulo. El resultado es correcto.

2. Caso: Los resultados positivos están muy dispersos alrededor del centro. La precisión es deficiente, pero como media el resultado es correcto. El error aleatorio es grande, el error sistemático es nulo. El resultado es dudoso.

3. Caso: Los resultados positivos están estrechamente agrupados, pero no en el centro. La precisión es buena, pero el resultado es incorrecto. El error aleatorio es pequeño, el error sistemático es grande.

4. Caso: Los resultados positivos están muy dispersos y desplazados en una dirección. El resultado es impreciso e incorrecto.

Por lo tanto, una medición puede ser precisa, pero aun así ser incorrecta.

5.1.1 Turbideces

La turbidez es una propiedad óptica de una muestra líquida que describe su transparencia. La turbidez está causada por pequeñas partículas en suspensión (no disueltas) que presentan un índice de refracción diferente al del medio. Esto da lugar a la absorción, la dispersión y la reflexión de la luz incidente.

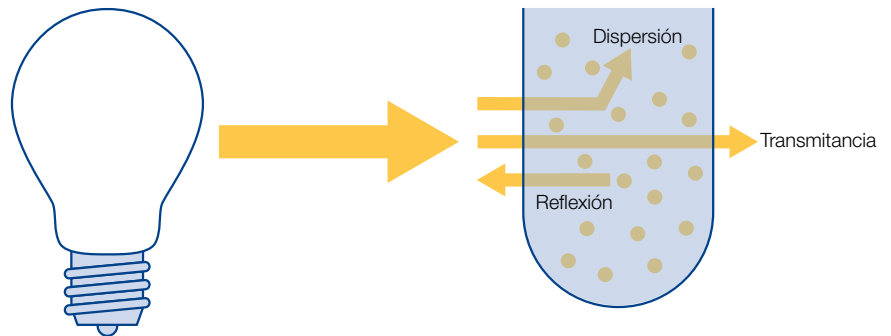


Figura 29: Comportamiento de la luz en las partículas en suspensión

En general, cuanto mayor sea la turbidez, más intensa será la luz difusa resultante. Entre los factores que influyen en esta intensidad figuran, por ejemplo, la longitud de onda de la luz incidente, el tamaño o la forma de las partículas, el índice de refracción o también el color de la solución de medición. Para poder garantizar una mejor comparabilidad de las turbideces, se recurre a la fotometría como método de medición objetivo. En caso de turbideces intensas, se recomienda realizar la denominada «medición de luz transmitida» con un ángulo de medición de 180° (medición de absorbencia). Por el contrario, si la turbidez de la muestra es reducida, será adecuada una medición en un ángulo de 90° (medición nefelométrica de la turbidez).

En fotometría, las turbideces son una fuente de error a menudo subestimada. Influyen en el valor de medición y no siempre son fáciles de detectar a simple vista. Incluso las turbideces mínimas imperceptibles a simple vista puede falsear extremadamente los resultados analíticos.

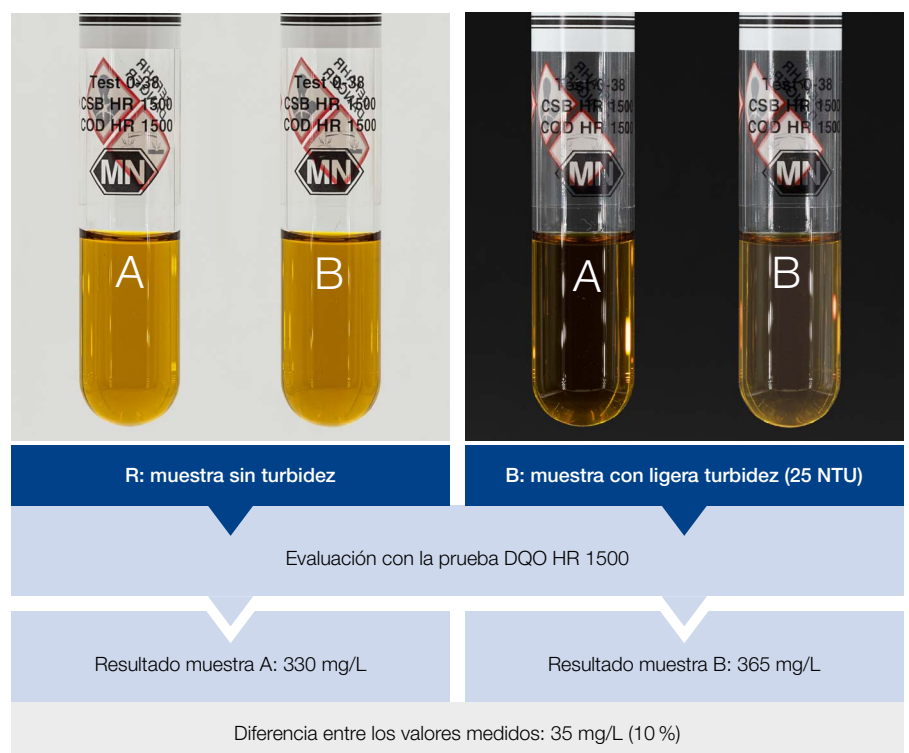


Figura 30: Desviaciones de los valores medidos por turbideces apenas perceptibles en la muestra

Que una turbidez dé lugar a resultados superiores o inferiores a los reales depende de la prueba con cubetas redondas utilizada; por el contrario, la desviación de los valores medidos depende de diversos factores, como la longitud de onda, el factor de la prueba, etc.

Métodos de medición

Por lo general, se utiliza formacina como patrón de turbidez.

Por un lado, las turbideces se pueden determinar mediante métodos semicuantitativos, como los cilindros de transparencia o los visores de vidrio. Además, existe la posibilidad de determinar cuantitativamente las turbideces mediante mediciones ópticas.

Métodos de medición: Nefelometría (medición de la luz difusa)

Intervalo de medición recomendado: 0–40 FNU (DIN EN ISO 7027) La fuente de luz y el detector están alineados en un ángulo de 90°. Se mide la intensidad de la luz que se dispersa por las partículas no disueltas en la muestra.

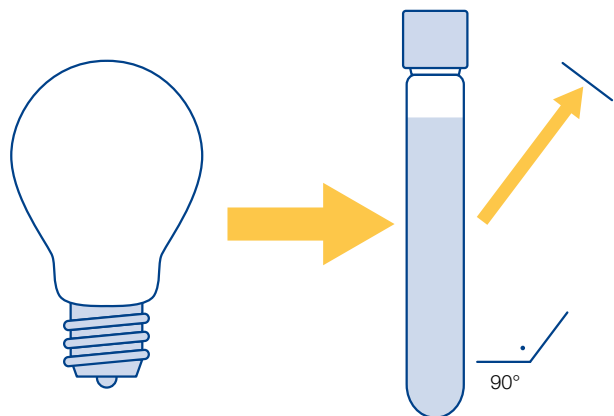


Figura 31: Nefelometría

La unidad internacional es la unidad de turbidez nefelométrica NTU (nephelometric turbidity unit). Otras unidades son la FTU (formazine turbidity unit, unidad de turbidez de formacina), la FNU (formazine nephelometric unit, unidad nefelométrica de formacina) y la TE/F (Trübungseinheit Formazin, unidad de turbidez de formacina).

Métodos de medición: Medición de la absorbencia (medición de la luz transmitida o de la absorción)

Intervalo de medición recomendado: 40–4000 FAU (DIN EN ISO 7027) La fuente de luz y el detector se encuentran en el mismo eje (ángulo de 180°). Se mide la intensidad luminosa reducida que queda tras atravesar la muestra.

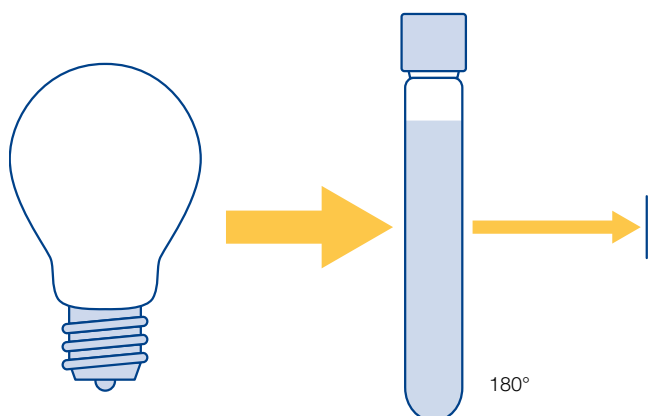


Figura 32: Medición de luz transmitida

La unidad internacional es FAU (formazine attenuation unit, unidad de atenuación de la formacina). En Alemania también se indica el coeficiente de absorción espectral SAK [1/m].

Elección del método de medición

Para elegir el método de medición adecuado, resulta útil conocer de antemano el tamaño o la concentración de las partículas. Por norma general:

- Medición de la luz transmitida con concentraciones de turbidez medias a altas (aprox. 40 a 4000 FAU). Se utiliza, por ejemplo, para determinar el contenido de sólidos en los lodos activos.

· Medición de la luz difusa con baja concentración de turbidez (aprox. 1–40 FNU). Se utiliza, por ejemplo, en aguas residuales depuradas.

Selección de la longitud de onda

Las partículas de turbidez absorben la luz en prácticamente todas las frecuencias debido a su estructura tridimensional. La absorción adicional de colores en el espectro visible se puede evitar en el espectro infrarrojo (IR) o en el infrarrojo cercano (NIR). Por lo tanto, la disminución de la transmitancia es un indicador de la concentración de partículas sólidas que provocan turbidez. El análisis fotométrico de la turbidez se realiza normalmente con una longitud de onda de 860 nm (DIN EN ISO 7027).

Valores típicos de turbidez

La turbidez desempeña un papel importante en la valoración de diversos tipos de aguas, como el agua potable, las aguas residuales industriales y el agua de alimentación de calderas. La turbidez reviste una importancia especial en el control de calidad de la industria de las bebidas, por ejemplo, en la elaboración de zumos de frutas o cervezas. En el ámbito de las aguas residuales, la medición de la turbidez ofrece una opción adecuada de evaluar la eficacia de la filtración y la depuración. En la tabla siguiente figuran los valores típicos de turbidez.

Muestra de turbidez	NTU
Agua potable	0,02–0,5
Solución madre de formacina	4000
Entrada a la planta depuradora	70–2000
Salida de la planta depuradora	2–40

Tabla 12: Valores típicos de turbidez

Control NTU

Control automático de la turbidez para pruebas con cubetas redondas



Máxima fiabilidad de los valores de medición

- Solución exclusiva a nivel mundial para los problemas de turbidez
- Control automático de la turbidez para pruebas con cubetas redondas
- Indicación directa de la turbidez en NTU según DIN ISO 7027
- Advertencia sobre posibles interferencias



Con nuestros filtros y espectrofotómetros, se pueden realizar mediciones tanto de luz difusa como de luz transmitida para determinar la turbidez.

La medición por transiluminación se realiza en cubetas rectangulares de 50 mm y se puede llevar a cabo con fotómetros de filtro y espectrofotómetros (a excepción de los fotómetros de filtro que solo disponen de un pozo para cubetas redondas, como, por ejemplo, el fotómetro compacto PF-12^{Plus}).

Fotómetro	Método de medición	Número del método	Unidad de turbidez [longitud de onda]
NANOCOLOR [®] VIS NANOCOLOR [®] UV/VIS PF-12 ^{Plus}	Nefelometría	3-07	1 – 1000 NTU / FNU [λ = 860 nm]
NANOCOLOR [®] UV/VIS II	Nefelometría	3-07	0,1 – 1000 NTU / FNU [λ = 860 nm]
NANOCOLOR [®] VIS NANOCOLOR [®] UV/VIS NANOCOLOR [®] UV/VIS II	Medición de luz transmitida	3-05 [50 mm ReKT]	2 – 400 FAU [λ = 860 nm]
		3-06 [50 mm ReKT]	1 – 100 FAU [λ = 550 nm]
		1-92 [50 mm ReKT]	1 – 100 FAU 0,5 – 40 1/m [λ = 620 nm]
		3-10	0 – 750 mg/L TSS [λ = 860 nm]
NANOCOLOR [®] 350 D NANOCOLOR [®] 400 D NANOCOLOR [®] 500 D	Medición de luz transmitida	1-92 [50 mm ReKT]	1 – 100 FAU 0,5 – 40 1/m [λ = 620 nm]
		3-10	70 – 750 mg/L TSS [λ = 690 nm]

Tabla 13: Mediciones de turbidez con fotómetros NANOCOLOR[®]

Medición automática de la turbidez para pruebas con cubetas redondas – Control NTU

Los espectrofotómetros NANOCOLOR[®], así como el nuevo fotómetro compacto PF-12^{Plus}, permiten determinar y visualizar automáticamente la turbidez de la muestra en NTU al realizar pruebas con cubetas redondas NANOCOLOR[®]. Con esta función se detectan de forma fiable errores de medición causados por la turbidez de la muestra. De esta manera se aumenta la fiabilidad de los valores de medición. Si activa el control NTU, en cada medición con cubetas redondas se determinará además la turbidez nefelométrica.

El valor NTU se indicará en pantalla. Gracias a un límite de NTU ajustable individualmente, el valor de medición y el resultado de NTU se muestran como advertencia visual en color rojo. El control NTU se puede activar o desactivar en los ajustes (menú) del fotómetro.

¿Qué factores influyen en la turbidez?

1) Matriz

El tipo y el tamaño de las partículas también influyen en la intensidad del haz de luz emitido. Para garantizar la mayor comparabilidad posible, las muestras turbias se deben agitar con un agitador magnético antes de realizar la medición.

2) Longitud de onda

En general, se puede observar la relación entre la absorbencia medida en muestras turbias y la longitud de onda de medición en la Figura 33. Para la determinación de la longitud de onda se utilizó un patrón de turbidez de 50 NTU.

E = absorbencia
 λ = longitud de onda [nm]

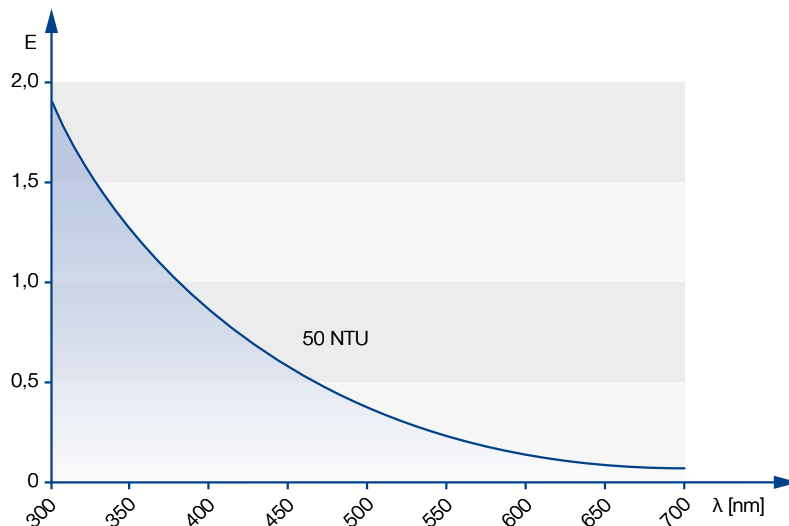


Figura 33: Relación entre la longitud de onda y la absorbencia a 50 NTU

La absorbencia de la muestra turbia disminuye a medida que aumenta la longitud de onda. Por lo tanto, al realizar la medición de una prueba con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®] a diferentes longitudes de onda, se obtienen valores de medición distintos.

3) Factor

En presencia de muestras turbias, las partículas adicionales pueden falsear el resultado de la medición. En función de la dirección de medición de la prueba, los resultados pueden ser superiores o inferiores a lo normal. El grado de desviación de este resultado de medición con respecto al valor real (sin turbidez) depende, además de la longitud de onda, también del factor correspondiente.

El siguiente ejemplo sirve para ilustrarlo:

La turbidez de una muestra de DQO da lugar a un valor de absorbencia adicional de 10 mE a una longitud de onda de 620 nm. Ahora se analiza esta muestra con 2 pruebas diferentes, DQO 4000 (prueba 0-11) o DQO 1500 (prueba 0-29). Para estas pruebas se han guardado los siguientes factores:

Prueba 0-11 F = 5600

Prueba 0-29 F = 1740

La concentración de la muestra se calcula mediante la fórmula

$$c = F \times E$$

Por lo tanto, la turbidez daría lugar a los siguientes errores de medición en forma de resultados excesivos:

Prueba 0-11 F = 5600 $\Rightarrow \Delta c = 0,01 \times 5600 = + 56,0$ mg/L

Prueba 0-29 F = 1740 $\Rightarrow \Delta c = 0,01 \times 1740 = + 17,4$ mg/L

A mayor factor específico de la prueba, mayor será la desviación del valor de medición.

Como valor límite recomendamos un valor de 10 NTU para la función de control NTU integrada. Esto garantiza máxima seguridad en todas las pruebas con cubetas redondas *NANOCOLOR*[®].

Procedimiento en caso de turbidez

· Para todas las muestras de agua y pruebas, las diluciones son un método adecuado para reducir la influencia de sustancias interferentes, así como las turbideces. En principio, siempre se debe considerar la posibilidad de diluir la muestra. Encontrará más información en el apartado 5.3.3 Tarjeta CCI 5: Comprobación de verosimilitud mediante dilución y enriquecimiento, página 104.

c = concentración
E = absorbencia
F = factor



- Antes de determinar los parámetros individuales se puede realizar una filtración. Por lo general, no se permite la filtración para determinar parámetros sumarios (p. ej., DQO, N total y P total). El proceso de filtración se describe con más detalle en el apartado 5.2.1 Filtración, página 99.
- Es necesario determinar un valor de corrección si la turbidez se genera por la adición de reactivos durante la reacción de detección o si la muestra no se debe someter a un tratamiento previo mediante filtración (p. ej., en el caso de parámetros sumarios). Encontrará más información sobre la determinación de los valores de corrección en el apartado 5.2.2 Valor de corrección, página 100.

Por regla general, en las determinaciones con digestión previa en el bloque térmico, todos los colorantes y turbideces se destruyen en las condiciones de digestión. La turbidez que persiste, por ejemplo, tras una digestión DQO, suele deberse a la precipitación de cloruro de mercurio. Esta turbidez puede provocar discrepancias de medición si esta se realiza con demasiada rapidez. Con valores superiores a 10 NTU, recomendamos esperar a que estas partículas se hayan sedimentado antes de realizar la medición. En el análisis de DQO, unas concentraciones de cloruro excesivas también pueden provocar turbideces dispersas finas, ya que estas no se han enmascarado adecuadamente. Mediante un nuevo y breve aumento de la temperatura, esta turbidez se deposita más rápidamente. Recomendamos introducir la cubeta 1 minuto en el bloque térmico a una temperatura de aprox. 50 °C.

5.1.1.1 Consejos y trucos

Calibración

- Los aparatos se deben calibrar periódicamente. Recomendamos realizar la calibración cada tres meses mediante nuestro patrón de turbidez *NANOCONTROL NANOTURB*.

Conservación

- No es posible conservar las muestras; las mediciones de turbidez se deben realizar, a ser posible, inmediatamente después de la toma de la muestra. Si el tiempo de espera es excesivo, las partículas que causan la turbidez se pueden sedimentar o flocular, y proporcionar en consecuencia un valor de medición falsificado.

Cubeta de medición

- La cubeta no debe presentar arañazos ni huellas dactilares.
- En función del tipo de medición de la turbidez, se deberá distinguir entre los distintos tipos de cubetas. En las mediciones de absorbencia se pueden utilizar cubetas redondas y rectangulares (medición de 180°). Para la medición nefelométrica de la turbidez se utiliza exclusivamente la cubeta redonda (medición de 90°).

Interferencias

- En el momento de medir la turbidez, la muestra debe estar completamente libre de burbujas de aire, ya que, de lo contrario, los resultados de la medición podrían ser elevados. Las burbujas de aire se pueden eliminar, por ejemplo, calentando la muestra de análisis a aprox. 30 °C o por medio de un baño de ultrasonidos.

Factores de conversión

- No existe ninguna relación entre el valor de turbidez y el contenido de sólidos en mg/L o ppm. Para ello, se deberían conocer las propiedades ópticas, el tamaño y la forma de los sólidos suspendidos en el agua. En consecuencia, no es posible realizar simplemente una conversión.

5.1.2 Coloraciones

Al igual que la turbidez, la coloración influye en gran medida en la turbidez. Si la muestra ya presenta una coloración inherente intensa o si, a lo largo de la reacción, se producen otras coloraciones por la presencia de iones interferentes, no se podrá obtener un resultado correcto. Las coloraciones atenúan aún más la luz (aumento de la absorbencia) y dan lugar a valores de medición discrepantes.

Por este motivo, lo ideal es preparar la solución de muestra de manera que ya no quede ninguna coloración. Una opción es la digestión oxidativa, en la que se destruyen los compuestos complejos, que suelen ser los que colorean la muestra. Encontrará información sobre los métodos de digestión disponibles para cada parámetro en los parámetros correspondientes del apartado 4. Parámetros importantes en el análisis del agua y de las aguas residuales, página 35 y en el apartado 3. Procedimiento de digestión, página 27.



Evaluación de la turbidez o la coloración

Si duda de la presencia de turbidez o coloración interferente, basta con realizar un ajuste a cero de la solución de prueba con agua destilada. En caso de turbidez, también se puede utilizar el control NTU.



Las coloraciones atenúan la luz y dan lugar a valores de medición discrepantes.

Si no es posible o no se desea realizar una digestión, ya que no se pretende determinar el contenido total de un parámetro en la muestra, sino solo la fracción disuelta, se puede trabajar con un valor de corrección. Encontrará más explicaciones sobre el valor de corrección en el apartado 5.2.2 Valor de corrección, página 100.

5.1.3 Preparación de las muestras

La preparación de las muestras es igual de importante que el análisis posterior. Si la muestra se conserva de forma inadecuada (utilización de ácidos o bases inadecuados, temperatura de conservación incorrecta, recipiente de muestras inadecuado) y se prepara de forma incorrecta (digestión, filtración), no se podrán obtener resultados correctos. Por lo tanto, compruebe para cada parámetro, cuál es la preparación correcta de la muestra. Encontrará más información al respecto en el apartado 2. Toma de muestras, conservación y preparación de muestras, página 19.

5.1.4 Iones interferentes

Todas las pruebas se basan en reacciones químicas que transforman los iones en complejos de color. En química hay muy pocas las reacciones selectivas, es decir, que no se ven alteradas por otros iones.

En la práctica, además del compuesto buscado, otros iones reaccionan con los reactivos para formar el mismo complejo, un complejo de otro color o incluso impiden el desarrollo de la reacción se produzca. Por eso es importante conocer la composición de la solución de muestra y prestar atención a los iones interferentes. En las instrucciones de análisis se indican los iones interferentes, así como la concentración a partir de la cual se produce una interferencia.

La forma más sencilla de evitar las interferencias son las diluciones. Sin embargo, en caso de las diluciones, siempre se deberá tener en cuenta el intervalo de medición de la prueba. No tiene sentido realizar una dilución si no se alcanza el intervalo de medición de la prueba. La concentración del parámetro que determinar debe seguir estando dentro del intervalo de medición; lo ideal es que se encuentre dentro del intervalo medio, entre el 20 y el 80 %. Como medida de apoyo, todos los fotómetros *NANOCOLOR*[®] disponen de una calculadora de dilución integrada.

Algunos iones interferentes se pueden enmascarar o eliminar mediante una preparación adecuada de la muestra. Por ejemplo, el nitrito, que da lugar a resultados excesivos en el análisis de nitratos, se puede eliminar añadiendo ácido amidosulfúrico. Las alteraciones provocadas por el calcio en los parámetros metálicos de cobre, níquel y zinc se pueden evitar por medio de un reactivo especial para la precipitación de calcio (REF 918939).

En el caso de las pruebas de DQO, el reactivo para enmascarar los iones cloruro ya se incluye en las cubetas redondas. Sin embargo, el reactivo solo puede compensar una cantidad determinada de cloruro; en caso de concentraciones de cloruro mayores, la muestra se deberá someter a un tratamiento previo (p. ej., con el enmascarador de cloruro REF 918911 o cartuchos de eliminación de cloruro REF 963911). Para más información, consulte las instrucciones de la prueba correspondiente.

Además de los iones interferentes, también se deberá prestar siempre atención al pH correcto.

5.1.5 Homogeneización

El análisis debe ser lo más representativo posible de la muestra. De lo contrario, puede ocurrir que solo se obtenga una instantánea en el punto de muestreo, pero ningún valor informativo real sobre la concentración del parámetro buscado en toda la muestra.

Por lo tanto, es recomendable homogeneizar la muestra antes del análisis, lo cual resulta imprescindible, sobre todo en el caso de los parámetros sumarios. En los parámetros sumarios, la homogeneización se debe realizar como paso fijo en la preparación de la muestra mediante un mezclador o un desintegrador. Las muestras homogeneizadas se deben analizar sin demora.

Sin embargo, en determinados parámetros, se debe prestar atención a que la homogeneización no se prolongue demasiado. En el caso de los parámetros de nitrógeno se deberá evitar una agitación prolongada, ya que esta produciría resultados erróneos (por ejemplo, debido a la expulsión de amoníaco de la muestra).



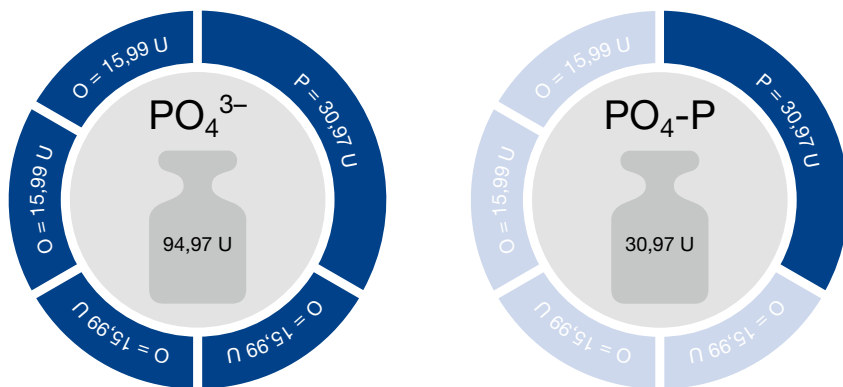
Todas las instrucciones se pueden descargar de forma gratuita en www.mn-net.com.

5.1.6 Unidad

La diferencia entre las distintas unidades se debe a la diferencia entre las masas molares.

Esta diferencia se explicará tomando como ejemplo el fosfato. El ion fosfato PO_4^{3-} está formado por un átomo de fósforo y cuatro átomos de oxígeno. Si se utiliza la unidad PO_4^{3-} , se determina la concentración del ion fosfato total (incluidos los átomos de oxígeno).

Sin embargo, si se toma como unidad el $\text{PO}_4\text{-P}$, solo se tendrá en cuenta para la evaluación el contenido de fósforo, es decir, sin los cuatro átomos de oxígeno. Sin los cuatro átomos de oxígeno, el ion es considerablemente más ligero y, por lo tanto, el valor medido también será menor. La Figura 34 siguiente lo ilustra una vez más:



U = g/mol



Figura 34: Diferencia entre PO_4^{3-} y $\text{PO}_4\text{-P}$

Determinación de los factores de conversión:

$$\frac{\text{PO}_4\text{-P}}{\text{PO}_4^{3-}} = \frac{30,97 \text{ U}}{94,97 \text{ U}} = 0,33 \text{ y } \frac{\text{PO}_4^{3-}}{\text{PO}_4\text{-P}} = \frac{94,97 \text{ U}}{30,97 \text{ U}} = 3,07$$

Por ejemplo:

$$1,5 \text{ mg/L de } \text{PO}_4^{3-} \times 0,33 = 0,5 \text{ mg/L de } \text{PO}_4\text{-P}$$

$$0,5 \text{ mg/L de } \text{PO}_4\text{-P} \times 3,07 = 1,5 \text{ mg/L de } \text{PO}_4^{3-}$$

En los fotómetros puede seleccionar la unidad deseada inmediatamente después de elegir la prueba, por medio de la selección del submétodo correspondiente. Preste siempre atención a la unidad indicada en pantalla para evitar posibles errores por una unidad incorrecta. En los manuales del fotómetro y en los pictogramas se indican todos los submétodos programados para cada una de las pruebas.

A partir de las distintas masas resultan factores que permiten convertir los valores medidos a las distintas unidades (ver Tabla 14).

Elementos	Conversión
Amonio (NH_4^+)	$\text{NH}_4^+ \xrightarrow{\times 0,78} \text{NH}_4\text{-N}$
	$\text{NH}_4\text{-N} \xrightarrow{\times 1,29} \text{NH}_4^+$
Cromato (CrO_4^{2-})	$\text{CrO}_4^{2-} \xrightarrow{\times 0,45} \text{Cr(VI)}$
	$\text{Cr(VI)} \xrightarrow{\times 2,23} \text{CrO}_4^{2-}$
Nitrato (NO_3^-)	$\text{NO}_3^- \xrightarrow{\times 0,23} \text{NO}_3\text{-N}$
	$\text{NO}_3\text{-N} \xrightarrow{\times 4,43} \text{NO}_3^-$
Nitrito (NO_2^-)	$\text{NO}_2^- \xrightarrow{\times 0,30} \text{NO}_2\text{-N}$
	$\text{NO}_2\text{-N} \xrightarrow{\times 3,28} \text{NO}_2^-$
Fosfato (PO_4^{3-})	$\text{PO}_4^{3-} \xrightarrow{\times 0,33} \text{PO}_4\text{-P}$
	$\text{PO}_4^{3-} \xrightarrow{\times 0,75} \text{P}_2\text{O}_5$
	$\text{PO}_4\text{-P} \xrightarrow{\times 3,07} \text{PO}_4^{3-}$
	$\text{PO}_4\text{-P} \xrightarrow{\times 2,29} \text{P}_2\text{O}_5$
	$\text{P}_2\text{O}_5 \xrightarrow{\times 1,34} \text{PO}_4^{3-}$
	$\text{P}_2\text{O}_5 \xrightarrow{\times 0,44} \text{PO}_4\text{-P}$

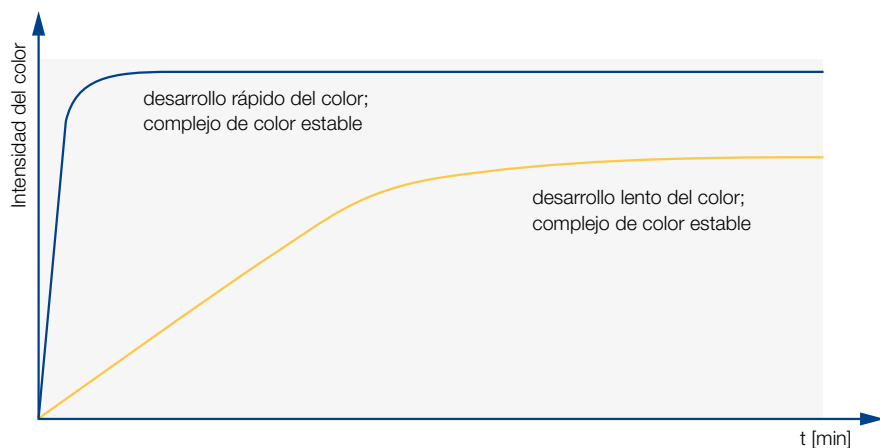
Tabla 14: Conversión de diferentes magnitudes

5.1.7 Tiempo de reacción y temperatura

Como ya se ha explicado, en fotometría se mide el color de los compuestos químicos mediante la luz. En función del parámetro que se debe determinar y del principio de reacción, se deberán observar distintos tiempos de reacción. Los tiempos de reacción figuran en las instrucciones de la prueba.

En algunos casos, la intensidad del color permanece constante en el máximo de absorción; no obstante, en otros compuestos la absorción sigue aumentando o vuelve a disminuir. Todas las pruebas están calibradas específicamente para el tiempo de reacción indicado. Si no se observa este tiempo, se obtendrán resultados erróneos (resultados superiores o inferiores a los reales, en función de si la absorción sigue aumentando o disminuyendo). La excepción en este caso son las pocas pruebas cuya absorción permanece estable incluso tras un cierto tiempo, como ocurre, por ejemplo, con las pruebas de DQO.

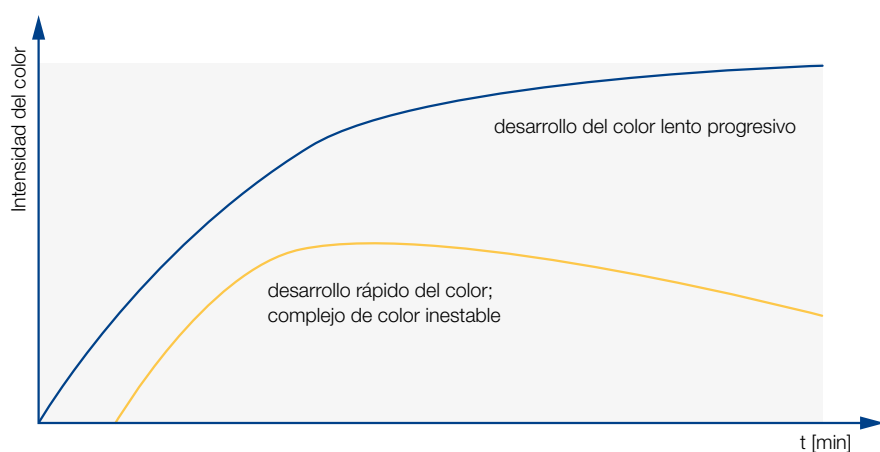
Encontrará un resumen del desarrollo del color en algunas pruebas en Figura 35 y Figura 36.



$t =$ tiempo [min]



Figura 35: Evolución de la intensidad del color en función del tiempo de reacción



$t =$ tiempo [min]



Figura 36: Evolución de la intensidad del color en función del tiempo de reacción

Todas las pruebas están calibradas para una temperatura de reacción determinada. En general, se aplica (Ley de Arrhenius): a mayor temperatura de reacción, la velocidad de reacción aumentará y a menor temperatura, disminuirá.

Si la muestra no se ajusta a la temperatura indicada en las instrucciones de la prueba, se pueden producir, en función de la prueba, resultados superiores o inferiores a los reales.

5.1.8 Calibración

Todas las pruebas se calibran de fábrica mediante soluciones patrón.

Recomendamos calibrar los fotómetros periódicamente (cada tres o seis meses). La calibración se realiza con la cubeta de calibración incluida; las instrucciones detalladas figuran en el manual del fotómetro correspondiente.

Además de los fotómetros, también se deberá comprobar periódicamente el funcionamiento correcto de las pipetas utilizadas, ya que con el tiempo se suelen desajustar. La calibración se puede realizar fácilmente pipeteando agua y pesándola después. La pipeta se reajustará en función del peso.

No se debe subestimar el error que pueden provocar las pipetas incorrectamente ajustadas, ya que todas las pruebas se configuran para un volumen de muestra concreto. Si no se observa el volumen de la muestra o la cantidad de reactivo agregada, los resultados pueden variar considerablemente. Encontrará más explicaciones sobre la calibración de las pipetas en el apartado 5.3.7 Tarjeta CCI 10: Ficha personal, página 112.

Recomendamos una calibración trimestral o semestral.



La certificación EN ISO 9001:2008 garantiza una calidad elevada constante.



5.1.9 Pruebas

La prueba es un eslabón importante en fotometría. Solo obtendrán resultados fiables si la prueba funciona correctamente.

La producción de nuestras pruebas cuenta con la certificación ISO (EN ISO 9001:2008), lo que garantiza una calidad elevada constante. Además, todas las pruebas se someten a un exhaustivo control de calidad en nuestras instalaciones. No obstante, en casos excepcionales puede ocurrir que un kit de análisis sea defectuoso. Por lo tanto, compruebe siempre antes de iniciar la prueba si los reactivos y los productos químicos se encuentran en perfecto estado (arañazos en la cubeta, derrames de productos químicos, aglomeraciones de sólidos, etc.).

Asegúrese siempre de almacenar las pruebas correctamente. Si no se almacenan correctamente, no se puede garantizar el funcionamiento correcto. Las instrucciones de almacenamiento figuran siempre en la etiqueta exterior del envase.

Todas las pruebas tienen una fecha de caducidad determinada. Una vez transcurrida esta fecha, al igual que en caso de almacenamiento inadecuado, ya no se puede garantizar el funcionamiento correcto del producto.

En caso de duda, se puede comprobar el comportamiento de reacción mediante una medición del patrón.

5.1.10 Limpieza

Una forma de trabajar higiénica es el requisito básico para obtener resultados correctos en el análisis. Se debe prestar siempre atención a un puesto de trabajo ordenado y aparatos limpios. En caso de suciedad, el pozo para cubetas se puede limpiar con un paño suave y agua o alcohol isopropílico. No utilice productos de limpieza agresivos.

Antes de realizar la medición, se debe limpiar cada cubeta con un paño. Las huellas dactilares y la suciedad alteran la trayectoria del haz de luz y provocan resultados erróneos.

La punta de la pipeta debe estar limpia. Sustitúyala cuando agregue diferentes reactivos o si desea analizar diferentes parámetros. Se puede producir con gran facilidad un arrastre causado por iones; este se subestima a menudo.

Un ejemplo típico es el análisis simultáneo de fosfato y nitrato, dos parámetros importantes en las plantas depuradoras. A menudo se utiliza la misma punta de pipeta para pipetear la solución de muestra primero en la cubeta de nitratos y, a continuación, en la cubeta de fosfatos. Aunque la punta de la pipeta solo toque el borde superior de la cubeta de nitrato, esto provocará resultados erróneos en la determinación de fosfatos. La cubeta de nitrato contiene ácido fosfórico, que, debido a su viscosidad, se desliza hacia arriba por la pared de vidrio y llega así a la punta de la pipeta.

La punta de la pipeta se deberá cambiar con cada parámetro y con cada reactivo.



5.1.11 Realización del análisis

La forma de trabajar propia a la hora de realizar la prueba es también un criterio decisivo para obtener resultados de análisis correctos. Aunque se hayan tenido en cuenta todos los puntos mencionados anteriormente, si la prueba no se realiza correctamente, no se podrán obtener resultados fiables.

Por lo tanto, preste siempre atención a que todos los pasos se hayan realizado en el orden correcto y de que se hayan observado todos los tiempos de reacción y las adiciones de muestras o reactivos.

También se deberá observar la forma correcta de utilizar las pipetas (punto de presión, burbujas en la punta de la pipeta) y el manejo de los aparatos.

Para asegurarse de que el valor medido es correcto, es imprescindible analizar críticamente la propia forma de trabajar.

Mediante mediciones de los patrones se puede verificar de forma rápida y sencilla el propio método de trabajo en todo momento. Encontrará más información sobre la validación de los resultados de análisis en el apartado 5.3 Control de calidad interno según la hoja de trabajo DWA-A 704, página 101.

Posibles errores en la fotometría			
Errores en la preparación y realización de los análisis	Errores en el manejo de los medios de trabajo	Errores por interferencias aditivas	Errores por interferencias proporcionales
<ul style="list-style-type: none"> · Errores en la toma de muestras (homogeneización, equipos de toma de muestras, lugar, etc.) · Inobservancia de turbideces, color inherente y posibles filtraciones necesarias · Imprecisiones en la adición de los reactivos, en la preparación de diluciones y valores de corrección, arrastre solución de muestra · Inobservancia del pH prescrito, concentraciones elevadas de tampón · Agitación excesivamente vigorosa de los reactivos · Elección de una magnitud incorrecta · Inobservancia de las concentraciones límite de interferencia · Inobservancia de precipitaciones · Conservación inadecuada de las muestras · Mediciones en los límites del intervalo de medición · Error en la digestión de la solución de muestra 	<ul style="list-style-type: none"> · Desviación con respecto a las instrucciones de análisis (tiempo de reacción, temperatura, blanco, factor, pH) · Pipeteado impreciso (punto de presión, ajuste, burbujas de aire, puntas húmedas) · Suciedad (aparatos de vidrio, huellas dactilares, polvo, humo) · Uso de una solución de blanco incorrecta (otro lote) · Uso de pruebas caducadas, conservación inadecuada · Uso de la misma punta de pipeta · Calibración incorrecta del fotómetro (solución/cubeta contaminada) 	<ul style="list-style-type: none"> · Otras sustancias presentes en la solución tampón también provocan una reacción cromática · La solución de ensayo está coloreada o turbia (se requiere valor de corrección) · Una parte de la sustancia analizada no es accesible al análisis; se encuentra en forma no disuelta, forma parte de un complejo o está ligada por adsorción (se requiere una digestión) · ¡Posible detección mediante el cálculo de un valor de corrección! ¡No se puede calcular mediante la adición de patrón! 	<ul style="list-style-type: none"> · Las sustancias extrañas pueden inhibir o potenciar la reacción de detección · Las concentraciones elevadas de ácidos, álcalis o tampones impiden ajustar el pH necesario para la reacción · Las reacciones de competencia de las sustancias interferentes dan lugar a resultados inferiores a los reales · Volumen incorrecto de la muestra o del reactivo (pipeta defectuosa) · Posible control mediante una adición de patrón con <i>NANOCONTROL</i>

Figura 37: Posibles errores en la fotometría

5.2 Procedimiento en caso de interferencias

Para eliminar las interferencias existentes y garantizar la fiabilidad de los análisis, se pueden utilizar diversos métodos, como la filtración o la aplicación de un valor de corrección.

5.2.1 Filtración

Antes de determinar los parámetros individuales se puede realizar una filtración. Por lo general, no se permite la filtración para determinar parámetros sumarios (como, por ejemplo, DQO, N total y P total).

La filtración es un proceso mecánico de separación para separar o purificar un medio. La solución de muestra a separar pasa, durante la filtración, por un filtro que se adapta individualmente a la solución de muestra.

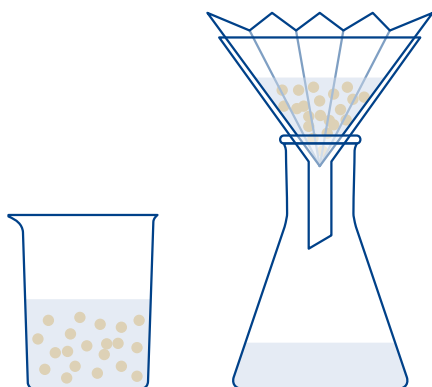


Figura 38: Filtration

La filtración es un proceso mecánico de separación para separar o purificar un medio.

Hay disponible una gran variedad de materiales filtrantes. Los más utilizados son los filtros de papel; además, se emplean papeles de fibra de vidrio, papeles de fibra de cuarzo, filtros metálicos o filtros de membrana. Es importante utilizar siempre un filtro adecuado para cada aplicación.

Los papeles de filtro se caracterizan por parámetros como el gramaje, el grosor y la velocidad de filtración; en el caso de las membranas es posible especificar el tamaño exacto de los poros, debido al proceso de fabricación.

Los filtros de papel están disponibles como filtros redondos y plegados, como papeles cualitativos o cuantitativos sin cenizas. En comparación con los filtros de papel, los papeles de fibra de vidrio se caracterizan por una mayor estabilidad térmica y una alta velocidad de filtración a pesar de su elevada capacidad de retención.

Si se deben determinar exclusivamente sustancias disueltas, resulta adecuado realizar una prefiltración de la muestra si esta presentara una turbidez intensa. En este caso se deberá distinguir entre el grado de turbidez o el tamaño de las partículas.

Turbideces dispersas finas:

- Con kit de filtración por membrana 0,45 µm
- Con kit de filtración por membrana GF/PET 0,45 µm

Turbideces dispersas medianas:

- Con papel de fibra de vidrio, p. ej., MN 85/90 B
- Kit de filtración por membrana GF/PET 0,45 µm

Turbideces dispersas gruesas:

- Con papel de filtro cualitativo, p. ej., MN 615. En caso necesario, realizar a continuación una filtración fina con un prefiltro para jeringas de 0,45 µm.

5.2.2 Valor de corrección

Las turbideces y las coloraciones atenúan aún más la luz y provocan mayores absorancias.

Si no fuera posible o no se desea realizar una digestión (p. ej., al determinar sustancias disueltas), se puede trabajar con un valor de corrección.

Incluso en el caso de los parámetros sumarios, en los que, por definición, no se permite una prefiltración, un valor de corrección constituye una opción adecuada.

Los valores de corrección requieren un procedimiento específico para cada prueba. Por ejemplo, no siempre basta medir simplemente el color inherente de la muestra sin reactivos y restarlo del valor medido. En muchos casos, los reactivos cambian el color inherente o la turbidez de la muestra. Todos los cambios en la muestra, como la dilución, la adición de productos químicos que afectan el pH o el potencial redox, deben reproducirse como en el análisis original. Únicamente no se añade el reactivo principal, que forma el colorante necesario para el análisis.

Procedimiento general:

Determinar el valor de medición según la especificación original = A

Determinar el valor de corrección según la especificación especial = B

Valor de análisis = A – B

Excepciones: Métodos con los que se miden absorancias decrecientes frente a un blanco del reactivo. Entonces se aplica: Valor de análisis = A + B. Esto se señala en las pruebas correspondientes.

Es muy importante restar únicamente valores de la misma magnitud (p. ej., mg/L de N; mg/L de NH₄; mmol/m³; E).

Si en la misma matriz y con varias muestras el factor de corrección es tan bajo que resulta insignificante para la medición pendiente, se puede omitir la determinación. No obstante, esto solo resulta de las pruebas prácticas y no puede predecirse.

En el manual correspondiente del fotómetro se explica cómo se aplican los valores de corrección para cada prueba y en qué casos se deberán aplicar excepciones.



Los valores de corrección requieren un procedimiento específico para cada prueba.

La exigencia de precisión de un análisis fotométrico requiere que solo se mida la atenuación de la luz provocada por el color de reacción de la sustancia/el complejo cromático buscado. Se deberá compensar la atenuación de la luz provocada por el filtro, la cubeta o los reactivos, ya sea en forma de coloración inherente o de turbidez.

Los llamados «blancos» sirven precisamente para ello. Con la solución de blanco, el fotómetro se sitúa en una posición básica o de referencia. Blancos pueden ser:

- a) Solución de prueba sin reactivos
- b) Solución de prueba con varios reactivos
- c) Agua destilada con todos los reactivos
- d) Una solución de blanco incluida en el kit de reactivos y preparada específicamente para ese lote

En los fotómetros *NANOCOLOR*[®] ya están guardados los blancos para casi todos las pruebas con cubetas redondas. Las excepciones son las pruebas cuyo BLANCO se deba ajustar en función del lote.

Los blancos compensan todas las influencias específicas de la reacción, mientras que los valores de corrección compensan las influencias específicas de la muestra.

5.3 Control de calidad interno según la hoja de trabajo DWA-A 704

Los métodos operativos han demostrado ser un medio reconocido para el control y la supervisión de las instalaciones. Se considera que la principal ventaja de estos métodos es la rapidez con la que se obtiene la información, frente a los métodos de análisis normalizados, que requieren mucho tiempo y un gran número de instrumentos. Entre otras ventajas, se mencionan el reducido consumo de reactivos, los bajos costes y la rapidez de ejecución.

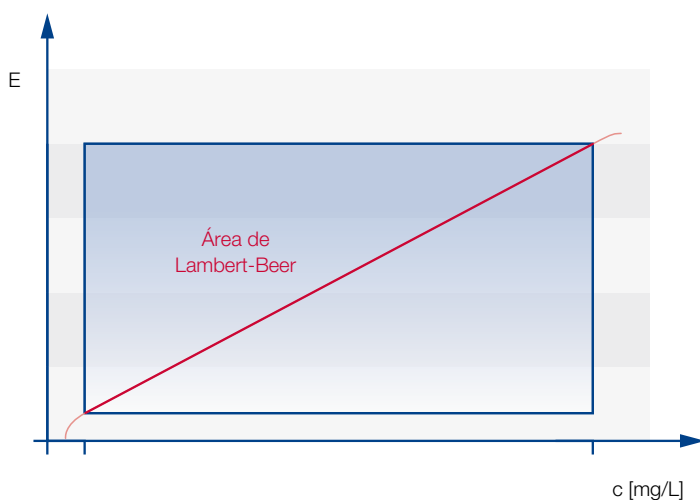
El uso de los métodos operativos puede reducir considerablemente el uso de procedimientos de referencia. Numerosas normativas consideran que el análisis operativo es una función clave en la supervisión de las instalaciones. El cumplimiento de esta función requiere condiciones marco definidas. Estas condiciones marco se recogen en la hoja de trabajo DWA-A 704. Esta hoja de trabajo ofrece al usuario la posibilidad de llevar a cabo el análisis operativo con garantías de calidad y una documentación detallada. Lo más importante es lograr la máxima calidad con el mínimo esfuerzo.

Al seleccionar los métodos operativos, el resultado previsto se debe situar en el intervalo de medición medio de la prueba, es decir, en el denominado intervalo de medición del 20 al 80 %; para ello, se permiten pasos de dilución con el fin de alcanzar dicho intervalo de medición. En la página 106 encontrará un resumen de los intervalos de medición del 20 al 80 % de las pruebas *NANOCOLOR*[®].



Diferencia entre el blanco y el valor de corrección:

Los blancos compensan todas las influencias específicas de la reacción, mientras que los valores de corrección compensan las influencias específicas de la muestra.



E = absorbancia
c = concentración [mg/L]

Figura 39: Diagrama relativo a la Ley de Lambert-Beer

Dentro del intervalo de medición del 20 al 80 %, la dispersión es menor y la fiabilidad es máxima. Esto se ilustra en la Figura 39. El control interno de calidad (CCI) es un aspecto decisivo cuya importancia va en aumento en todos los laboratorios. En la hoja



La hoja de trabajo DWA-A 704 es una herramienta importante para la aplicación fiable y segura de los métodos operativos.

de trabajo DWA-A 704 se hace hincapié en la necesidad de verificar los resultados. El aspecto decisivo para el usuario radica en la cuestión de la exactitud de los resultados de análisis medidos y en las posibilidades de validar dichos resultados.

En la mayoría de los laboratorios, es necesario supervisar y comprobar periódicamente todos los componentes de un sistema de análisis, como los reactivos y las pruebas, los instrumentos de medición utilizados y la manipulación por parte del personal. Esto es importante para garantizar resultados correctos y cumplir los requisitos de validación.

Existen diversas opciones, tanto internas como externas, para comprobar el sistema de análisis y la propia forma de trabajar. La hoja de trabajo DWA-A 704 constituye una ayuda importante para el personal de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales públicas y empresariales a la hora de aplicar de forma fiable y segura los métodos operativos.

Las tarjetas CCI 1, 2, 8, 10, 11 y 12 tienen un carácter general, válido para todas las pruebas. Las tarjetas CCI 3–7 y 9 se deben utilizar de forma específica para cada método; es decir, si hay varios parámetros que controlar, también se deberán llevar varias tarjetas CCI.

La aplicación rigurosa de la documentación en los ámbitos de los resultados de medición, el control de calidad y la cualificación permite demostrar de forma objetiva la calidad de los análisis y de los resultados de medición. El control de calidad analítico y la documentación constituyen una unidad. Solo mediante una documentación adecuada se puede demostrar cuándo se llevaron a cabo las medidas, quién las llevó a cabo, quién supervisó dicha tarea y qué nivel se alcanzó en el análisis operativo. La documentación detallada de todos los aspectos importantes, desde la toma de muestras hasta el análisis, se describe en la tarjeta CCI 8. La tarjeta CCI n.º 11 se centra en las desviaciones y las medidas. En esta se recopilan todos los resultados anómalos y las medidas correctivas, para permitir ver de un vistazo dónde se han producido problemas en el análisis operativo y si se han resuelto. La tarjeta ayuda al usuario a identificar patrones y a aplicar soluciones específicas.

Cabe destacar algunas medidas importantes relacionadas con el control de calidad analítico. Cabe destacar que una sola medida de CCI no es suficiente, por lo que, en el caso ideal, debería aplicarse todo el abanico de medidas de control de calidad.

General, para todas las pruebas	Relativa al método, es decir, se debe utilizar una tarjeta para cada parámetro
Tarjeta CCI 1: Resumen de las medidas de control de calidad aplicadas	
Tarjeta CCI 2: Establecimiento de la frecuencia de los controles, de las tolerancias y los objetivos de calidad	
	Tarjeta CCI 3: Determinaciones múltiples periódicas de una muestra
	Tarjeta CCI 4: Mediciones de soluciones patrón
	Tarjeta CCI 5: Comprobación de la verosimilitud mediante dilución y enriquecimiento
	Tarjeta CCI 6: Mediciones comparativas con los métodos operativos de otras plantas de tratamiento de aguas residuales
	Tarjeta CCI 7: Mediciones paralelas al método de referencia
Tarjeta CCI 8: Documentación de todas las condiciones marco relativas a la toma de muestras, el pretratamiento de las muestras y la medición	
	Tarjeta CCI 9: Revisión y mantenimiento de los aparatos, control de los reactivos
Tarjeta CCI 10: Registro actualizado continuo de las cualificaciones del personal	
Tarjeta CCI 11: Evaluación de los resultados del control de calidad, documentación de las anomalías	
Tarjeta CCI 12: Resumen de los instrumentos de medición del proceso utilizados y de las actividades realizadas por cada instrumento de medición	

Tabla 15: Resumen de las tarjetas CCI, DWA-A 704 «Métodos operativos para el análisis de aguas residuales»

5.3.1 Tarjeta CCI 3: Determinaciones múltiples

La determinación múltiple de una muestra existente es la forma más sencilla de comprobar la precisión de un resultado. También es posible repetir pasos concretos decisivos, como la toma de muestras, la filtración o la digestión.

La ventaja de la determinación múltiple radica en que los valores atípicos se detectan de inmediato o, al menos se hace evidente la tendencia o la dispersión de la evolución de los valores medidos. Es habitual, por ejemplo, realizar dos pruebas en paralelo en forma de determinación doble, o tres pruebas en una determinación triple, para no perder innecesariamente tiempo, p. ej., debido a una digestión.

Las mediciones múltiples se deben realizar periódicamente, y siempre en el caso de muestras desconocidas y mediciones importantes.

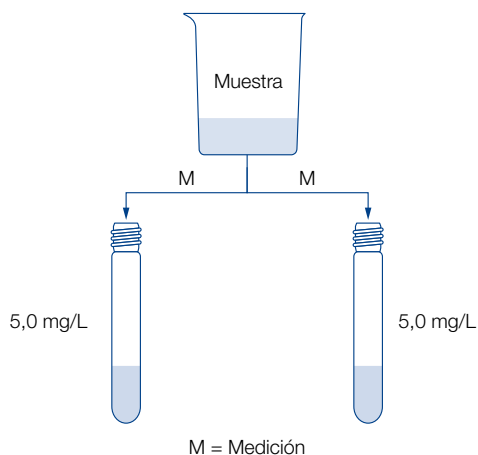


Figura 40: Principio de la determinación múltiple

5.3.2 Tarjeta CCI 4: Mediciones de patrones

El sistema analítico completo se puede comprobar mediante mediciones de patrones.

El principio de una medición de patrones es sencillo: En lugar de la muestra real, se utiliza una solución patrón del parámetro de concentración conocida. La prueba se realiza de la forma habitual según las instrucciones de la prueba.

Si se alcanza el valor de medición especificado —pudiendo tolerarse desviaciones dentro del intervalo de confianza— todos los componentes individuales del sistema de análisis funcionan correctamente. De este modo, también se puede supervisar la propia forma de trabajar. Lo ideal es conseguir exactamente el valor de medición especificado.

No obstante, al utilizar soluciones patrón se deberá tener en cuenta que estas no contengan sustancias interferentes. Por lo tanto, con la muestra real aún pueden surgir problemas durante el análisis.

Para la mayoría de los parámetros ya hay disponibles en el comercio soluciones patrón listas para usar. En el caso de las soluciones patrón, siempre se debe prestar atención a que la concentración de la solución patrón sea adecuada para el intervalo de medición o si es necesario diluirla antes del uso. En principio, los patrones también se pueden preparar a partir de compuestos adecuados.



La determinación múltiple es la forma más sencilla de comprobar la precisión de un resultado.



En una medición con patrón, se utiliza una solución patrón de concentración conocida en lugar de la muestra real.

Es imprescindible prestar especial atención a la preparación correcta, la concentración del intervalo de medición y las condiciones de conservación de las soluciones patrón.

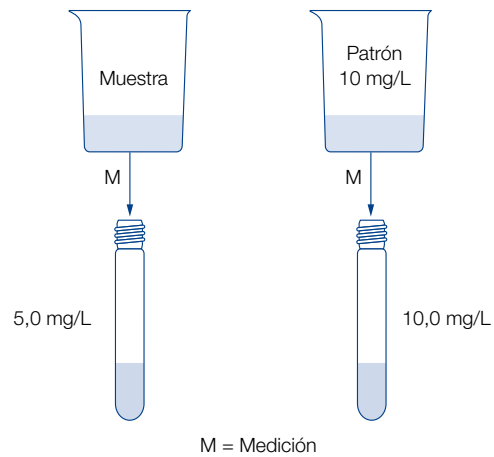


Figura 41: Principio de la medición de patrones

Patrones *NANOCONTROL* Control máximo del valor de medición



Control de calidad analítico

- Concentración definida de determinados parámetros
- Verificación del sistema operativo conforme a DWA-A 704
- Amplia gama de productos específica para diversas aplicaciones



5.3.3 Tarjeta CCI 5: Comprobación de verosimilitud mediante dilución y enriquecimiento

Para todas las muestras de agua y pruebas, las diluciones son un método adecuado para verificar los resultados y reducir la influencia de sustancias interferentes, así como las turbideces. Se utilizan diluciones cuando se supera el intervalo de medición, cuando existan dudas generales sobre la exactitud del resultado del análisis o cuando la solución de muestra presente iones interferentes o turbideces que puedan influir en el resultado. A menudo, las diluciones se utilizan únicamente para confirmar el resultado. En principio, siempre se debe considerar la posibilidad de diluir la muestra.

Para la dilución se suele utilizar agua destilada. Una excepción la constituye el parámetro DQO (demanda química de oxígeno), para cuya determinación se utiliza agua libre de DQO, así como el parámetro ácido silícico, en el que la muestra se diluye con agua sin ácido silícico.

Tras la dilución, el valor de medición previsto debería situarse, idealmente, en el centro del intervalo de medición, es decir, en el denominado intervalo del 20–80 %, y en ningún caso fuera de dicho intervalo. Si el valor medición se sale del intervalo de medición, se deberá realizar una prueba con un intervalo de medición menor o con una dilución menor.

Como medida de apoyo, todos los fotómetros *NANOCOLOR*[®] disponen de una calculadora de dilución integrada.

En función de los volúmenes de muestra, la dilución se puede preparar en un matraz aforado de 100 mL o directamente en las cubetas. Las tablas siguientes ofrecen una visión general de las diferentes diluciones en función del volumen de muestra.

mL muestra de agua	mL agua dest.	Multiplicar el resultado de medición (y el intervalo de medición) por
50	50	2
25	75	4
10	90	10
5	95	20
2	98	50
1	99	100

Tabla 16: En un matraz de 100 mL con volúmenes de muestra de 0,2–1,0–2,0–4,0 mL

mL muestra de agua	mL agua dest.	Multiplicar el resultado de medición (y el intervalo de medición) por
10	10	2
5	15	4
2	18	10
1	19	20
0,5	19,5	40
0,2	19,8	100

Tabla 17: Con volúmenes de muestra de 20 mL (preparar directamente en el matraz aforado)

mL muestra de agua	mL agua dest.	Multiplicar el resultado de medición (y el intervalo de medición) por
25	25	2
10	40	5
5	45	10
2,5	47,5	20
1	49	50
0,5	49,5	100

Tabla 18: En el caso de volúmenes de muestra de 50 mL: métodos de agitación (preparar directamente en el embudo de agitación)



Para la dilución se utiliza agua destilada, agua sin DQO o sin ácido silícico.



La introducción de diluciones en el fotómetro se realiza de la forma siguiente:
1 parte de muestra + x partes de agua dest.

p. ej., 1 + 9 (dilución 1:10)
1 + 24 (dilución 1:25)
1 + 99 (dilución 1:100)

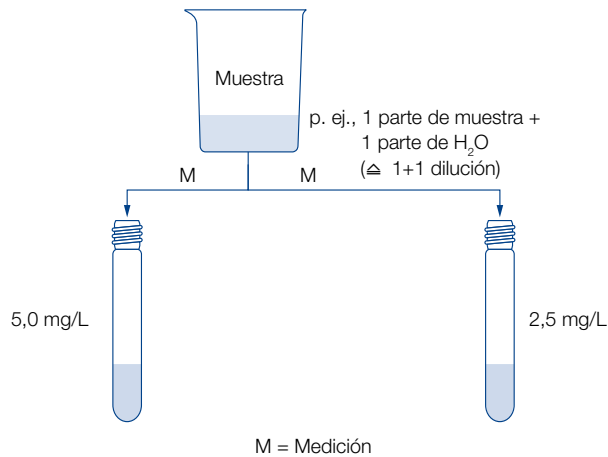


Figura 42: Principio de dilución

Del mismo modo que se puede diluir la concentración de una muestra, también se puede aumentar la concentración de uno o varios parámetros mediante la denominada «adición» o «enriquecimiento».

Es decisivo añadir a la muestra real una concentración conocida del parámetro que se desea determinar y, a continuación, recuperar exactamente ese aumento. La determinación de la tasa de recuperación se realiza mediante una determinación previa a la adición y otra posterior a la misma. A mayor número de pasos de adición, mayor será la fiabilidad de la afirmación.

Tras una adición de patrón, se pueden obtener tres resultados diferentes:

- 1) Los aumentos de concentración corresponden al valor de la adición; no hay ninguna interferencia proporcional.
- 2) Los aumentos de concentración son proporcionalmente mayores o menores. Esto podría indicar interferencias de la matriz. En este caso es recomendable realizar más análisis de la solución de muestra; por ejemplo, podría darse el caso de que algunos componentes, similares a la sustancia buscada, reaccionen con ella o que otros enmascaren el parámetro.
- 3) Los aumentos de concentración varían considerablemente entre sí y se sitúan en ocasiones por encima y por debajo del valor esperado. En estos casos excepcionales hay interferencias desproporcionadas, cuya causa podría radicar en una preparación defectuosa de la muestra.

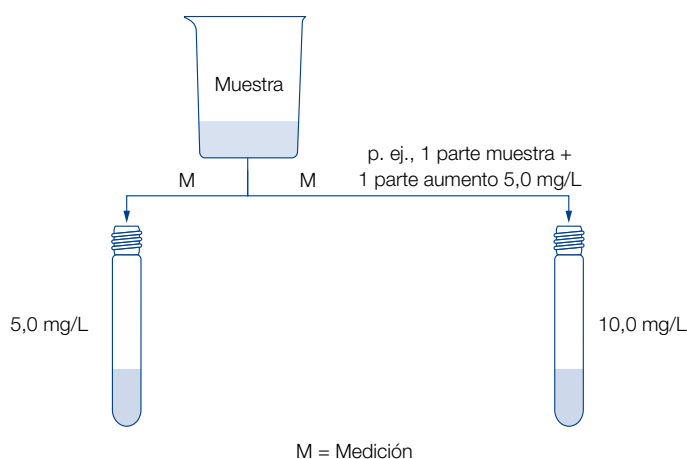


Figura 43: Principio del enriquecimiento

En los ensayos con un volumen de muestra $\geq 2,0$ mL, existe además la posibilidad de realizar el enriquecimiento directamente en la cubeta de medición (20 μ L de solución de adición con un volumen de muestra de 2 mL, 40 μ L de solución de adición con un volumen de muestra de 4 mL, etc.)

Por medio de los enriquecimientos se pueden detectar fácilmente efectos de matriz que influyen en los resultados analíticos. Estos efectos de matriz pueden deberse, por ejemplo, a quelantes o a iones que, al combinarse con la sustancia a determinar, forman sustancias poco solubles y, de este modo, impiden que los parámetros sean accesibles para el análisis.

Si no se recupera un enriquecimiento, se deberán realizar preparaciones de la muestra y análisis adicionales relativos a la naturaleza de la muestra. Además, existe la posibilidad de calcular el valor de análisis que probablemente sea el correcto. En Figura 44 se explica cómo se calcula el valor probable del análisis mediante una adición de patrón.

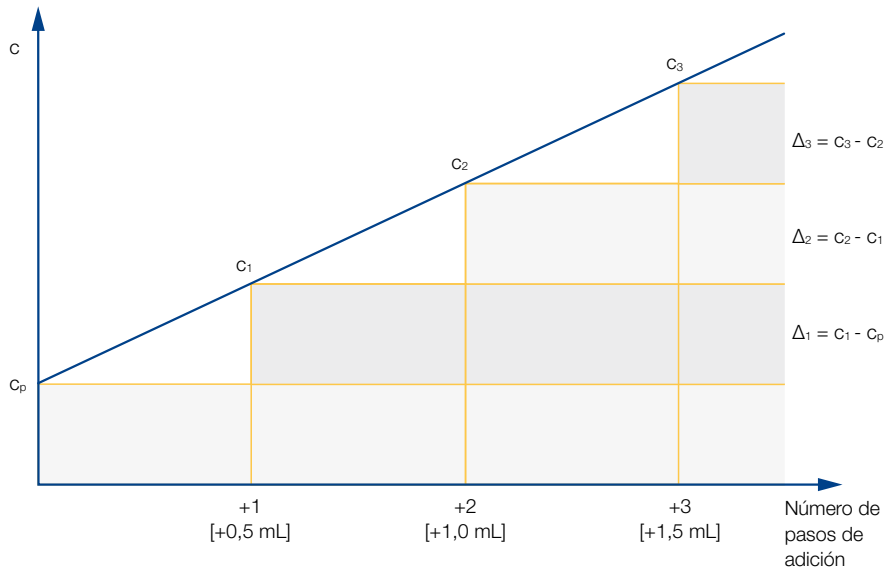



Figura 44: Evaluación de una adición de patrón



C_p = concentración de la muestra original
 C_{1-3} = concentración tras la adición de solución de adición
 Δ_{1-3} = diferencia de concentración

5.3.4 Tarjeta CCI 6: Mediciones comparativas: Programas de evaluación externa de la calidad

La participación en un programa de evaluación externa de la calidad es una de las medidas más importantes para garantizar la calidad. La particularidad de un programa de evaluación externa de la calidad radica en que todos los participantes reciben una muestra con una concentración desconocida de determinados parámetros y la analizan de forma independiente, utilizando sus propios métodos operativos y las pruebas disponibles. Tras la notificación al organizador del programa de evaluación externa de la calidad, los resultados de medición se someten a una evaluación según la norma DIN 38402 Partes 41 y 42. La participación en este tipo de programa de evaluación externa de la calidad deberá realizarse una vez al año, y la desviación de los resultados de los análisis propios no deberá superar el 20 %.

Secuencia de un programa de evaluación externa de la calidad **NANOCONTROL**

- 1) El cliente recibe dos soluciones para el programa de evaluación externa de la calidad. Las concentraciones de estas soluciones de programa de evaluación externa de la calidad las ha verificado un laboratorio DIN independiente.
- 2) Las soluciones del programa de evaluación externa de la calidad se han adaptado a los intervalos de medición de las pruebas **NANOCOLOR®** indicadas; por lo tanto, no se requiere ninguna preparación adicional. Las soluciones se pueden utilizar directamente sin diluir.
- 3) Junto con las soluciones para el programa de evaluación externa de la calidad, el cliente recibirá un protocolo de evaluación preimpreso, unas instrucciones de uso y un sobre para devolver el protocolo con los resultados del análisis.
- 4) En MACHEREY-NAGEL se lleva a cabo una evaluación objetiva de todos los protocolos recibidos.
- 5) Cada participante recibirá una evaluación individual en forma de informe de ensayo para cada resultado de medición presentado, una evaluación general y un certificado de participación. En caso de desviaciones importantes, se proporcionarán indicaciones y se ofrecerá ayuda.

Programas de evaluación externa de la calidad **NANOCONTROL** Para una comprobación externa del sistema



Evaluación objetiva

- Evaluación de los resultados de medición conforme a DIN 38402 parte 41 y 42
- Comprobación del modo de trabajo propio
- Soluciones listas para usar
- Evaluación individual, valoración global y certificado de participación



5.3.5 Tarjeta CCI 7: Mediciones paralelas

La tarjeta CCI 7 describe la medición paralela de una muestra tanto con el método operativo empleado como con el método de referencia correspondiente en un laboratorio subcontratado. Las mediciones paralelas permiten comparar directamente los parámetros de la solución de muestra.

El requisito para una medición paralela de este tipo, es que la medición se realice con ambos métodos a partir y la misma muestra dividida. Por lo general, el laboratorio de referencia se encarga de la toma de muestras y de su división. La preparación o conservación posterior de las muestras se deberá coordinar con el laboratorio para evitar errores o desviaciones. Dado el riesgo existente de que las muestras se alteren, los análisis se deberán realizarse lo antes posible y en todos los puntos de muestreo relevantes para el operador.

Los resultados de medición se deberán verificar siempre mediante determinaciones dobles y comprobaciones de verosimilitud.

En la tarjeta CCI 7 se deben registrar los resultados del método operativo y del laboratorio de referencia, así como las desviaciones.



Los resultados de medición se deberán verificar siempre mediante determinaciones dobles y comprobaciones de verosimilitud.

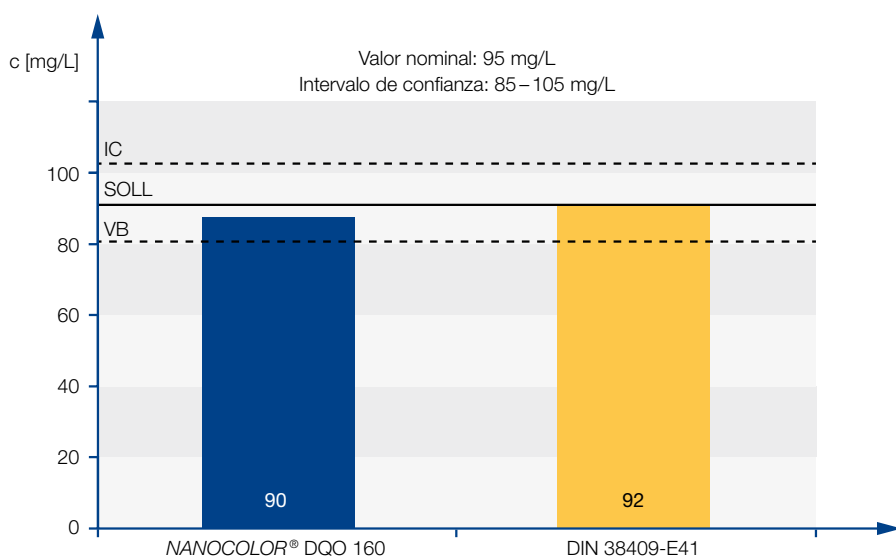


Figura 45: Comparabilidad NANOCOLOR® y DIN Valor nominal



c = concentración [mg/L]
VB = intervalo de confianza
SOLL = valor nominal

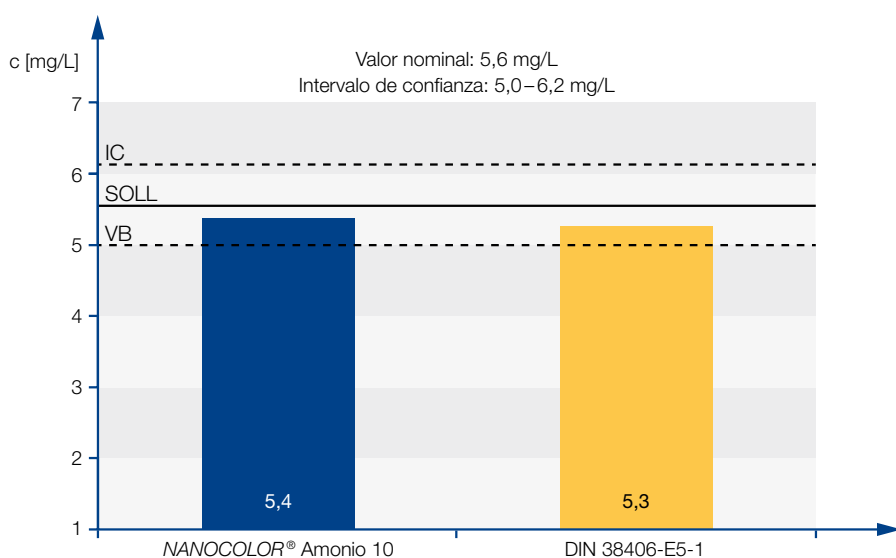


Figura 46: Comparabilidad NANOCOLOR® y DIN



c = concentración [mg/L]
VB = intervalo de confianza
SOLL = valor nominal

5.3.6 Tarjeta CCI 9: Supervisión de los medios de ensayo

Por «medios de ensayo» se entiende, en general, todos los aparatos y reactivos que se utilizan en el análisis operativo, como, por ejemplo, fotómetros, bloques térmicos, pipetas y balanzas.

Solo si se revisan constantemente los recursos operativos se puede estar seguro de que cumplen con las condiciones de trabajo exigidas y necesarias. Los equipos que no se hayan comprobado adecuadamente pueden generar, directa o indirectamente, valores de medición erróneos. Los valores de medición erróneos se pueden producir por diversas causas, como pipetas desajustadas, contaminación en el pozo para cubetas o también una digestión insuficiente durante la determinación de parámetros sumarios.

La tarjeta CCI 9 detalla cómo se debe llevar a cabo la comprobación de los medios operativos, en forma de recomendaciones e indicaciones sobre la frecuencia, así como sobre la realización y la documentación concretas de la comprobación. Aquí se describirán brevemente los principales medios operativos y su control.

Fotómetro

El aspecto sin duda más importante dentro de la gama de instrumentos de medición es el fotómetro. Sin fotómetro no se pueden realizar análisis. La comprobación se deberá realizar, en función del aparato, dos veces al año, de acuerdo con las especificaciones de la DWA y las instrucciones del fabricante. Es decisiva la cuestión de la exactitud de los resultados de medición obtenidos, es decir: «¿Puedo confiar en los valores medidos, partiendo de la base de que se han comprobado todos los demás factores que influyen en el valor medido y que no provocan errores?».

La exactitud de los fotómetros la suele verificar el propio fabricante, quien emite el correspondiente informe de ensayo. No obstante, en determinadas circunstancias, la comprobación también se puede realizar por cuenta propia. La ventaja de la comprobación por cuenta propia radica en que se puede integrar de forma individualizada en la jornada laboral de la empresa. Es decisivo que el propio usuario no pueda influir en la comprobación ni alterar los resultados, pero que, no obstante, pueda llevarla a cabo de la forma más sencilla posible (por ejemplo, sin necesidad de abrir el aparato).

NANOCONTROL NANOCHECK 2.0

Soluciones de ensayo para la verificación de la exactitud fotométrica



Supervisión sencilla y segura de los medios de ensayo

- Patrones secundarios conforme a las normas ISO 9001 e ISO 14001
- Control mediante patrones primarios (NIST)
- Cumplimiento de los requisitos de DWA-A 704

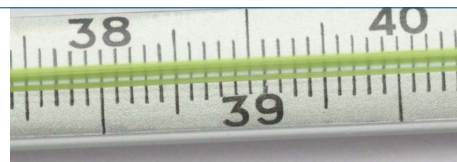


Bloques térmicos

Los bloques térmicos o los calefactores se deben comprobar una vez al año con respecto a la temperatura de reacción. Solo si la temperatura de reacción es la adecuada se puede garantizar una digestión completa. La desviación de la temperatura de digestión debe ser como máximo de ± 3 °C.

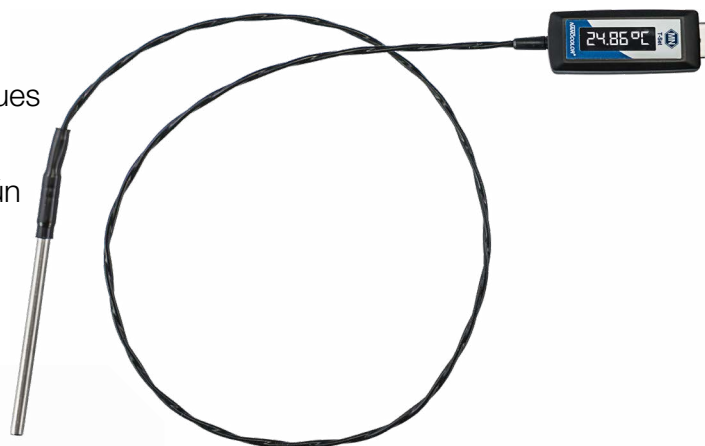
La comprobación se realiza con sondas de temperatura externas especialmente calibradas o con termómetros. Al igual que en los fotómetros, la comprobación suele correr a cargo de los fabricantes de los aparatos. Pero también en este caso existen formas de comprobar los dispositivos por cuenta propia. Como ya se ha mencionado en el caso del fotómetro, la ventaja de la comprobación por cuenta propia radica en que se puede integrar de forma individual en la jornada laboral. Para supervisar los bloques térmicos se puede utilizar el NANOCOLOR® T-Set, un sensor térmico calibrado.

NANOCOLOR® T-Set Control del bloque térmico



Control de temperatura y calibración

- Sensor térmico calibrado para el control automático de la temperatura
- Calibración automática de todos los bloques térmicos NANOCOLOR®
- Documentación conforme a las PCL según la norma DWA-A 704 con el software NANOCOLOR® T-Set



Pipetas

En la mayoría de los casos, el análisis operativo se realiza mediante pruebas fotométricas. Se debe mencionar sin falta la pipeta como una de las causas típicas de resultados analíticos muy divergentes. La pipeta es un instrumento de precisión decisivo para el valor de medición y por ello se deberá comprobar con la misma periodicidad que el fotómetro o el bloque térmico. Una balanza con una precisión de 0,01 g cumple todos los requisitos para la comprobación y calibración de las pipetas utilizadas en fotometría. Es recomendable comprobar por separado los volúmenes más utilizados.

· Cuanto menor sea el volumen de una pipeta, mayor será su precisión. Las pipetas de émbolo digitales cuentan con un mecanismo de ajuste mecánico. Estas pipetas se deben manipular con especial cuidado, ya que un ajuste excesivo puede provocar daños graves.

Indicaciones sobre la calibración:

- La pipeta se debe comprobar cuatro veces al año. Si ha penetrado accidentalmente líquido en el interior de la pipeta, esta se deberá limpiar meticulosamente sin demora, comprobar y, si fuera necesario, recalibrar.
- Cada pipeta contiene elementos de sellado funcionales que se desgastan con el tiempo. Deberán estar disponibles a tiempo como repuesto.

- Condiciones de ensayo (ver también DIN 12650, parte 6): Temperatura ambiente: 20–25 °C, balanza calibrada con una precisión de indicación de 1/100 g. Como líquido de prueba es adecuada agua destilada a temperatura ambiente. En casos excepcionales, también se puede utilizar otro tipo de agua, siempre que esté completamente desgasificada.
- Determinación de la precisión: En el caso de las pipetas variables, se deberá comprobar el volumen máximo, así como el 50 y el 10 % de dicho volumen.
Volumen de pipeta de 100–1000 µL < 2 %
Volumen de pipeta de 200 µL < 1 %
- Comprobación de la estanqueidad: Inserte sobre la pipeta un tubo de plástico de unos 20 cm de longitud, aspire la cantidad de líquido deseada y marque el menisco. Este valor no debe variar en el plazo de 1 minuto.
- Posibles causas de errores en las pipetas: suciedad, residuos en el interior de la pipeta, puntas sueltas o incorrectas, cono de fijación de puntas dañado, juntas hinchadas, fugas, anillos de sellado porosos o daños mecánicos causados por un ajuste excesivo o el uso de fuerza.

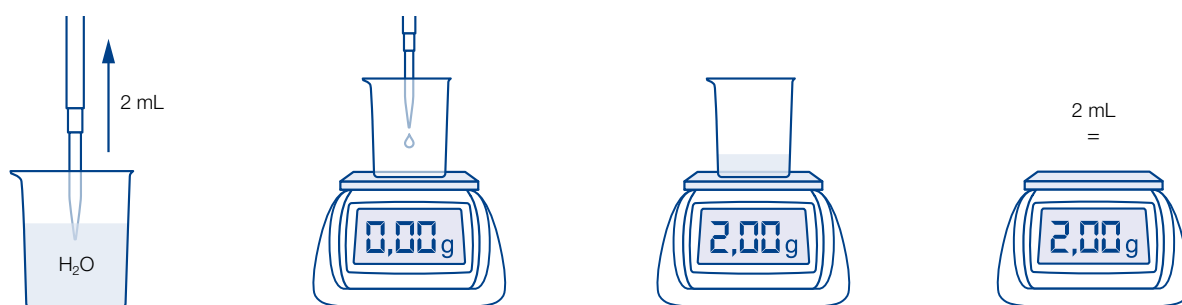


Figura 47: Calibración de pipetas

5.3.7 Tarjeta CCI 10: Ficha personal

En las nuevas leyes se ha concedido gran importancia a la formación y el perfeccionamiento profesional del personal de laboratorio. La tarjeta CCI 10 garantiza la cualificación y la formación adecuada de los usuarios para los métodos operativos utilizados.

La formación se centra en la comprensión de las relaciones analíticas, la identificación de posibles fuentes de error y la interpretación y evaluación correctas de los resultados de medición.

La formación y el perfeccionamiento profesional se pueden realizar en la empresa o mediante la participación en eventos externos, como seminarios, ferias o exposiciones.

Encontrará el programa actual de seminarios en nuestra página web: www.mn-net.com/Seminare



5.4 ¡Ayuda! Mi valor de medición no es correcto

Si hay motivos para sospechar que el valor de medición obtenido es erróneo, existen varias formas de verificarlo. A este respecto, conviene tener en cuenta las siguientes cuestiones:

Realización

- ¿Cómo se ha realizado la prueba?
- ¿Ha seguido al pie de la letra las instrucciones de la prueba?
- ¿Ha utilizado los volúmenes correctos?
- ¿Se han observado los tiempos de reacción?
- ¿Ha mantenido la temperatura de reacción adecuada?
- ¿Se ha ajustado la muestra a temperatura ambiente?

Aparatos

- ¿Qué fotómetro / bloque térmico utiliza?
- ¿Cuándo ha calibrado la última vez el fotómetro? (¡calibre el fotómetro en caso necesario!)
- ¿Qué submétodo ha ajustado?
- ¿Ha comprobado si sus pipetas funcionan correctamente? (control de volumen según lo descrito en DWA-A ⁷⁰⁴)
- ¿Alcanza su bloque térmico todavía la temperatura necesaria? (¡un aumento de 10 °C de la temperatura duplica la velocidad de reacción!)

CCI

- ¿Ha realizado una determinación doble? ¿Son comparables ambos valores?

- ¿Ha comprobado la prueba con un patrón? ¿Qué patrón ha utilizado y cuáles son los resultados?
- ¿Ha realizado una dilución/un enriquecimiento? ¿Recibe los valores previstos? (verificación de la ausencia de efectos de matriz)
- ¿Comparación con otros métodos de medición? (organismo oficial, laboratorio DIN, otro fotómetro, etc.)

Muestra

- ¿Qué tipo de muestra analiza?
- ¿La muestra tiene el mismo aspecto de siempre?
- ¿Qué aspecto tiene la muestra? (¿muestra coloreada? ¿Hay turbidez?)
- ¿Qué pH y temperatura tiene la muestra?
- ¿Cómo se ha preparado la muestra para la medición? ((filtrada, homogeneizada, conservada, etc.)
- ¿Puede haber iones interferentes en la muestra?
- ¿Qué resultado de medición espera obtener?
- ¿Por qué espera el resultado de la medición? (valores empíricos, aspecto de la muestra, etc.)

Prueba

- ¿Qué prueba está afectada?
- ¿Qué número de LOTE se utiliza?
- ¿Cuál es la vida útil de la prueba?
- ¿Tienen las cubetas o los productos químicos un aspecto diferente al habitual?

MACHEREY-NAGEL

Intervalos de medición del 20 – 80 %

Para los parámetros típicos del agua y de las aguas residuales, disponemos de una amplia gama de pruebas con distintos intervalos de medición. Para cada aplicación una prueba con el intervalo de medición óptimo. La elección de la prueba adecuada para el usuario es decisiva para un análisis satisfactorio. El intervalo de medición correspondiente se deberá seleccionar de manera que el resultado previsto se sitúe entre el 20 y el 80 % del intervalo de la prueba utilizada. En este intervalo, la fiabilidad analítica es máxima. El usuario obtiene resultados fiables y queda protegido frente a sus superiores y a las autoridades competentes.



Amonio [mg/L de NH ₄ -N]				
Amonio 3	0,04	0,49	1,85	2,30
Amonio 10	0,2	1,8	6,4	8,0
Amonio 50	1,0	8,8	32,2	40,0
Amonio 100	4	19	65	80
Amonio 200	30	56	134	160
Amonio 2000	300	560	1340	1600
DQO [mg/L de O ₂]				
DQO 40	2	10	32	40
DQO 60	5	16	49	60
DQO 60 en agua salada	5	16	49	60
DQO LR 150	3	32	121	150
DQO 160	15	44	131	160
DQO 300	50	100	250	300
DQO 600	50	160	490	600
DQO 1500	100	380	1220	1500
DQO HR 1500	20	316	1204	1500
DQO 4000	400	1120	3280	4000
DQO 10000	1000	2800	8200	10000
DQO 15000	1000	3800	12200	15000
DQO 60000	5000	16000	49000	60000
Nitrito [mg/L de NO ₂ -N]				
Nitrito 8	0,30	1,84	6,46	8,00
Nitrito 50	0,3	4,6	17,7	22,0
Nitrito 250	4	15	49	60
Nitrito [mg/L de NO ₂ -N]				
Nitrito 2	0,003	0,094	0,369	0,460
Nitrito 4	0,1	0,9	3,2	4,0
Ortofosfato y fosfato total [mg/L de P]				
Ortofosfato y fosfato total LR 1	0,05	0,14	0,41	0,50
Ortofosfato y fosfato total 1	0,05	0,34	1,21	1,50
Ortofosfato y fosfato total 5	0,20	1,16	4,04	5,00
Ortofosfato y fosfato total 15	0,30	3,24	12,06	15,00
Ortofosfato y fosfato total 45	5,0	14,0	41,0	50,0
Ortofosfato y fosfato total 50	10,0	18,0	42,0	50,0
Nitrógeno total [mg/L de N]				
Nitrógeno total TN _b 22	0,5	4,8	17,7	22,0
Nitrógeno total TN _b 60	3	14	49	60
Nitrógeno total TN _b 220	5	48	177	220

www.mn-net.com

MACHEREY-NAGEL



Management System
EN ISO 13485:2016
ISO 9001:2015

www.tuv.com
ID 0000056401



MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valencienser Str. 11 · 52355 Düren · Alemania

DE +49 24 21 969-0 info@mn-net.com

CH +41 62 388 55 00 sales-ch@mn-net.com

FR +33 388 68 22 68 sales-fr@mn-net.com

US +1 888 321 62 24 sales-us@mn-net.com

6. Bases legales

La protección preventiva de las aguas como parte del equilibrio natural, así como el aseguramiento del suministro público de agua y la gestión de las aguas residuales, son tareas fundamentales de la política medioambiental del Gobierno federal, los estados federados y municipios.

En los años de reconstrucción tras la Segunda Guerra Mundial, la protección de las aguas no pudo seguir el ritmo del crecimiento industrial, por lo que, a finales de los años 60 y principios de los 70, la contaminación de las aguas había alcanzado proporciones preocupantes.

Por ello, el Gobierno federal y los estados federados han convertido la protección de las aguas en una de sus prioridades. Gracias a una serie de medidas, se ha logrado mejorar la calidad de las aguas de forma rápida y sostenible. En particular, se obligó a los responsables industriales de la contaminación de las aguas a adoptar medidas de protección de gran alcance.

Aunque las elevadas inversiones han supuesto mejoras significativas, la protección de las aguas sigue siendo una tarea permanente. Las condiciones generales de Alemania —es decir, su ubicación geográfica en el centro de Europa, su elevada densidad de población y su alto grado de industrialización— siguen exigiendo esfuerzos especiales en materia de protección de las aguas.

Mediante los estrictos requisitos que impone la Ley alemana de tasas de aguas residuales a las plantas depuradoras municipales e industriales, el Gobierno federal ha sentado las bases para una reducción significativa de los vertidos de sustancias peligrosas y nutrientes a las aguas. Los responsables de la contaminación deberán seguir realizando grandes esfuerzos en los próximos años para alcanzar los objetivos de la Directiva Marco del Agua de la UE (DMA) y la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de la UE (DMEM). Esto se refiere, en particular, a la reducción de los importantes aportes de nutrientes procedentes de la agricultura y a la mejora de las aguas superficiales y subterráneas.

6.1 Nivel europeo

Si nos fijamos en el ámbito europeo, la Directiva Marco del Agua (DMA) es fundamental. Esta directiva establece el marco jurídico de la política de aguas en la UE. Su objetivo es orientar la política del agua hacia un uso más sostenible y ecológico. La Directiva Marco del Agua de la UE se ha transpuesto al derecho nacional mediante la Ley de Recursos Hídricos (WHG) alemana. La WHG es la ley rectora del derecho alemán en materia de aguas.

6.1.1 Directiva Marco del Agua 2000/60/CE

Los inicios de una política medioambiental europea activa se remontan al año 1973. Desde entonces se han aprobado una serie de directivas específicas sobre la protección de las aguas. Dado que en la Unión Europea se planteaban continuamente cuestiones específicas relacionadas con el sector del agua, se reconoció la necesidad de elaborar una directiva marco exhaustiva. Esta nueva directiva pretendía agrupar todas las directivas específicas en un marco global coherente.

A principios de la década de los noventa, la Comisión Europea desarrolló la idea de una directiva sobre la protección de aguas con orientación ecológica, cuyo objetivo era mejorar el estado ecológico de las aguas y lograr un uso sostenible de los recursos hídricos. Hasta 1999, la Directiva Marco se revisó y amplió en varias ocasiones, hasta que finalmente entró en vigor la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE DMA) el 22 de diciembre de 2000.

La Directiva Marco del Agua tiene los siguientes objetivos principales:

- Para el año 2015, los ríos, los lagos, las aguas subterráneas y las aguas costeras se encontrarán en «buen» estado ecológico y químico.
- La gestión de las aguas superficiales se lleva a cabo sobre la base de cuencas hidrográficas definidas.
- A partir de 2010, el servicio de abastecimiento de agua deberá cubrir los gastos y no se deberá subvencionar.

Para alcanzar los objetivos principales, la DMA impone a los Estados miembros un calendario ambicioso:

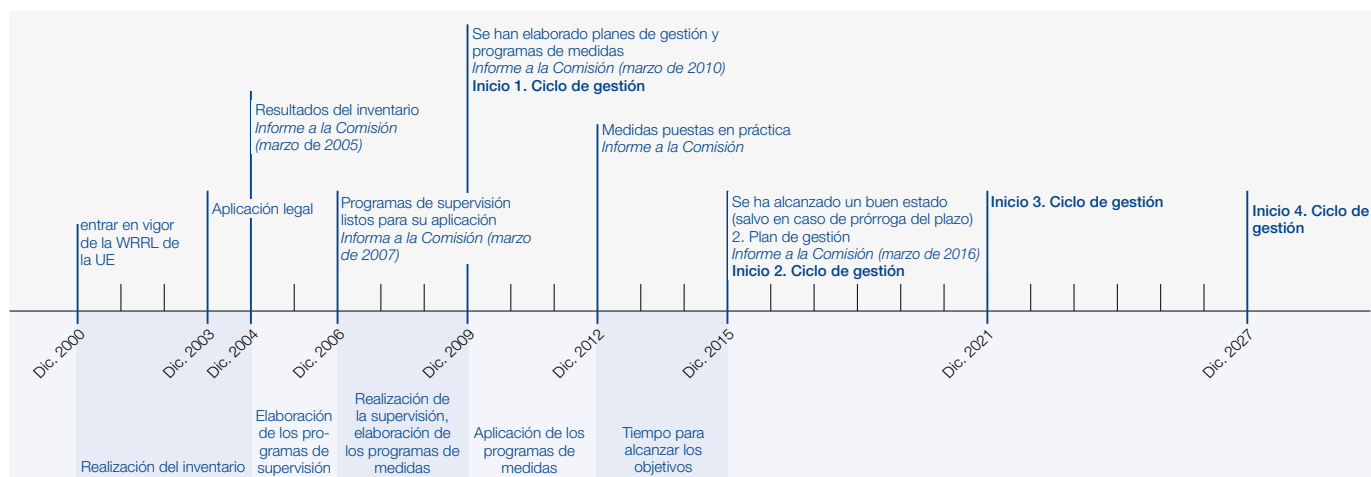


Figura 48: Calendario de la Directiva Marco del Agua de la UE

6.1.2 Otras directivas europeas pertinentes

Además de la Directiva Marco del Agua de la UE, existen muchas otras directivas europeas que revisten importancia en el ámbito del análisis del agua y de las aguas residuales. A continuación se enumeran las más importantes:

6.1.2.1 Directiva (UE) 2024/3019 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas

La Directiva de la UE 2024/3019 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (Karl, por sus siglas en alemán) se aprobó el 27 de noviembre de 2024. Sustituirá a la Directiva 91/271/CEE (Directiva sobre aguas residuales urbanas) con efecto a partir del 1 de agosto de 2027.

Su objetivo es seguir mejorando la calidad del agua y fomentar un uso más eficiente de los recursos. Por lo tanto, forma parte del Plan de Acción de la UE para la eliminación total de sustancias nocivas y concede especial importancia a la eliminación de sustancias traza, como los microcontaminantes y los microplásticos, que hasta ahora no han sido objeto de una regulación adecuada.

Un aspecto importante de la nueva directiva es la introducción de una cuarta etapa de depuración para las plantas depuradoras que superen un determinado tamaño (al menos 150 000 habitantes equivalentes). La Comisión tiene previsto hacer obligatoria esta cuarta etapa de depuración de forma gradual hasta finales de 2045 para todas las grandes plantas depuradoras. En el caso de las plantas depuradoras con una capacidad de entre 10 000 y 150 000 habitantes equivalentes, se determinará, caso por caso y mediante un enfoque basado en el riesgo, si es necesaria una cuarta etapa de depuración.

Otro objetivo importante es seguir reduciendo los aportes de nutrientes a las aguas mediante el endurecimiento de los límites máximos de nitrógeno y fósforo. En el caso del N total, el valor límite se reducirá a 8 mg/L para las instalaciones de más de 150 000 habitantes equivalentes. En el caso de las instalaciones con una capacidad de entre 10 000 y 150 000 habitantes equivalentes, se aplicará en el futuro un límite de 10 mg/L. En lo que respecta al fósforo total, los valores límite serán en el futuro de 0,5 mg/L para las instalaciones de más de 150 000 habitantes equivalentes y de 0,7 mg/L para las instalaciones de entre 10 000 y 150 000 habitantes equivalentes.

Cabe destacar especialmente la introducción de la responsabilidad ampliada del productor. En el futuro, las empresas que fabriquen productos farmacéuticos o de higiene personal estarán obligadas a asumir al menos el 80 % de los costes de las medidas de depuración adicionales en las plantas de tratamiento de aguas residuales. El objetivo es garantizar que quienes causan la carga medioambiental contribuyan en mayor medida a sufragar los costes.

Estas medidas tienen por objeto mejorar a largo plazo la calidad de las aguas superficiales y reducir la contaminación por sustancias nocivas de origen humano.

6.1.2.2 Directiva sobre emisiones industriales IED (2010/75/UE)

Esta directiva de la UE regula todo el proceso en las empresas industriales, desde la autorización hasta el cierre definitivo. Agrupa siete directivas anteriores relacionadas con las emisiones industriales (entre ellas, la Directiva IPPC 2008/1/CE).

La directiva se aprobó en 2010 y debía incorporarse a la legislación nacional antes de enero de 2013.

La Directiva sobre emisiones industriales IED (2010/75/UE) se revisó en 2024 con el fin de reforzar aún más la protección del medio ambiente y respaldar el Pacto Verde Europeo. Las modificaciones se publicaron el 15 de julio de 2024 (2024/1785/UE) y entraron en vigor el 4 de agosto de 2024. Los Estados miembros tienen ahora de plazo hasta el 1 de julio de 2026 para incorporar estas novedades a su legislación nacional.

6.1.2.3 Directiva Marco sobre la Estrategia Marina DMEM (2008/56/CE)

En el marco de la aplicación del Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente, la Comisión Europea presentó el 24 de octubre de 2005 una estrategia temática para la protección y la conservación del medio marino, junto con una propuesta de Directiva por la que se establece un marco regulador para las medidas comunitarias en el ámbito del medio marino.

El objetivo de esta Directiva es que las aguas marinas europeas (el mar Báltico, el Atlántico nororiental, el Mediterráneo y el mar Negro) alcancen un buen estado medioambiental para el año 2020.

La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina entró en vigor el 15 de julio de 2008.

Existe un calendario detallado para la aplicación de esta directiva:

Calendario	Aplicación
hasta 2010	Transposición al derecho nacional
Octubre de 2011	Inicio del proceso de participación ciudadana para los primeros informes
Julio 2012	<ul style="list-style-type: none">· Presentación de los primeros informes a la Comisión Europea· Evaluación inicial para determinar el estado actual del medio ambiente marino· Descripción de un buen estado medioambiental, establecimiento de objetivos medioambientales
hasta 2013	Publicación de información sobre áreas protegidas
hasta julio 2014	Creación y ejecución de programas de supervisión
hasta 2015	Elaboración de un programa de medidas para alcanzar o mantener un buen estado medioambiental
hasta 2016	Aplicación práctica del programa de medidas
hasta 2018	Informes intermedios sobre los programas de medidas dirigidos a la Comisión Europea
hasta 2020	Lograr un buen estado del medio marino

Tabla 19: Aplicación de la Directiva marco sobre la estrategia marina

En marzo de 2025, la Comisión Europea publicó un informe sobre los programas de medidas actualizados de los Estados miembros para la aplicación de la DMEM. El informe señala que, a pesar de las estrategias marinas desarrolladas por los Estados miembros de la UE, el uso actual de los mares europeos no es sostenible y que la presión constante sobre los ecosistemas marinos está deteriorando su estado.

Hay pendiente una revisión de la directiva actual.

6.1.2.4 Directiva sobre la calidad del agua destinada al consumo humano (98/83/CE)

La Unión Europea (UE) establece normas básicas de calidad del agua para el consumo humano.

El objetivo de la Directiva es proteger la salud humana frente a los efectos nocivos derivados del agua contaminada, garantizando su aptitud para el consumo y su pureza. La Directiva entró en vigor el 25 de diciembre de 1998.

Por medio de esta Directiva se establecen normas mínimas para el agua potable en lo que respecta a los parámetros microbiológicos, químicos y de radiactividad.

El 21 de mayo de 2001, la directiva se incorporó al derecho federal alemán mediante el Reglamento alemán sobre el agua potable (TrinkwV 2001).

6.1.2.5 Nueva normativa sobre la reutilización del agua en la agricultura (2020/741/UE)

Debido a la creciente escasez de agua y al cambio climático, la Unión Europea ha establecido nuevos requisitos mínimos para la reutilización de aguas residuales tratadas en la agricultura. Este reglamento está en vigor desde el 26 de junio de 2023 y tiene por objeto hacer un uso más eficiente de los recursos hídricos.

6.2 Ámbito nacional

En Alemania, el Ministerio Federal de Medio Ambiente (BMU) se encarga de las cuestiones fundamentales relacionadas con la gestión de los recursos hídricos, así como de la cooperación transfronteriza en este ámbito. El BMU es responsable, entre otras cosas, de la gestión de la Ley de Recursos Hídricos, la Ley de tasas de aguas residuales, la Ley de Detergentes y Productos de Limpieza, así como de la Ley Federal de Suelos y la Ley Federal de Protección de la Naturaleza. Además, el BMU supervisa la normativa de la Unión Europea en materia de protección de las aguas, las disposiciones relativas a la protección del medio marino y los convenios sobre cuencas hidrográficas en aguas transfronterizas.

En lo que respecta a la legislación sobre aguas, para la República Federal de Alemania es de especial relevancia la legislación medioambiental europea y nacional.

Debido a la estructura federal del Estado, la gestión de los recursos hídricos es competencia legislativa y administrativa de cada uno de los estados federados. Por este motivo, cada uno de los estados federados cuenta con su propia ley de aguas.




La WHG se aplica a las aguas superficiales, subterráneas y costeras.

6.2.1 Ley de ordenación de los recursos hídricos (Ley de Recursos Hídricos WHG)

Antes de la reforma del federalismo, la WHG era una ley marco del Estado federal. Mediante esta codificación, la ley marco vigente hasta entonces se convirtió en la Ley de Recursos Hídricos definitiva, que entró en vigor el 1 de marzo de 2010. La WHG se aplica a las aguas superficiales, subterráneas y costeras.

Los ámbitos de la gestión de los recursos hídricos, hasta ahora regulados en las legislaciones de los distintos estados federados, se han transferido al derecho federal mediante la reforma, y las directivas vinculantes de la UE se han transpuesto al derecho federal nacional. Además, la nueva WHG estructura y armoniza la compleja legislación alemana en materia de aguas con el objetivo de mejorar la aplicación práctica de la normativa sobre aguas.

La WHG contiene disposiciones fundamentales sobre la protección y el uso de las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Asimismo, incluye disposiciones relativas a la ordenación de las masas de agua, la planificación de la gestión de los recursos hídricos y la protección contra las inundaciones.



Por lo tanto, la nueva WHG constituye la ley rectora de la legislación alemana en materia de aguas, que ha establecido por primera vez normas uniformes a nivel federal para la gestión de aguas superficiales, aguas costeras y aguas subterráneas.

La WHG es la ley rectora del derecho alemán en materia de aguas.

Las disposiciones sobre la protección de las aguas hasta ahora muy dispersas, se han reunido y figuran ahora en la WHG, en los artículos 54 a 61. En diciembre de 2022 se modificó la WHG para aplicar los requisitos de la Directiva de la UE sobre agua potable (2020/2184/UE). Estos cambios tienen por objeto garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano y mejorar el acceso al agua potable.

6.2.2 Reglamento sobre aguas residuales alemán AbwV

El Reglamento sobre aguas residuales regula el vertido de aguas residuales en cursos de agua naturales (vertidos directos) o en redes públicas de alcantarillado (vertidos indirectos). El vertido solo se podrá realizar si la carga contaminante de las aguas residuales se mantiene lo más baja posible mediante por medio de medidas que se ajusten al estado actual de la técnica.

El Reglamento sobre aguas residuales establece los requisitos técnicos mínimos para el vertido de aguas residuales en 57 sectores. Además, se definen los requisitos relativos a la construcción, el funcionamiento y el uso de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Los requisitos se refieren al punto de vertido de las aguas residuales al curso de agua, por ejemplo, la salida de la instalación de tratamiento de aguas residuales.

El Reglamento sobre aguas residuales entró en vigor el 1 de abril de 1997, sustituyendo así al Reglamento sobre el origen de las aguas residuales, de 3 de julio de 1987, y a la Norma Administrativa Marco sobre Aguas Residuales (Rahmen-Abwasser-VwV). La última modificación del reglamento entró en vigor en marzo de 2024. En particular, introdujo modificaciones en los anexos que establecen requisitos específicos para las distintas procedencias de las aguas residuales.

6.2.3 Ley alemana de tasas de aguas residuales AbwAG

La Ley alemana de tasas de aguas residuales se publicó por primera vez en 1976 y, desde entonces, se ha ido ampliando continuamente. La última modificación entró en vigor en agosto de 2018. Con esta ley se llevó a cabo, por primera vez en la República Federal de Alemania, un intento de mejorar la protección de las aguas frente a los vertidos contaminantes mediante instrumentos de carácter económico. La Ley de tasas de aguas residuales regula, por tanto, la obligación del vertedor de pagar por el vertido de aguas residuales o aguas sucias. El importe de la tasa depende del grado de contaminación de las aguas residuales.

La Ley de tasas de aguas residuales es de aplicación directa para todos los vertedores directos.

6.2.4 Leyes sobre aguas de los estados federados

Las leyes sobre aguas de los estados federados son leyes de los respectivos estados federados de Alemania. Regulan todos los aspectos importantes relacionados con el uso y la protección de las aguas: La protección, el uso, el abastecimiento y el saneamiento del agua, así como la ordenación de las aguas. Completan y concretan las normas y leyes federales.

En virtud de la Ley de Recursos Hídricos, que entró en vigor el 1 de marzo de 2010 (y que constituye una normativa exhaustiva), los estados federados solo pueden establecer excepciones parciales en el marco de la legislación concurrente en las leyes hidrológicas regionales (LWG) y hacer uso de las cláusulas de apertura de la WHG. Anteriormente, la WHG era una ley marco que se concretaba con mayor detalle en las leyes de aguas de los estados federados.

6.3 Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA)

SGA son las siglas de Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, un sistema uniforme a nivel mundial de las Naciones Unidas para la clasificación y el etiquetado de productos químicos.

Todos los productos químicos y las mezclas de productos químicos están sujetos a la obligación de clasificación y etiquetado antes de su fabricación y envío. Todas las propiedades peligrosas de las sustancias se deben evaluar e indicar mediante símbolos de peligro, de modo que las personas y el medio ambiente estén protegidos de los efectos perjudiciales al manipular dichas sustancias.

En todo el mundo existían diferentes sistemas de clasificación y etiquetado de productos químicos. El resultado fue que una sustancia o mezcla de sustancias se clasificaba y se trataba como peligrosa en un país, pero no en otro, lo que provocaba problemas en el transporte, el comercio, entre los consumidores y en materia de seguridad y seguridad laboral. El objetivo del nuevo Reglamento SGA es armonizar los distintos sistemas a nivel mundial y, de este modo, hacer que el nivel de protección de las personas y el medio ambiente sea más transparente y comparable.

El Reglamento SGA regula a nivel mundial la clasificación y el etiquetado uniformes para la comercialización y la manipulación de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, el transporte de mercancías peligrosas y la elaboración de fichas de datos de seguridad.

6.3.1 Origen y evolución


Durante la Cumbre Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, los Estados participantes exigieron por primera vez que se introdujera a nivel mundial una armonización de la clasificación y el etiquetado de los productos químicos.

«A globally harmonized hazard classification and compatible labelling system, including material safety data sheets and easily understandable symbols, should be available, if feasible, by the year 2000» (UNCED Agenda 21, Chapter 19).» (De ser posible, para el año 2000 debería estar disponible un sistema de clasificación de peligros y etiquetado compatible a nivel mundial, que incluya fichas de datos de seguridad de los materiales y símbolos fácilmente comprensibles» (Agenda 21 de la CNUMAD, capítulo ¹⁹).

En 2003 se presentaron por primera vez los contenidos del SGA en el denominado «libro púrpura». Desde entonces se ha ido ampliando y mejorando continuamente, y cada dos años, aproximadamente, se publica una versión actualizada. Desde 2008, el nuevo sistema de clasificación y etiquetado se aplica en todo el mundo.



SGA = Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos.



Todos los productos químicos y las mezclas de productos químicos están sujetos a la obligación de clasificación y etiquetado antes de su fabricación y envío.

La incorporación del Reglamento SGA a la política europea en materia de productos químicos se reguló en el nuevo Reglamento (CE) n.º 1272/2008. Este nuevo reglamento, también conocido como Reglamento CLP (Classification, Labelling y Packaging) (Clasificación, Etiquetado y Envasado), entró en vigor el 20 de enero de 2009.

El Reglamento CLP, por ejemplo, establece los criterios según los cuales se debe clasificar una sustancia o una mezcla, pero también cómo se deben envasar y etiquetar adecuadamente las sustancias o mezclas clasificadas como peligrosas.

Sustituye progresivamente la Directiva sobre sustancias (67/548/CEE) y la Directiva sobre preparaciones (1999/45/CE) vigentes hasta la fecha. A partir del 1 de junio de 2015, estas dos directivas quedarán derogadas. Se han previsto largos plazos de transición para la adaptación a la nueva normativa. Así, el Reglamento CLP sobre sustancias es de aplicación obligatoria desde el 1 de diciembre de 2010, y para las mezclas, desde el 1 de junio de 2015.

Etiqueta	Etiquetado anterior	Nuevo etiquetado
Sustancias	Prohibido por el momento	Permitido desde el 20 de enero de 2009, obligatorio desde el 1 de diciembre de 2010
Mezclas	Válido hasta el 1 de junio de 2015 (existencias en almacén: + 2 años)	Permitido desde el 20 de enero de 2009, obligatorio a partir del 1 de junio de 2015

Ficha de datos de seguridad	Clasificación anterior	Nueva clasificación
Sustancias	Válido hasta el 1 de junio de 2015	Permitido desde el 20 de enero de 2009, obligatorio desde el 1 de diciembre de 2010
Mezclas	Válido hasta el 1 de junio de 2015	Permitido desde el 20 de enero de 2009, obligatorio a partir del 1 de junio de 2015

Tabla 20: Fases de transición según el Reglamento CLP

Hasta que venzan los plazos de transición, es posible etiquetar los productos según la antigua directiva o ya según el nuevo Reglamento CLP. Sin embargo, el doble etiquetado está prohibido y no está permitido.

6.3.2 Clases de peligro: Clasificación de las propiedades peligrosas

A diferencia de la antigua Directiva sobre sustancias, según el SGA las propiedades peligrosas se clasifican en 28 clases de peligro. Anteriormente, la evaluación se realizaba en función de 15 denominados «indicadores de riesgo». La ampliación a 28 clases de peligro permite una clasificación mucho más detallada de los riesgos. Las clases de peligro se clasifican en peligros físico-químicos, peligros para la salud humana y peligros para el medio ambiente.

Peligros	Directiva sobre sustancias Indicaciones de peligro	SGA Clases de peligro
Físico-químicos	5	16
Salud	9	10
Medio ambiente	1	2

Tabla 21: Comparación entre las características de peligro según la Directiva sobre sustancias y las clases de peligro según el SGA

Un aspecto importante es que la gravedad del peligro ya no está directamente vinculada a la característica de peligro. En cambio, las clases de peligro se subdividen en hasta cuatro categorías o subclases, o en siete tipos. El riesgo disminuye a medida que aumenta la numeración o la letra.

Por lo tanto, el mayor peligro proviene de la categoría 1. Las antiguas indicaciones de peligro «muy tóxico», «tóxico» y «perjudicial para la salud» se han incorporado, según el SGA, a la clase de peligro «Toxicidad aguda». La distinción se hace a través de las distintas subcategorías. Lo mismo se aplica a las antiguas indicaciones de peligro «altamente inflamable», «fácilmente inflamable» e «inflamable»; en el futuro se distinguirá además según el estado físico y el grado de peligro por medio de las subcategorías.

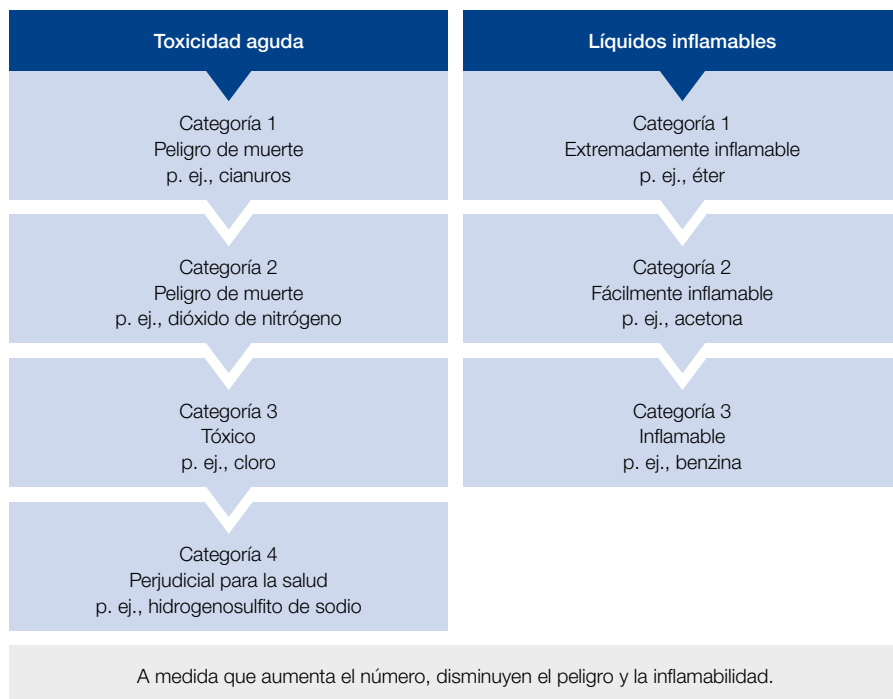


Figura 49: Relación entre la numeración y el peligro

En la tabla siguiente se indican los nombres de las distintas clases de peligro según el SGA y si se trata de un peligro físico-químico, para la salud o para el medio ambiente.

Abreviatura en inglés	Tipo de peligro	Denominación en alemán
Expl.	Peligro físico	Sustancias explosivas / mezclas y productos que contengan sustancias explosivas
Flam. Gas	Peligro físico	Entzündbare Gase (Gases inflamables)
Flam. Aerosol	Peligro físico	Entzündbare Aerosole (Aerosoles inflamables)
Ox. Gas	Peligro físico	Oxidierende (entzündend wirkende) Gase (Gases oxidantes [que provocan inflamación])
Press. Gas	Peligro físico	Gase unter Druck (Gases a presión)
Flam. Liq.	Peligro físico	Entzündbare Flüssigkeiten (Líquidos inflamables)
Flam. Sol.	Peligro físico	Entzündbare Feststoffe (Sólidos inflamables)
Self-react.	Peligro físico	Selbstzersetzliche Stoffe und Gemische (Sustancias y mezclas autodescomponibles)
Pyr. Liq.	Peligro físico	Pyrophore Flüssigkeiten (Líquidos piróforos)
Pyr. Sol.	Peligro físico	Pyrophore Feststoffe (Sólidos piróforos)
Self-heat.	Peligro físico	Selbsterhitzungsfähige Stoffe und Gemische (Sustancias y mezclas autocalentables)
Water-react.	Peligro físico	Stoffe und Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln (Sustancias y mezclas que, al entrar en contacto con el agua, desprenden gases inflamables)
Ox. Liq.	Peligro físico	Oxidierende (entzündend wirkende) Flüssigkeiten (Líquidos oxidantes [que provocan inflamación])

Abreviatura en inglés	Tipo de peligro	Denominación en alemán
Ox. Sol.	Peligro físico	Oxidierende (entzündend wirkende) Feststoffe (Sólidos oxidantes [que provocan inflamación])
Org. Perox.	Peligro físico	Organische Peroxide (Peróxidos orgánicos)
Met. Corr.	Peligro físico	Korrosiv gegenüber Metallen (Corrosivo para los metales)
Acute Tox.	Riesgo para la salud	Akute Toxizität (Toxicidad aguda)
Skin Corr. Skin Irrit.	Riesgo para la salud	Ätz-/Reizwirkung auf die Haut (Efecto corrosivo/irritante sobre la piel)
Eye Dam. Eye Irrit.	Riesgo para la salud	Schwere Augenschädigung / Augenreizung (Lesiones oculares / irritación ocular graves)
Resp. Sens. Skin Sens.	Riesgo para la salud	Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut (Sensibilización de las vías respiratorias o de la piel)
Muta.	Riesgo para la salud	Keimzellmutagenität (Mutagenicidad en células germinales)
Carc.	Riesgo para la salud	Karzinogenität (Carcinogenicidad)
Repr.	Riesgo para la salud	Reproduktionstoxizität (Toxicidad para la función reproductora)
STOT SE	Riesgo para la salud	Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition) (Toxicidad específica en órganos diana [exposición única])
STOT RE	Riesgo para la salud	Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition) (Toxicidad específica en órganos diana [exposición repetida])
Asp. Tox.	Riesgo para la salud	Riesgo de aspiración
Aquatic Acute Aquatic Chronic	Peligro para el medio ambiente	Peligroso para las aguas
Ozone	Peligro para el medio ambiente	Daña la capa de ozono; clase de peligro adicional de la UE

Tabla 22: Clases de peligro según el SGA

6.3.3 Palabras de señalización

Las palabras de señalización constituyen un nuevo elemento de etiquetado conforme al Reglamento SGA. Según el Reglamento SGA, hay dos palabras de señalización:

- PELIGRO (para categorías de peligro graves)
- ATENCIÓN (para categorías de peligro menos graves)

Las palabras de señalización indican el nivel relativo de peligro. Se debe advertir del peligro a las personas que manipulen esta sustancia o mezcla. La palabra de señalización «PELIGRO» describe los peligros graves y sustituye la indicación «ATENCIÓN» cuando concurren ambas clases de peligro o distinciones. La palabra clave «ATENCIÓN» se utiliza para las categorías de peligro de menor gravedad.

6.3.4 Pictogramas SGA

El Reglamento SGA establece nueve pictogramas de sustancias peligrosas. Estos pictogramas están representados por símbolos negros dentro de un cuadrado rojo y sustituyen a los antiguos símbolos de peligro con sus respectivas descripciones.

Pictograma	Designación	Codificación	Palabra de señalización
	Bomba que explota	SGA01	PELIGRO / ATENCIÓN
	Llama	SGA02	PELIGRO / ATENCIÓN
	Llama sobre un círculo	SGA03	PELIGRO / ATENCIÓN
	Bombona de gas	SGA04	ATENCIÓN
	Efecto cáustico	SGA05	PELIGRO / ATENCIÓN
	Calavera con huesos cruzados	SGA06	PELIGRO
	Signo de exclamación	SGA07	ATENCIÓN
	Riesgo para la salud	SGA08	PELIGRO / ATENCIÓN
	Medio ambiente	SGA09	ATENCIÓN

Tabla 23: Pictogramas según el GHS

6.3.5 Indicaciones de peligro (frases H) según el SGA

Las indicaciones de peligro (hazard statements) son comparables a las antiguas frases R de la Directiva sobre sustancias y preparaciones. Estos fragmentos de texto estandarizados describen el tipo y el grado de gravedad del riesgo. Se incluyen en la placa de identificación. Los embalajes interiores y los embalajes para productos en frascos de un volumen no superior a 125 mL y de riesgo menor no requieren indicaciones de peligro.

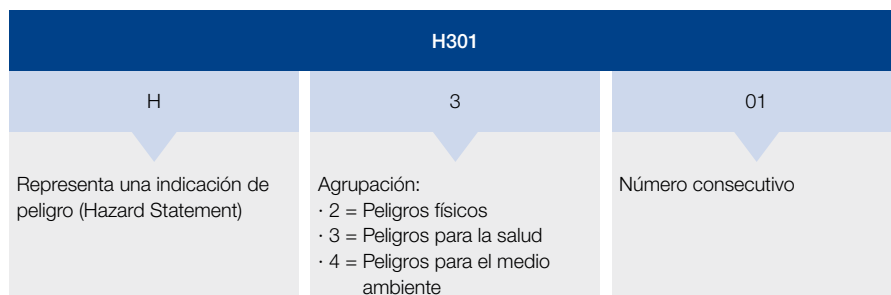


Figura 50: Composición de la frase H

Algunas frases R y otros elementos de etiquetado que no están contemplados en el SGA de la ONU se han trasladado a las frases H europeas (frases EUH) con el fin de mantener el nivel de protección de la UE. No dan lugar a una clasificación en una clase de peligro y, por lo tanto, no figuran en la sección 2 de la ficha de datos de seguridad.

6.3.6 Indicaciones de seguridad (frases P) según el SGA

A partir de estas indicaciones de seguridad (precautionary statements) se formulan las medidas recomendadas para limitar o evitar los efectos nocivos de los productos químicos durante el uso. Estos contenidos normalizados son comparables a las frases S de la Directiva sobre sustancias y preparaciones. En el anexo IV, parte 1, del Reglamento SGA se establecen los criterios para las indicaciones de seguridad. Por ejemplo, se deben utilizar como máximo seis indicaciones de seguridad, salvo que sea necesario un número mayor debido al grado de riesgo. En este caso también se aplica la normativa sobre pequeñas cantidades.

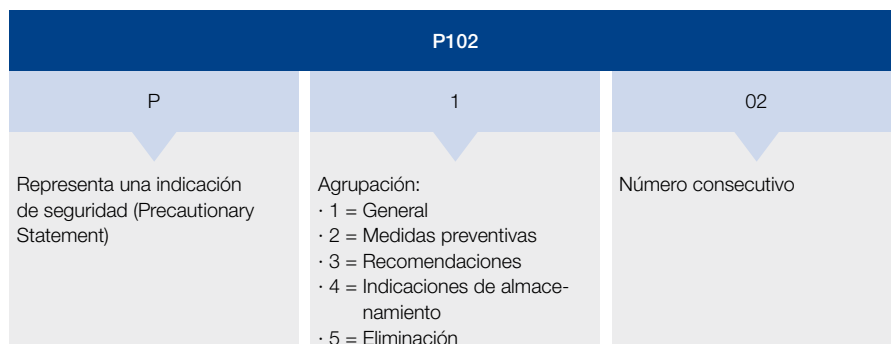


Figura 51: Composición de la frase P

6.3.7 Sistema de etiquetado

El etiquetado tiene por objeto proporcionar a las personas que manipulan una sustancia o una mezcla información sobre los riesgos asociados a ellas. La selección de los elementos de identificación se basa principalmente en los resultados de la clasificación. Cada categoría de peligro incluye un pictograma, una palabra de señalización, una frase H y varias frases P.

Sin embargo, una sustancia o una mezcla de sustancias puede presentar diferentes propiedades peligrosas. Esto significa que a una sustancia o mezcla de sustancias se les pueden asignar varias clases o categorías de peligro, lo que se indica mediante varios pictogramas, palabras de señalización y frases H y P.

Los pictogramas solo se indican una vez cada uno. Para las palabras de señalización, solo se utiliza la que tiene máxima prioridad. Las frases H siempre se indican, ya que estas indicaciones de peligro caracterizan la categoría de peligro correspondiente. En la mayoría de los casos es necesario citar un gran número de frases P. Por lo tanto, el número de frases P por sustancia o mezcla de sustancias se debe reducir, en la medida

de lo posible, a un máximo de seis. Las frases P las deben seleccionar los propios fabricantes o remitentes. Dado que no son obligatorias, las fichas de datos de seguridad de cada empresa pueden variar en este aspecto.

6.4 Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals (REACH)

REACH (Reglamento [CE] n.º 1907/2006) es un reglamento de la UE sobre sustancias químicas que entró en vigor el 1 de junio de 2007. REACH es la abreviatura en inglés de Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals (registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas).

El Reglamento REACH tiene por objeto garantizar un alto nivel de protección tanto para las personas como para el medio ambiente cuando se manejan sustancias químicas. Al mismo tiempo, REACH tiene por objeto garantizar la libre circulación de sustancias químicas en el mercado interior y, de este modo, fomentar la competitividad y la innovación.

Según el reglamento REACH, los fabricantes, importadores y usuarios deben asumir ellos mismos la responsabilidad sobre las sustancias químicas. Deben garantizar que los productos químicos fabricados y comercializados se utilicen de forma segura (principio de responsabilidad propia).

El Reglamento REACH se considera una de las legislaciones sobre productos químicos más estrictas del mundo y, al tratarse de un reglamento de la UE, es de aplicación en todos los Estados miembros.

6.4.1 ¿Por qué REACH?

El reglamento REACH se basa en la legislación anterior sobre sustancias químicas y armoniza y simplifica la normativa vigente en la materia.

Con la introducción de REACH se pretende subsanar las deficiencias de la legislación vigente en materia de productos químicos. Hasta ahora, las autoridades se encargaban de evaluar la seguridad de los productos químicos. Las deficiencias radicaban, sobre todo, en que no se disponía de información recopilada de forma sistemática sobre la peligrosidad para las personas y el medio ambiente de las sustancias químicas comercializadas antes de 1981 («sustancias existentes»). Las sustancias existentes solo se debían someter a ensayos de forma gradual, o bien cuando la evaluación de dichas sustancias realizada por las autoridades presentara lagunas o si existía la sospecha de que eran peligrosas.

Por el contrario, el registro de sustancias nuevas implicaba un procedimiento de notificación complejo, por lo que a menudo se recurría a sustancias existentes que no habían sido sometidas a pruebas suficientes. En general, el procedimiento vigente era lento y, por lo tanto, poco viable.

REACH establece un sistema uniforme: Los fabricantes e importadores que comercializan sustancias químicas están obligados a registrarlas y a evaluar los riesgos por su cuenta. El registro es necesario si se fabrica o importa al menos una tonelada al año de esa sustancia química.

Las funciones de las autoridades consisten ahora en prestar apoyo en el registro, en la verificación de los registros y en la regulación de sustancias con propiedades especialmente preocupantes o que son especialmente peligrosas para las personas y el medio ambiente.

6.4.2 Aplicación de REACH

La aplicación de REACH se lleva a cabo en tres fases:

- Registro
- Evaluación
- Autorización

6.4.2.1 Registro

La tarea principal de los fabricantes e importadores consiste en evaluar las sustancias químicas y registrarlas en la ECHA (Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas). El proceso de registro se divide en tres fases: la primera finalizó en noviembre de 2010, la segunda en noviembre de 2013 y la tercera deberá concluir a mediados de 2018.

REACH = Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals



«Sin datos no hay mercado»

Calendario	Aplicación
1 de junio de 2007	Entrada en vigor de REACH
1 de junio de 2008	Inicio del registro previo
1 de diciembre de 2008	Fin del registro previo
1 de enero de 2009	Publicación de las sustancias prerregistradas
1 de junio de 2009	La ECHA propone sustancias para el Anexo XIV
1 de diciembre de 2010	Fin del plazo de registro para <ul style="list-style-type: none"> · Sustancias ≥ 1000 t/a · Sustancias CMR ≥ 1 t/a · Sustancias peligrosas para el medio ambiente ≥ 100 t/a
1 de diciembre de 2011	Se ha finalizado el primer plan de trabajo para la evaluación
1 de junio de 2013	Fin del plazo de registro para las sustancias ≥ 100 t/a
1 de junio de 2018	Fin del plazo de registro para las sustancias ≥ 1 t/a

Tabla 24: Aplicación del Reglamento REACH

Al realizar el registro, es necesario facilitar datos suficientes para que se pueda llevar a cabo una evaluación de la sustancia. A partir de una cantidad de 10 toneladas al año, el fabricante o el importador deberá elaborar un informe sobre la seguridad química en el que se describan los riesgos y los escenarios de exposición.

La cantidad de datos que se deben presentar depende del volumen de la sustancia química fabricada o importada. Para el registro de sustancias en mezclas se aplican normas específicas.

6.4.2.2 Evaluación

Las autoridades se encargan de evaluar los registros. Para ello, la ECHA comprueba la integridad de todos los registros. Al mismo tiempo, se evalúan determinados productos químicos para detectar propiedades especialmente preocupantes, así como riesgos para las personas y el medio ambiente.

Se consideran especialmente preocupantes las sustancias (Substances of Very High Concern, SVHC) que cumplen al menos uno de los siguientes criterios:

- Cancerígena, mutágena o tóxica para la reproducción, o
- Tóxica y persistente en el medio ambiente, y que se acumula en los organismos, o
- Muy persistente en el medio ambiente y con una alta capacidad de acumulación en los organismos, o
- Propiedades preocupantes similares (p. ej., efectos hormonales)

6.4.2.3 Autorización

Las autorizaciones se refieren a sustancias extremadamente preocupantes. El objetivo de REACH es sustituir a largo plazo estas sustancias químicas por otras menos preocupantes, siempre que las sustancias alternativas sean viables desde el punto de vista económico y técnico.

En virtud del Reglamento REACH, estas sustancias peligrosas se incluyen en una «lista de sustancias candidatas», a partir de la cual la Comisión Europea establece a su vez un orden de prioridad para las sustancias sujetas a autorización. En vista de una posible sustitución por una sustancia alternativa menos peligrosa, se indica una fecha hasta la cual la sustancia aún se puede utilizar en determinados ámbitos. Además de las autorizaciones, se pueden imponer restricciones que no se refieren únicamente a sustancias extremadamente preocupantes.

7. Anexo

7.1 Tablas de conversión y unidades

Magnitud base	Símbolo matemático	Símbolo de magnitud	Unidad básica	Signo de unidad
Intensidad de corriente eléctrica	I	I	Amperios	A
Longitud	l	L	Metro	m
Intensidad lumínica	I_v	J	Candela	cd
Masa	m	M	Kilogramo	kg
Cantidad de sustancia	n	N	Mol	mol
Temperatura	T	Θ	Kelvin	K
Tiempo	t	T	Segundo	s

Tabla 25: Magnitudes base del SI y unidades

Tipo de magnitud	Magnitud física	Símbolo matemático	Magnitud	Unidad del SI	Otras unidades posibles
Energía	Trabajo Energía	W, E	$M L^2 T^{-2}$	J (Joule)	Nm (Newton metro) kWh (kilovatio hora) cal (caloría)
Superficie	Área	A, S	L^2	m^2	A (acre) ha (hectárea)
Longitud	Longitud	L	L	m	mm cm Å (Ångström)
	Diámetro	d			
	Anchura	b			
	Altura, profundidad Longitud de onda	h λ			
Potencia	Potencia	P	$M L^2 T^{-3}$	W (vatios)	PS
Cantidad de sustancia	Cantidad de sustancia	n	N	mol	val
Masa	Peso	m	M	kg	g t (tonelada)
Masa molar	Masa molar	M	$M N^{-1}$	$g mol^{-1}$	
Temperatura	Diferencia de temperatura	ΔT	Θ	K	°C °F
Volumen	Volumen, capacidad	V	L^3	m^3	l (litros)
Volumen molar	Volumen molar	V_m	$L^3 N^{-1}$	$m^3 mol^{-1}$	
Tiempo	Intervalo, duración	t	T	s	min h (hora) d (día) a (año)

Tabla 26: Magnitudes y unidades importantes

Unidades	Conversión
1 μg	$1 \times 10^{-6} g = 10^{-9} kg$
1 mg	0,001 g
1 kg	1000 g
1 mL	0,001 L = 1000 μL
1 ppb	0,001 $\mu g/mL$
1000 ppb	1 $\mu g/mL$
1 ppm	1 $\mu g/mL = 1 mg/L$
1000 ppm	1 g/L

Tabla 27: Conversiones de uso frecuente

7.2 Glosario

Glosario de análisis del agua	
A	
EAA	Espectroscopia de absorción atómica, método de análisis
Degradabilidad	El grado de descomposición, de origen biológico o químico, de los compuestos orgánicos, que se debe principalmente a los procesos metabólicos de los microorganismos.
Prueba de sedimentación, sustancias sedimentables	Determinación de las partículas en suspensión en un tiempo determinado en el embudo de Imhoff.
Absorción	General: La absorción de una sustancia. En fotometría, la luz es absorbida por una solución de color contenida en la cubeta.
Aguas residuales	Agua efluente alterada por el uso y cualquier agua que acceda al alcantarillado. Se incluyen las aguas residuales, el agua de lluvia, el agua entrante, las aguas mixtas y el agua de refrigeración.
Ley alemana de tasas de aguas residuales (AbwAG)	Ley federal de 13 de septiembre de 1976, según la cual, al verter aguas residuales en un curso de agua, se debe abonar una tasa en función del volumen y del grado de contaminación.
Acidez (Capacidad de bases hasta pH 8,3)	Grado de acidez o contenido en ácido de una solución. Aumenta a medida que aumentan los iones H_3O^+ . Expresión de la capacidad de un compuesto para liberar iones de hidrógeno. En el agua, causada por ácidos minerales y CO_2 libre.
ACRON	Programa para el análisis y la evaluación de datos históricos. También se utiliza con frecuencia en plantas depuradoras para registrar cómodamente los valores de medición o para elaborar informes mensuales y anuales destinados a las autoridades. La transferencia de los datos de medición desde los espectrofotómetros <i>NANOCOLOR</i> [®] a ACRON se realiza mediante un programa de PC.
Aerobio	Depende de la presencia de oxígeno disuelto. A menudo se refiere al metabolismo o al modo de vida de los organismos que necesitan oxígeno elemental. En el ámbito del tratamiento de aguas residuales, p. ej., el proceso de activación biológica.
Adsorción, adsorber, adsorbente	Adsorción de una sustancia en una superficie, p. ej., en carbón activo, por medio de fuerzas moleculares
Carbón activo	Carbono puro altamente poroso con una gran superficie específica (300–2000 m ² por gramo). Especialmente indicado como adsorbente. Sirve para la purificación de gases (p. ej., en equipos de protección respiratoria) o para la clarificación de líquidos.
Alcalinidad (capacidad ácida hasta un pH de 4,3)	Representa una medida de la capacidad tampón del agua. Contenido de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y sales disueltas en una solución. También es un parámetro sumario de rendimiento y de las sustancias. Si la capacidad ácida residual es demasiado baja, el pH desciende hasta el intervalo ácido.
Amonificación	Transformación de compuestos nitrogenados en amonio por bacterias
Amonio	Compuesto iónico de nitrógeno e hidrógeno (NH_4^+), en el que el nitrógeno se encuentra en el estado de oxidación -3. El amonio se encuentra en equilibrio con el amoníaco (NH_3), que es tóxico para los peces y se forma cuando el pH se vuelve alcalino.
Anaerobio	Procesos en ausencia de oxígeno
Anóxico	Procesos sin oxígeno libre, pero con oxígeno ligado
Análisis	La química analítica es una rama de la química aplicada. Se ocupa de determinar la naturaleza (análisis cualitativo) y la cantidad (análisis cuantitativo) de una sustancia o una mezcla de sustancias. Por lo general, se utilizan para ello métodos de análisis que incluyen la toma de muestras, la preparación de muestras, la separación de sustancias, la determinación y la documentación.
Análisis	Análisis sistemático en el que el compuesto químico, o la muestra, se descompone en sus componentes.
Método de análisis	Descripción completa de la aplicación de una reacción química o de un principio físico para identificar o determinar las características de una sustancia o mezcla
Procedimiento analítico	Realización de un método analítico descrito con precisión según unas normas establecidas, que puede llevar a cabo un usuario con experiencia. Los parámetros que describen un método de análisis son: Selectividad/especificidad, linealidad, solidez, recuperación y repetibilidad = requisitos para la validación.
Aniones	Átomos o grupos de átomos con carga eléctrica negativa, como por ejemplo Cl^- , ClO_2^- , CrO_4^{2-} , CN^- , F^- , NO_3^- , NO_2^-
AOX/EOX	Suma de los compuestos orgánicos halogenados adsorbibles o extraíbles que revisten especial importancia desde el punto de vista medioambiental y toxicológico.
ATP	Abreviatura de trifosfato de adenosina. Enzimas que catalizan la síntesis de difosfato de adenosina y fosfato inorgánico. Es fundamental como transportador de energía química en el metabolismo. Las mediciones del ATP se pueden realizar con el luminómetro MN.
Digestión, quím.	Proceso químico para convertir sustancias no disueltas o en forma de complejos en una forma iónica accesible para el análisis
Enriquecimiento	Término del método de adición de patrón. A una muestra real se le añade, una o varias veces, una concentración conocida de la sustancia buscada. Por medio del índice de recuperación se pueden detectar errores sistemáticos o proporcionales.

Agitación/extracción	Método para aislar una sustancia de una solución. Para ello se utiliza un disolvente orgánico que no se mezcla, o apenas se mezcla, con el disolvente original. El método de agitación se utiliza en: <ul style="list-style-type: none"> · complejos de color insolubles en agua · para aumentar la intensidad del color del complejo de color · para aumentar la selectividad de la sustancia buscada · para concentrar el complejo de color
Precipitación	Las sustancias disueltas se eliminan de una solución mediante la adición de sustancias adecuadas; p. ej., la precipitación del calcio en el análisis de metales mediante sulfato de sodio; la precipitación clarificadora de muestras que contienen nitritos mediante solución de Carrez.
B	
bar	Unidad física de presión (1 bar equivale a 10 ⁵ Pa)
Proceso de activación	Tratamiento biológico de aguas residuales en el que estas se mezclan con lodos activos y se airean. A continuación, los lodos activos se separan de las aguas residuales depuradas en el clarificador y se devuelven al tanque de activación como lodos de retorno.
Límite de determinación	Es la concentración mínima de un analito a partir de cuyo valor medido se puede concluir, con una probabilidad estadística alta, la presencia del analito. El límite de detección equivale al límite inferior del intervalo de medición.
Método operativo	Método de análisis simplificado que se puede aplicar con conocimientos básicos químico-analíticos para obtener en el futuro resultados de medición que se puedan equiparar a los de los métodos normalizados. ¡Los métodos operativos no son métodos de aproximación!
Mineralización biológica	Descomposición de la materia orgánica para formar agua, minerales y dióxido de carbono
Biopelícula	Capa o película de microorganismos en las superficies del material de soporte
Blanco	«Valor del blanco» para poner a cero un fotómetro. El blanco depende de la prueba; p. ej., una solución de muestra sin reactivos, una solución de muestra con varios reactivos, agua destilada con todos los reactivos o una solución de blanco «sintética» incluida con la prueba. En los nuevos fotómetros <i>NANOCOLOR</i> [®] , la mayoría de los blancos ya están preconfigurados.
DBO ₅	Demanda bioquímica o biológica de oxígeno (Biochemical Oxygen Demand), parámetro sumario (parámetro eficaz). Cantidad de oxígeno, expresada en mg/L de agua a 20 °C, que consumen los microorganismos en 5 días para degradar por oxidación los compuestos orgánicos/los contaminantes presentes. El valor DOB ₅ permite evaluar la carga orgánica del agua o su capacidad de degradación bioquímica aprovechable. Las aguas residuales domésticas suelen contener unos 300 mg/L de O ₂ , mientras que las aguas fluviales puras contienen entre 1 y 3 mg/L de O ₂ .
C	
Dureza carbonatada	Parte de la dureza total equivalente al hidrogenocarbonato y al carbonato presentes en el agua.
Marca CE	Marca de la UE como «pasaporte para productos industriales» o como identificación de productos industriales para la libre circulación de mercancías en el Espacio Económico Europeo (EEE). Las siglas «CE» provienen, entre otros, de la expresión francesa «Communauté européenne» y de la española «Comunidad Europea». El etiquetado no es, en sentido estricto, un indicador de seguridad o calidad. El etiquetado no está dirigido al consumidor, sino más bien a las autoridades, por lo que se trata de una marca administrativa.
Ordenanza alemana sobre la Prohibición de Sustancias Químicas (ChemVerbotsV)	Ley federal que establece las prohibiciones y restricciones a la comercialización de sustancias, preparados y productos peligrosos con arreglo a la Ley de productos químicos. La ley establece los requisitos para la certificación de competencia.
CKW	Abreviatura de hidrocarburos clorados. Compuestos orgánicos en los que uno o varios átomos de hidrógeno se han sustituido por átomos de cloro (p. ej., en disolventes, pesticidas, plásticos, etc.).
DQO (COD)	Demanda química de oxígeno (Chemical Oxygen Demand), parámetro sumario (parámetro eficaz). Parámetro determinante para el canon legal de aguas residuales. La demanda química de oxígeno es una medida de la contaminación y la oxidabilidad de los componentes, en su mayoría orgánicos, mediante el uso de dicromato potásico/ácido sulfúrico.
D	
Desnitrificación	Eliminación de nitrógeno en plantas depuradoras. Degradación biológica del nitrato, pasando por el nitrito, a nitrógeno gaseoso. El requisito para la desnitrificación es la falta de oxígeno y de compuestos orgánicos fácilmente degradables. La desnitrificación también tiene lugar en el suelo.
Detergentes, tensioactivos	Están compuestos por una parte hidrófila y otra hidrófoba, por lo que son tensioactivos que, solos o mezclados con otros compuestos, aceleran considerablemente el proceso de limpieza. Hoy en día deben ser biodegradables en las plantas depuradoras. Se distinguen 3 tipos: tensioactivos aniónicos, catiónicos y no iónicos.
DEV	Abreviatura de «Procedimiento uniforme alemán para el análisis del agua, las aguas residuales y los lodos de depuradora». Los editores son el Grupo de Trabajo de Química del Agua de la Sociedad Alemana de Químicos y el Comité de Normalización del Sector del Agua.
DIN	Instituto Alemán de Normalización
Dioxinas	«Dioxina» es un término genérico muy utilizado, aunque impreciso, que engloba 75 sustancias relacionadas. El nombre exacto es «dibenzoparadioxinas». Todas ellas comparten una estructura básica formada por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Las dibenzodioxinas cloradas se utilizan en plásticos, productos de limpieza, desinfectantes, productos fitosanitarios, barnices y pinturas. Las dioxinas son tóxicas.

Glosario de análisis del agua

Vertedores directos	Por lo general, se trata de empresas industriales mayores que cuentan con sus propias plantas de tratamiento de aguas residuales y que, con la autorización de la autoridad competente en materia de aguas, pueden verter las aguas residuales directamente en el emisario. Las plantas depuradoras también realizan vertidos directos.
DOC	DOC, <u>D</u> issolved <u>O</u> rganic <u>C</u> arbon = carbono orgánico disuelto en el filtrado (filtro de membrana con un tamaño de poro de 0,45 µm) de una muestra. Ver también TOC. La fracción disuelta del TOC corresponde al DOC.
E	
EBC	<u>E</u> uropean <u>B</u> rewery <u>C</u> onvention, Convención Europea de Cervecerías
EDTA	Abreviatura de ácido etilendiaminetetraacético, un quelante de uso común.
Límite de clasificación	Concentración límite a partir de la cual una sustancia o un preparado debe clasificarse como peligroso.
Principio de emisión	Introducido mediante la 4.ª modificación de la Ley de Recursos Hídricos de 1976. Se parte de la base de que, a partir de vertidos de aguas residuales comparables en un curso de agua, se pueden derivar requisitos de vertido comparables.
Emulsión	Producto (de partículas finamente dispersas) formado por al menos dos líquidos miscible o solo miscibles parcialmente. Distribución en forma de gotas minúsculas.
Enzimas	Fermentos, sustancias proteicas que actúan como catalizadores en prácticamente todas las reacciones químicas del organismo.
EPA	Environmental Protection Agency, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
Tratamiento inicial	Tratamiento físico o químico de las aguas residuales municipales mediante un proceso en el que se sedimentan las materias en suspensión, o mediante otros procesos en los que —en relación con los valores en la entrada— la DBO ₅ se reduce en al menos un 20 % y las materias en suspensión en al menos un 50 %. (Extracto de: Directiva del Consejo relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales)
Eutrofización	Exceso de fertilización, riqueza en nutrientes procedente de materia orgánica. Puede provocar lo que se conoce como «colapso» de una masa de agua. El resultado es la formación de lodos digeridos y de productos de descomposición con un olor pronunciado, como, p. ej., sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano. Enriquecimiento del agua con nutrientes, en particular con compuestos de nitrógeno o fósforo, lo que provoca un aumento del crecimiento de algas y de formas superiores de vida vegetal. (Extracto de: Directiva del Consejo relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales)
Absorbencia	Una medida adimensional que indica la absorbencia o atenuación de la luz en colorimetría y fotometría.
N	
Precipitación	Precipitación de sustancias disueltas en líquidos mediante la adición de sustancias adecuadas, así como por medio de calor y frío. De este modo, las sustancias disueltas se transforman total o parcialmente en un precipitado insoluble, que posteriormente se puede separar mediante filtración o centrifugación.
CFC	Los clorofluorocarburos son químicamente muy estables y no son inflamables. Destruyen la capa de ozono en la estratosfera, donde se acumulan debido a su larga vida media.
Floculación	Agrupación de partículas en suspensión, desde partículas de grano fino hasta coloidales, en sistemas acuosos para formar copos de mayor tamaño. La floculación se consigue mediante floculantes. El objetivo de la floculación es facilitar la separación de los sólidos.
FNU	FNU, <u>F</u> ormazine <u>N</u> ephelometric <u>U</u> nit = unidad de turbidez, determinada mediante la medición de la intensidad de la radiación difusa en un ángulo de 90° con respecto a la trayectoria de la luz incidente, utilizando una solución acuosa de formacina para la calibración. Según la norma DIN EN 27027 (03/94), se denomina «unidad de nefelometría con formacina». La turbidez de una solución madre especificada es de 400 FNU.
Carga	Cantidad absoluta de una sustancia contaminante en una unidad de tiempo especificada.
FAU	FAU, <u>F</u> ormazine <u>A</u> tenuation <u>U</u> nit = unidad de atenuación de formacina
G	
Precisión	Suma de exactitud y precisión. Medida de la proximidad del valor medido al valor «real». En principio, la exactitud de los resultados de las mediciones depende de la precisión del método de medición. El número de decimales de una indicación digital no es un indicador de precisión; debe limitarse al mínimo justificado.
Metal total	Suma de todos los compuestos químicos de un metal, incluidas las fracciones ionógenas, complejas, coloidales o no disueltas
Nitrógeno total	Se define de diversas maneras. En general, la suma de nitrógeno orgánico, amonio, nitrato y nitrito. En la legislación sobre aguas residuales, el nitrógeno orgánico solo se ha incluido de forma parcial.
Calidad de las aguas	Clasificación de las aguas desde el punto de vista biológico. Actualmente se suelen distinguir 4 niveles: Nivel de calidad 1: sin contaminar o poco contaminada Nivel de calidad 2: moderadamente contaminada Nivel de calidad 3: muy contaminada Nivel de calidad 4: extremadamente contaminada
SGA	Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA, <u>S</u> istema <u>G</u> lobalmente <u>A</u> rmonizado de clasificación, etiquetado y envasado)
Grado de dureza alemán	1 °d = 17,8 mg/L de CaCO ₃ = 10 mg/L de CaO = 7,15 mg/L de Ca = 0,18 mmol/L de CaCO ₃
H	
Frase H	Las frases H indican los peligros (en inglés, «hazard»).

Glosario de análisis del agua

Valor máximo	Según el artículo 4 de la Ley alemana de tasas de aguas residuales AbwAG, el valor que no se debe superar en ningún caso. Ver también «valor normal», «valor de referencia».
Homogeneización	Elaboración de una mezcla uniforme (homogénea). Requisito indispensable para obtener resultados reales y comparables. La norma DIN 38402 establece, p. ej., la homogeneización del agua heterogénea.
Sustancias húmicas (SH)	Mezclas de múltiples componentes en las que se desconoce tanto el número de componentes como la estructura exacta. Para el registro se deben utilizar parámetros sumarios, como el DOC o las adsorbencias UV. Las sustancias húmicas tienen propiedades polares y una estructura macromolecular. A veces son las responsables del color amarillento-marrón del agua. La mayor parte de las sustancias orgánicas presentes en los suelos, los sedimentos, las aguas y los mares se atribuye a las sustancias húmicas. Las sustancias húmicas interactúan con prácticamente todas las sustancias orgánicas e inorgánicas.
Hidrófilo	Atrayente del agua (del griego «hydro» = agua y «philos» = amante)
Hidrófobo	Repelente del agua (del griego «hydro» = agua y «phobas» = temor)
Hidróxidos	Todos los hidróxidos están formados por el ion hidróxido (OH ⁻) como componente negativo y una contraparte positiva (p. ej., Na ⁺). En agua, los hidróxidos solubles presentan un carácter fuertemente básico.
I	
Vertedores indirectos	Por lo general, empresas industriales menores. En primer lugar, vierten sus aguas residuales al alcantarillado municipal y, a continuación, a través de una planta depuradora, al emisario. Los vertedores indirectos están sujetos al reglamento municipal de uso de la red de alcantarillado, que a su vez puede establecer valores de referencia, límite o de control para la limitación de contaminantes.
Control de calidad interno (CCI)	Medidas de aseguramiento de calidad que el usuario de un método operativo puede o debe llevar a cabo por sí mismo.
Tarjeta CCI	Documentación de todas las medidas de aseguramiento de calidad
ISO	Organización internacional de normalización
K	
Calibrar	Determinación de la función analítica teniendo en cuenta el instrumento utilizado y la matriz de muestra para el método establecido. La calibración solo es válida para el ámbito de aplicación del procedimiento descrito. La verificación de instrumentos de medición para los que no existen requisitos legales, p. ej., para el aseguramiento de la calidad en el marco de la norma DIN EN ISO 9001. Para realizar una calibración es necesario disponer de un patrón de orden superior. Detección de desviaciones con respecto a un patrón de referencia correcto conocido, con protocolización.
Sustancias cancerígenas	Sustancias que provocan cáncer
Cationes	Átomos o grupos de átomos con carga eléctrica negativa, como por ejemplo K ⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺
Nitrógeno Kjeldahl	Suma de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal
Lodo de depuradora	Lodos generados durante el tratamiento de aguas residuales. Se pueden escurrir y secar. Para la aplicación en suelos agrícolas y forestales se aplica el Reglamento alemán sobre lodos de depuradora. Lodos tratados o sin tratar procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. (Extracto de: Directiva del Consejo relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales)
Reglamento alemán sobre lodos de depuradora	Base jurídica del 15 de abril de 1992, que regula el uso de lodos de depuradora en suelos agrícolas, forestales o de jardinería.
Coloides	Partículas (partículas o gotitas) finamente dispersas en el medio de dispersión (sólido, gas o líquido). Las partículas individuales tienen un tamaño que oscila entre nanómetros y micrómetros.
Colorimetría	Método de análisis que permite determinar los valores de medición mediante una comparación visual de colores en condiciones de luz natural. General: Determinación de la concentración de sustancias coloreadas en soluciones mediante mediciones comparativas de absorción de luz
Comparador	Recipiente de ensayo para la evaluación visual del desarrollo del color. Mediante la comparación con una escala de colores estándar, se puede asignar un valor de medición.
Aguas residuales municipales	Aguas residuales domésticas o una mezcla de aguas residuales domésticas e industriales. (Extracto de: Directiva del Consejo relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales)
Quelantes	Reactivos que forman compuestos estables con la mayoría de los metales pesados, como el EDTA, el NTA, etc.
Agua regia	El agua regia se compone de 1 parte de ácido nítrico concentrado y 3 partes de ácido clorhídrico concentrado. El agua regia disuelve incluso el oro, el «rey» de los metales, así como el platino. La digestión con agua regia se utiliza, entre otras cosas, para el análisis de metales pesados y lodos de depuradora.
Contaminación	Contaminación por sustancias radiactivas, químicas o microbianas
Concentración	La concentración másica (masa en relación con un volumen), p. ej., mg/L o g/L, se indica con «β». La concentración molar (molalidad), por ejemplo, mol/L o mmol/L, se indica con «c». Aunque «β» es la notación correcta para la concentración másica, a menudo se utiliza de forma simplificada «c» como símbolo matemático.
Valor de corrección	En fotometría, el color inherente y la turbidez provocan una mayor adsorbencia y, por lo tanto, un falseamiento del valor de medición. Esta desviación se compensa con el valor de corrección. Los valores de corrección dependen de los parámetros. Encontrará más información en los manuales de los fotómetros.
Cubeta	Recipiente de ensayo en el análisis del agua, p. ej., en fotometría. Hay cubetas redondas y rectangulares fabricadas en distintos materiales y de diferentes tamaños.

Glosario de análisis del agua

Tamaño de cubeta	Término que designa el diámetro interior de la cubeta utilizada; el diámetro interior suele ser de 14 mm en las cubetas redondas y de 5, 10, 20 y 50 mm en las cubetas rectangulares.
Pruebas con cubetas	Cubetas en las que, por lo general, los reactivos necesarios ya están predosificados, lo que permite una evaluación muy rápida. Especialmente fáciles de usar
L	
Estabilidad a largo plazo	Datos técnicos de los fotómetros. Incluye una posible desviación en la precisión de la indicación, debida a factores técnicos del aparato y del sistema, durante el funcionamiento continuo. El valor se expresa normalmente en E/h (adsorbencias por hora). Hoy en día, los valores típicos son de aprox. < 0,003 E/h.
CL (CL ₅₀)	Concentración letal (mortal) con la que falleció el 50 % de los animales de laboratorio. Formato de los ensayos de toxicidad aguda (p. ej., CL ₅₀ inhal.)
DL (DL ₅₀)	Dosis letal (mortal) con la que, tras una única ingestión por vía oral (faringe), falleció, p. ej., el 50 % de los animales de laboratorio. Formato de presentación de los resultados de los ensayos de toxicidad aguda (p. ej., DL ₅₀ oral)
Conductividad, eléctrica	Propiedad de una sustancia que permite el flujo de portadores de carga eléctrica (electrones libres o enlazados, iones positivos o negativos). Es una medida de la cantidad de iones que contiene el agua. Cuanto mayor sea el número de iones, mayor será también la conductividad. La medición de la conductividad permite determinar el contenido de sal del agua. La unidad de medida es Siemens/metro [S/m].
Solución	Mezcla homogénea (de naturaleza uniforme) de diferentes sustancias, en la que la interpenetración y la disolución mutuas llegan, por lo general, hasta el nivel de moléculas, átomos o iones (solución verdadera).
Liofilización	Deshidratación por congelación de reactivos. Los liofilizados presentan excelentes propiedades de disolución.
M	
MAK	Concentración máxima de una sustancia en el aire del lugar de trabajo a la que, por lo general, no se ve afectada la salud de los trabajadores.
Enmascarador	Reactivos que se pueden utilizar específicamente en las pruebas para ligar (enmascarar) sustancias interferentes. Una sustancia enmascarada también se puede volver a desenmascarar. Ejemplo: Enmascaramiento de Zn ²⁺ por CN ⁻ como Zn(CN) ₄ ²⁻ ; liberación mediante hidrato de cloral
Masa	Magnitud física básica expresada en kilogramos.
Interferencias de matriz	Suma de todos los componentes que influyen en la reacción química y, por lo tanto, de forma positiva o negativa en el resultado de la medición.
MBAS	Sustancias sensibles al azul de metileno. La norma DIN 38409 establece este requisito para los tensioactivos aniónicos.
Intervalo de medición	Intervalo de medición especificado de un procedimiento analítico en el que no se supera una desviación determinada de la indicación de la concentración. Fuera del intervalo de medición, se puede reaccionar por medio de la selección de otra cubeta, la selección de una relación de dilución, el enriquecimiento de los componentes buscados o la elección de otra prueba.
Mineralización	Descomposición de sustancias orgánicas, principalmente por medio de microorganismos, en sustancias inorgánicas. En química, este término también se utiliza para referirse a la conversión de compuestos orgánicos en compuestos inorgánicos.
mol	Unidad de cantidad de sustancia n
Masa molar	Cociente entre la masa m y la cantidad de una sustancia: La unidad del SI es kg/mol; en química se suele utilizar g/mol. La masa molar de un compuesto se puede calcular si se conoce su fórmula molecular.
N	
Límite de detección	Concentración mínima de un analito a partir de cuyo valor medido se puede concluir, con una probabilidad estadística alta, la presencia del analito.
Índice de carga de nutrientes (ICN)	El consumo de oxígeno en las aguas provocado por los nutrientes (principalmente fosfatos y nitratos). Los nutrientes favorecen la eutrofización. Desde el punto de vista científico, los fosfatos contaminan las aguas siete veces más que los nitratos. Complementa el sistema de clasificación de los niveles de demanda de oxígeno; actualmente se han establecido cinco niveles.
NANOCOLOR®	Denominación del sistema de análisis fotométrico de MACHEREY-NAGEL
NANOCONTROL	Producto para el aseguramiento de calidad en MACHEREY-NAGEL, p. ej. soluciones de patrón
NANOFIX	Reactivo liofilizado en cápsulas de plástico. NANOFIX posee excelentes propiedades de disolución y se puede dosificar con máxima precisión.
NANOCOLOR® NanOx	Reactivo sólido para realizar digestiones en un bloque térmico o en el microondas
Nefelometría	Medición óptica de la turbidez causada por partículas en suspensión en líquidos y gases, también conocida como turbidimetría.
Sin difusión	Denominación de una propiedad de las tiras reactivas. En las tiras indicadoras pH-Fix, los colorantes indicadores están fijados a la fibra de celulosa, de modo que no se «difunden» ni siquiera en soluciones muy alcalinas.
Nitrificación	Oxidación del nitrógeno. Degradación biológica del amonio a través en nitrato, pasando por el nitrito, con un aporte abundante de oxígeno en las plantas depuradoras. Se produce la transformación de NH ₄ ⁺ en NO ₂ ⁻ (nitrificación) y NO ₂ ⁻ en NO ₃ ⁻ (nitratación) bajo la acción de los géneros bacterianos (nitrificantes) <i>Nitrosomonas</i> y <i>Nitrobacter</i> .

Glosario de análisis del agua

NTU	NTU, nephelometric turbidity unit = unidad de turbidez nefelométrica. En mediciones con unidades superiores a 1000 FNU, es necesario incorporar detectores de luz difusa adicionales (con ángulos de medición superiores e inferiores a 90°) para obtener un resultado de medición preciso. Debido a este modo de medición modificado, la unidad de medida de la formacina, como solución patrón, se denomina NTU.
O	
Método en línea	Sistemas de medición y registro continuos. Hoy en día están automatizados y se utilizan preferentemente en instalaciones a gran escala.
P	
Frase P	Las frases P (Precautionary Statements) proporcionan indicaciones de seguridad
HAP	Abreviatura de «hidrocarburos aromáticos policíclicos». La sustancia de referencia es el benzo(a)pireno, un compuesto cancerígeno. La determinación se realiza mediante cromatografía.
Pascal	Unidad de medida de presión. Un pascal es la presión que ejerce una fuerza de un newton sobre una superficie de un metro cuadrado.
Análisis paralelo	Análisis paralelo de una muestra dividida mediante métodos operativos y de referencia
PBT	Abreviatura de «persistente, bioacumulativo, tóxico». Con ella se designan sustancias químicas especialmente peligrosas.
PCB	Abreviatura de «bifenilos policlorados», para los que se ha demostrado un efecto cancerígeno. Los PCB se encuentran, entre otros, en refrigerantes, líquidos hidráulicos y aceites. Los PCB son bastante estables desde el punto de vista químico y térmico.
PCP	Pentaclorofenol, un producto eficaz para proteger los materiales (especialmente la madera) contra el moho y la putrefacción. Actualmente está prohibido como producto para la protección de la madera.
Pesticidas	Término que designa los productos fitosanitarios y los plaguicidas.
pH	Logaritmo decimal negativo de la concentración de iones de hidrógeno (o, mejor dicho, de la actividad de los iones de hidrógeno). A partir del pH se puede calcular la concentración de iones de hidrógeno e hidróxido. Numerosas pruebas fotométricas dependen en gran medida del pH. Entre cada valor entero del pH hay una potencia de diez en la concentración de iones de hidrógeno.
Índice de fenol, total	Parámetro sumario. En condiciones de reacción adecuadas, los fenoles se acoplan para formar colorantes azoicos, que se analizan mediante fotometría.
Fotometría	Método analítico para determinar la concentración de soluciones coloreadas por medio de la luz. Medición de la absorción de la radiación monocromática por una solución coloreada.
Exactitud y reproducibilidad fotométricas	Datos técnicos de los fotómetros. De este modo se registran las posibles desviaciones del fotómetro en mediciones repetidas (utilizando un patrón y un intervalo de longitudes de onda determinado). La indicación se realiza en tantos por ciento (%). En la actualidad, los valores típicos son inferiores al 1 %.
POC	Abreviatura de ácido polioxicarboxílico. Los ácidos polioxicarboxílicos se utilizan como inhibidores en el tratamiento del agua.
ppm	Abreviatura de «partes por millón»; en soluciones, equivale a la unidad de medida mg/L o g/m ³ . 1 ppm significa «una partícula por cada millón de partículas».
Precisión	Medida de la concordancia entre los resultados, como se obtiene al repetir la aplicación (medición repetida) (dispersión). Indica el grado de reproducibilidad de un resultado analítico, pero no constituye una magnitud de medición. La precisión se expresa mediante indicadores estadísticos. El coeficiente de variación del procedimiento es un indicador de precisión de este tipo.
Sustancias prioritarias	Las sustancias prioritarias son aquellas que suponen un riesgo considerable para el medio acuático. El peligro que plantean estas sustancias radica, por un lado, en sus efectos ecotoxicológicos y toxicológicos para el ser humano y, por otro, en su amplia difusión y contaminación de las aguas. En la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea se propone al efecto una «lista de sustancias prioritarias».
Sustancias peligrosas prioritarias	Subgrupo de la lista de sustancias prioritarias con un mayor potencial de riesgo
Toma de muestras	El primer paso, y el más importante, para identificar un ingrediente. Influye de manera decisiva en la exactitud del resultado del análisis, ya que los errores cometidos en esta fase son «de una magnitud» muy superior a los de los pasos posteriores. Hoy en día se exige cada vez más una toma de muestras específica para cada parámetro.
Conservación de muestras	Medida destinada a evitar en gran medida que los parámetros sigan variando debido a procesos químicos y bacteriológicos. Se realiza en función de parámetros específicos y su importancia aumenta a medida que se profundiza en los intervalos de trazas del análisis. No todos los parámetros se pueden conservar adecuadamente, por lo que el análisis se deberá realizar lo antes posible.
Porcentaje (%) como indicación de concentración	Indica la relación de peso entre dos o más sustancias entre sí. El 100 % equivale a 1 000 000 ppm; por lo tanto, el 1 % equivale a 10 000 ppm, y el 0,01 % a 100 ppm.
PNOC	Particulates not otherwise classified = partículas no clasificadas de otro modo
Capacidad tampón	La capacidad tampón se refiere a la estabilidad del pH de una solución si se le añaden bases o ácidos fuertes.
Tamponación	Sustancias químicas que proporcionan una cierta estabilidad del pH. Los tampones más comunes son los acetatos, los fosfatos y los citratos.
Q	

Glosario de análisis del agua

Aseguramiento de calidad	Sistema para verificar el modo de trabajo individual en la realización de análisis, así como el de los aparatos y reactivos. Permite detectar o localizar errores. Ver <i>NANOCNTROL</i>
R	
REACH	REACH = Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals Español: Registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas. Simplifica la legislación sobre productos químicos y es válida en todos los Estados miembros de la UE
Valor normal	De conformidad con el artículo 4 de la Ley alemana de tasas de aguas residuales AbwAG, el valor de referencia es el valor que se debe mantener en promedio. Si el valor de referencia es mayor o igual a la mitad del valor máximo, se utilizará como valor de referencia.
Recalibrar	Determinación de la función de evaluación del método de análisis en el momento actual de la medición. Control de la calibración teniendo en cuenta los productos químicos utilizados (blanco) y una matriz sintética (blanco), así como el estado del aparato
Exactitud	Desviación entre el valor analítico y el valor «real». La desviación con respecto al valor «real» de un análisis debería ser lo más reducida posible.
Lodo sin tratar	Los lodos sin tratar son lodos de depuradora que se extraen de las plantas de tratamiento de aguas residuales sin tratamiento previo – Reglamento alemán sobre lodos de depuradora.
S	
Nivel de demanda de oxígeno (SBS)	El nivel de demanda de oxígeno evalúa la contaminación orgánica residual presente en las aguas residuales depuradas. Los parámetros importantes son la demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ , la demanda química de oxígeno DQO y el nitrógeno amoniacal NH ₄ -N.
Capacidad ácida	La capacidad ácida se define como la cantidad de ácido clorhídrico que se puede añadir a una muestra hasta alcanzar un pH de 4,3 (a menudo abreviado como K _{sd,3}). Este término se aplica principalmente a las aguas que contienen sustancias con escaso poder tampón, como iones de fosfato, amonio y sulfuro, o partículas calcáreas. También se utiliza el término obsoleto «capacidad ácida» o «capacidad de fijación de ácidos»; nuevo término: acalinidad
Prueba de cribado	Prueba preliminar (prueba de selección) para una clasificación preliminar
Sedimentación	Sedimentación de partículas sólidas en una suspensión, provocada por la mayor densidad y la fuerza de la gravedad del sólido. Se establece un equilibrio de sedimentación y una distribución en altitud específica de las partículas.
Selectividad	En reacciones analíticas: Término que designa el número limitado de sustancias reactivas. Se habla de una reacción específica cuando solo reacciona un compuesto. La selectividad se puede aumentar por medio de la adición de enmascarantes.
Unidad del SI	Sistema Internacional de Unidades o SI (del francés <i>Système international d'unités</i>): sistema de unidades para magnitudes físicas
Lixiviados	En general, el agua de lluvia que se filtra a través de las capas permeables del suelo. En los vertederos, el agua que se acumula sobre la capa impermeabilizante se denomina «agua de infiltración». Se forma por precipitaciones y el drenaje residual de los residuos depositados.
Sedimentos	Sustancias sólidas presentes en el agua que, tras una cierta fase en suspensión, se depositan en el fondo.
Análisis de trazas	En fotometría, actualmente el intervalo es de aproximadamente $\geq 0,001$ mg/L, determinable mediante el uso de cubetas rectangulares
Patrón	Solución de muestra con un contenido exacto conocido de un componente. La concentración se suele situar aproximadamente en la mitad del intervalo de una prueba.
Adición de patrón	Procedimiento para detectar errores proporcionales en un análisis seleccionado. Principio: Enriquecimiento y determinación de la tasa de recuperación
Estado actual de la técnica	El Gobierno federal y los estados federados entienden por ello el nivel de desarrollo de los procedimientos, instalaciones y modos operativos avanzados que parecen garantizar la mejor limitación posible de las emisiones para la protección de las aguas, sin que ello suponga repercusiones perjudiciales para el medio ambiente.
Parámetros del nitrógeno	Compuestos importantes presentes en el agua potable y en las aguas residuales que contienen nitrógeno; p. ej., nitrato, nitrito, amonio y compuestos orgánicos de nitrógeno
Cantidad de sustancia	La magnitud básica del SI indica el número de partículas de una sustancia.
Parámetro sumario	Parámetros sumarios de rendimiento y de las sustancias, p. ej., DQO como suma de todos los componentes oxidables (que consumen oxígeno) presentes en el agua, DBO ₅ , TOC, AOX, etc.
Suspensión	Del latín «suspendere» (colgar, mantener en suspensión). Sistema disperso (muy finamente distribuido) de sustancias no disueltas (sólidas) en líquidos: Clasificación en suspensiones finas (< 100 μ m) y gruesas (> 100 μ m)
T	
TE/F	Unidad de turbidez formacina (ver «FAU/FNU»)
Tensioactivos	Ver «Detergentes»
Titulación	Método analítico para determinar el contenido de una sustancia determinada en una solución
Transparencia	Entre otras cosas, un término utilizado en fotometría. La relación entre las intensidades luminosas del rayo saliente y el incidente se denomina transmitancia o transparencia T. La transparencia de una solución resulta de la diferencia del 100 % menos la absorción.

Glosario de análisis del agua

Trofia	Grado de abastecimiento de un ecosistema con nutrientes disponibles. Oligotrófico: bajo aporte de nutrientes; mesotrófico: aporte medio de nutrientes; eutrófico: buen aporte de nutrientes
TC	TC, <u>T</u> otal <u>C</u> arbon = carbono total: la suma del carbono en forma orgánica e inorgánica presente en una muestra de agua, tanto en compuestos disueltos como en compuestos no disueltos.
TIC	TIC, <u>T</u> otal <u>I</u> norgánico <u>C</u> arbon = carbono inorgánico total compuesto por dióxido de carbono disuelto, hidrogenocarbonato y carbonato en suspensión.
TOC	TOC, <u>T</u> otal <u>O</u> rgánico <u>C</u> arbon = carbono total ligado orgánicamente, disuelto y no disuelto. Valor de referencia para el contenido total de compuestos orgánicos; la fracción disuelta corresponde al valor de DOC.
Toxicidad	Se denomina toxicidad a la capacidad de determinadas sustancias o radiaciones para causar efectos nocivos en personas, animales y plantas. Se expresa, p. ej., mediante la concentración eficaz DL ₅₀ (dosis letal), la concentración letal CL ₅₀ o la concentración efectiva CE ₅₀ . Se distingue entre toxicología aguda (una sola ingesta provoca el efecto tóxico), toxicología subaguda (el efecto tóxico se manifiesta solo tras una ingesta repetida durante determinados períodos de tiempo) y toxicología crónica (efecto tóxico a lo largo de períodos prolongados).
TRK	Concentración técnica de referencia: concentración de una sustancia en el aire del lugar de trabajo que se puede alcanzarse con los medios técnicos disponibles.
TS	Abreviatura de «residuo seco de lodos» en el análisis de lodos de depuradora. La indicación se realiza en mg/kg de TS.
TTC	Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio. Base de la prueba NANOCOLOR® TTC
Método TTC	Determinación de la actividad de la deshidrogenasa (DHA). Método de análisis para determinar la actividad del lodo. Conversión del cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio incoloro en 1,3,5-trifenilformazán de color rojo intenso. Este método permite, p. ej., extraer conclusiones sobre posibles alteraciones en el funcionamiento biológico de una planta depuradora.
U	
Análisis medioambiental	Conjunto de todos los métodos analíticos para la determinación objetiva de los impactos ambientales de todo tipo
Número UN	Número de la lista de todas las mercancías, sustancias y grupos de sustancias peligrosas elaborada por una comisión de expertos de las Naciones Unidas
UV/VIS	Espectroscopia UV-VIS (abreviatura de «ultraviolet and visible spectroscopy») en el intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 1 a 400 nm
V	
Validación	«Validar» se deriva de «validus» (lat.), y «validum facere» significa «hacer válido». La norma de terminología DIN EN ISO 8402:1995 (apartado 2.18, pág. 14) establece lo siguiente sobre la validación: «Confirmar, mediante análisis y la presentación de pruebas, que se han cumplido los requisitos específicos para un uso concreto previsto». Verificación y documentación de que los aparatos y sistemas funcionan correctamente. Prueba documentada de la aptitud para desempeñar determinadas tareas
Datos característicos del proceso	Parámetros que permiten evaluar la precisión y la exactitud de un procedimiento.
Desviación estándar del proceso	Medida absoluta de la precisión. Medida de dispersión de un método de análisis
Coefficiente de variación del procedimiento	De acuerdo con la norma DIN 38402 (A 51 - Calibración de métodos analíticos), el coeficiente de variación del procedimiento V _{XD} representa una desviación estándar relativa del proceso con respecto al valor medio. Indica el nivel de precisión que puede alcanzar una prueba analítica. Las pruebas que funcionan excepcionalmente bien disponen de un coeficiente de variación del procedimiento en torno al 1 %.
Medición comparativa	Análisis comparativo de una muestra realizado por otros usuarios o mediante otros métodos analíticos
Intervalo de confianza	Se indica cuando se utilizan soluciones patrón. A pesar de las diferencias en los métodos de trabajo, la temperatura, las ligeras variaciones en el ajuste de los instrumentos de laboratorio y otras influencias, la concentración determinada se debe situar dentro del intervalo de confianza (intervalo de medición tolerable).
Principio de «quien contamina paga»	Término de uso frecuente en la modificación de leyes. En esencia, lo que dice es que quien contamine el medio ambiente debe pagar por ello.
VISOCOLOR®	Sistema de análisis colorimétrico y titrimétrico de MACHEREY-NAGEL, que en algunos casos también se puede evaluar por fotometría.
VIS	Visible spectroscopy = espectroscopia en el intervalo rango de longitudes de onda visible, aproximadamente de 350 a 700 nm.
W	
Dureza del agua	Contenido de sales de calcio y magnesio (iones alcalinotérreos) en el agua. Se puede distinguir entre dureza de cal y dureza de magnesio. Dureza de cal y de magnesio = dureza total Valores de referencia: · 3 °d = agua blanda · 14 °d = agua de dureza media · 21 °d = agua muy dura
Ley de Recursos Hídricos (WHG)	Ley rectora de la Federación en materia de derecho medioambiental / derecho de protección de las aguas. A esta ley le siguen las leyes sobre aguas de cada uno de los estados federados, que a su vez sirven de base para otras leyes.

Glosario de análisis del agua

WGK	Clases de riesgo para el agua, clasificadas en Alemania del 0 al 3: <ul style="list-style-type: none">· WGK 3 = sustancias altamente peligrosas para el agua· WGK 2 = sustancias peligrosas para el agua· WGK 1 = sustancias poco peligrosas para el agua· WGK 0 = sustancias no peligrosas para el agua
Z	
Preparación	La Ley de productos químicos (modificada en última instancia en junio de 2014) define los preparados como «mezclas, combinaciones o soluciones compuestas por dos o más sustancias».
Segundo tratamiento	Tratamiento de aguas residuales mediante una etapa biológica con un estanque clarificador u otro proceso que cumpla los requisitos (Extracto de: Directiva del Consejo relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales)

7.3 Bibliografía

1.º capítulo

- Manual de instrucciones del espectrofotómetro *NANOCOLOR*[®], páginas 31 – 32, Düren, enero de 2021.
- Bases de la fotometría, ponencia en un seminario, Düren 2025

2.º capítulo

- DIN 38402-11:2009–02: Métodos uniformes alemanes para el análisis del agua, las aguas residuales y los lodos - Datos generales (Grupo A) - Parte 11: Toma de muestras de aguas residuales (A 11).
- «Reglamento sobre aguas residuales, en la versión publicada el 17 de junio de 2004 (BGBl. I, págs. 1108 y 2625), modificado por última vez por el artículo 1 del Reglamento de 17 de abril de 2024 (BGBl. I, pág. 1474)».
- Ley alemana de tasas de aguas residuales, en la versión publicada el 18 de enero de 2005 (BGBl. I pág. 114), modificada por última vez por el artículo 2 del Reglamento de 22 de agosto de 2018 (BGBl. I, pág. 1474)».
- DIN EN ISO 5667-3:2012, Calidad del agua Muestreo Parte 3: Conservación y manipulación de muestras de agua.

3.º capítulo

- Prospecto de *NANOCOLOR*[®] *NanOx N*, Düren, junio de 2020.
- Prospecto de *NANOCOLOR*[®] *NanOx Metal*, Düren, marzo de 2024.

4.º capítulo

- Arnold F. Holleman, Egon Wiberg, Nils Wiberg: Lehrbuch der anorganischen Chemie. 101. edición. Walter de Gruyter, Berlín 1995.
- Reglamento sobre aguas residuales, Anexo 40, mecanizado de metales, procesado de metales, BGBl. I, 2024, 1159–1162.
- «Reglamento sobre el agua potable, en la versión publicada el 20 de junio de 2023 (BGBl. I, p. 2977), modificado por el artículo 4, apartado 22, de la Ley de 20 de junio de 2023 (BGBl. I, pág. 3154)».

5.º capítulo


- ISO/TS 13530:2009–03: Características del agua- Directriz para el control de calidad en el análisis químico y físico-químico del agua.
- DIN 1319-1:1995–01: Fundamentos de la tecnología de medición - Parte 1: Conceptos básicos.
- DIN EN ISO 7027:2000–04: Características del agua - Determinación de la turbidez (ISO 7027:1999); Versión en alemán EN ISO 7027:1999.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., hoja de trabajo DWA-A 704 Métodos operativos para el análisis de aguas residuales, Hennef 2007.
- Dr. Klaus Pollmeier, Analytische Qualitätssicherung in der Betriebsanalytik, Labor Praxis, Würzburg, 2010.
- Dr. Dirk Reinhardt, Betriebsmethoden für die Abwasseranalytik - Plausibilitätsprüfungen, KA-Betriebsinfo (39) Nr. 3, 1649–1652, Hennef 2009.
- Dipl.-Ing. Chemie Barbara Cybulski, Betriebsmethoden für die Abwasseranalytik IQK-Karte 7 - Parallelmessungen zum Referenzverfahren, KA-Betriebs-Info (40) Nr. 2, 1730–1731, Hennef 2010.

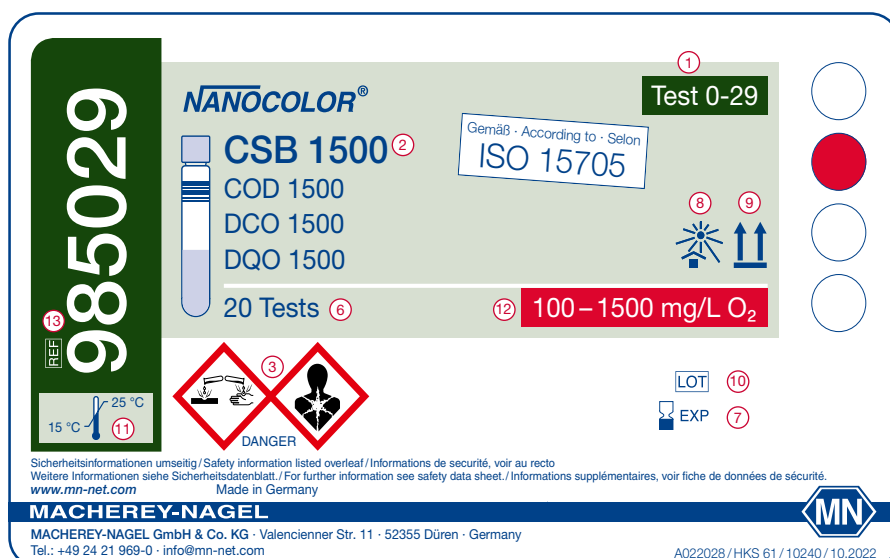
6.º capítulo

- <http://www.bmub.bund.de/>
- <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser>
- <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserrecht>
- <http://www.vdg-online.de/>
- DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco normativo relativo a las medidas comunitarias en el ámbito de la política de aguas, modificada por la Decisión n.º 2455/2001/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, L 331 de 20 de noviembre de 2001.
- Directiva del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales municipales (91/271/CEE), modificada por el Reglamento (CE) n.º 1137/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2008.
- DIRECTIVA 2010/75/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 24 de noviembre de 2010, sobre emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación medioambiental).
- DIRECTIVA 2008/56/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco normativo relativo a las medidas comunitarias en el ámbito marino (Directiva marco sobre la estrategia marina).
- «Reglamento sobre aguas residuales, en la versión publicada el 17 de junio de 2004 (BGBl. I, pág. 1108, 2625), modificado en última instancia por el artículo 1 del Reglamento de 2 de septiembre de 2014 (BGBl. I S. 1474)».
- Ley de tasas de aguas residuales, en la versión publicada el 18 de enero de 2005 (BGBl. I pág. 114), modificada en última instancia por el artículo 2 del Reglamento de 2 de septiembre de 2014 (BGBl. I, pág. 1474)».
- «REGLAMENTO (CE) N.º 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2008, relativo a la clasificación, el etiquetado y el envasado de sustancias y mezclas, por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n.º 1907/2006», publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea el 31 de diciembre de 2008 (DO L 353 de 31 de diciembre de 2008).
- Agencia Federal de Medio Ambiente, Guía para la aplicación del Reglamento CLP, 2013.

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), SGA – Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias peligrosas, BGI/GUV-I 8658, diciembre de 2010.
- <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/einstufung-kennzeichnung-von-chemikalien/globally-harmonised-system-ghs>
- <http://ghs.portal.bgn.de/9870/28483>
- http://www.reach-info.de/ghs_verordnung.htm
- <http://www.dguv.de/de/Pr%C3%A4vention/Themen-A-Z/Gefahrstoffe/GHS/index.jsp>
- REGLAMENTO (CE) N.º 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias químicas (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, por el que se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n.º 793/93 del Consejo, el Reglamento (CE) n.º 188/94 de la Comisión, la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión (DO L 396 de 30 de diciembre de 2006, pág. 1).
- <http://www.reach-info.de/einfuehrung.htm>
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_\(EG\)_Nr._1907/2006_\(REACH\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_(EG)_Nr._1907/2006_(REACH))
- <http://echa.europa.eu/de/regulations/reach>

7.4 Información importante en la etiqueta de NANOCOLOR®


- 
- 1 Número de prueba
 - 2 Nombre de la prueba y parámetros
 - 3 Pictogramas de peligro
 - 4 Sustancias químicas contenidas
 - 5 Palabra de señalización y frases H
 - 6 Número de pruebas incluidas
 - 7 Fecha de caducidad
 - 8 No exponer a la luz solar directa
 - 9 Almacenar el envase en posición vertical
 - 10 Número de lote
 - 11 Temperatura de almacenamiento
 - 12 Intervalo de medición
 - 13 REF = Número de artículo



Sicherheitsinformationen umseitig / Safety information listed overleaf / Informations de sécurité, voir au recto
 Weitere Informationen siehe Sicherheitsdatenblatt. / For further information see safety data sheet. / Informations supplémentaires, voir fiche de données de sécurité.
 www.mn-net.com Made in Germany

MACHEREY-NAGEL
 MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valenciennr Str. 11 · 52355 Düren · Germany
 Tel.: +49 24 21 969-0 · info@mn-net.com

A022028 / HKS 61 / 10240 / 10.2022



4 UFI: XDTU-53K3-W20M-DWTS, MIX00412, CSB 1500 (R0): 20 x 2 mL Schwefelsäure / sulfuric acid / acide sulfurique 80 – 98 %, Quecksilber(II)-sulfat / mercury(II) sulfate / sulfate de mercure(II) 0,74 – 1,50 % und Kaliumdichromat / and potassium dichromate / et dichromate de potassium 0,38 – 1,26 %, CAS 7664-93-9, 7783-35-9, 7778-50-9

5 GEFÄHR Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. Kann allergische Hautreaktionen verursachen. Kann genetische Defekte verursachen. Kann Krebs erzeugen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen. Staub/Dampf nicht einatmen. Schutzhandschuhe/Augenschutz tragen. BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen [oder duschen]. BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen. Unter Verschluss aufbewahren. **Nur für gewerbliche Anwender.**

DANGER Causes severe skin burns and eye damage. May cause an allergic skin reaction. May cause genetic defects. May cause cancer. May damage the unborn child. Suspected of damaging fertility. Harmful to aquatic life with long lasting effects.

Obtain special instructions before use. Do not breathe dust/vapours. Wear protective gloves/eye protection. IF ON SKIN (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water [or shower]. IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Immediately call a POISON CENTER/doctor. Store locked up. **Restricted to professional users.**








DANGER Provoque des brûlures de la peau et de graves lésions des yeux. Peut provoquer une allergie cutanée. Peut induire des anomalies génétiques. Peut provoquer le cancer. Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité. Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Se procurer les instructions avant utilisation. Ne pas respirer les poussières/vapeurs. Porter des gants de protection/un équipement de protection des yeux. EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU (ou les cheveux) : Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés. Rincer la peau à l'eau/Se doucher. EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX : Rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer. Appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON/un médecin. Garder sous clef. **Réservé aux utilisateurs professionnels.**

REF 985029
 LOT
 EXP

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valenciennr Str. 11 · 52355 Düren · Germany · Tel.: +49 24 21 969-0 10.2022

7.5 Explicación de los iconos utilizados

Icono	Explicación
	Información de fondo
	Información importante
	Información química
	Leyenda del gráfico
	Explicación de términos, fórmulas o figuras
	Se puede descargar
	Enlace a la página web de MACHEREY-NAGEL

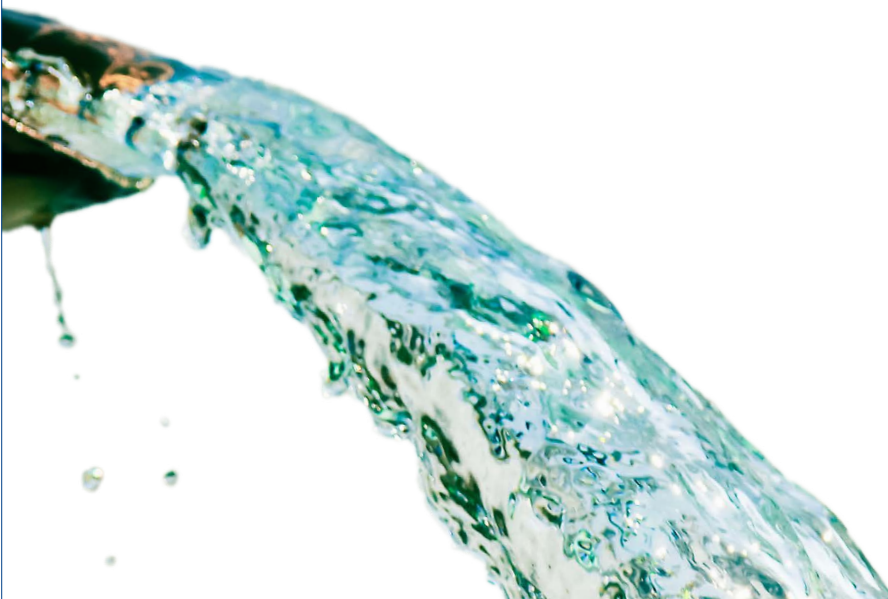
Pruebas NANOCOLOR® DQO

Seguras, más seguras, máxima seguridad



Análisis de la DQO sin preocupaciones

- Sin riesgos potenciales por fugas de vapores
- Contenido mínimo de sustancias peligrosas
- Disponibilidad de variantes sin mercurio
- 12 intervalos de medición de DQO disponibles



Distribuido por:

KATES100163 Seminarbuch es03

www.mn-net.com

MACHEREY-NAGEL



Management System
EN ISO 13485:2016
ISO 9001:2015



www.tuv.com
ID 0000056401

MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG · Valencienner Str. 11 · 52355 Düren · Alemania

DE +49 24 21 969-0 info@mn-net.com

CH +41 62 388 55 00 sales-ch@mn-net.com

FR +33 388 68 22 68 sales-fr@mn-net.com

US +1 888 321 62 24 sales-us@mn-net.com