

Las herramientas de la purificación del agua

El código de la hidratación · Capítulo 2

OBRA

El código de la hidratación

CAPÍTULO

2 de 10

AUDIO EN ALEMÁN

15 minutos

«El agua debe ser “pura”, no rica en nutrientes. Su calidad no se define por lo que contiene, sino por todo aquello que “no” se encuentra en ella.»

La historia de la purificación del agua está estrechamente ligada al progreso de la humanidad. Fundamento de la farmacia y corazón de la alquimia histórica, hoy resulta imprescindible. Ni los fabricantes farmacéuticos ni los laboratorios médicos podrían realizar su labor sin recurrir a un agua de alta pureza.

En farmacia, el Aqua ad injectabilia, o agua para preparaciones inyectables, es el elemento sometido al control más estricto. Para servir de vehículo a los remedios, debe estar completamente libre de cualquier sustancia ajena. Esta exigencia suprema nace de la constatación de que solo un medio absolutamente puro posee la fuerza de transportar los principios activos sin alterarlos y de iniciar procesos de curación. Ningún laboratorio del mundo, ningún fabricante farmacéutico y ninguna institución médica podría existir sin esta agua de alta pureza.

«La lluvia, allá arriba en las nubes, es agua destilada.»

Comencemos nuestra comparación directamente por la propia naturaleza. Desde el principio de los tiempos aplica a la purificación del agua exactamente el principio que, en el plano tecnológico, consideramos la disciplina

reina, a saber, el cambio de fase. Cuando la energía solar calienta nuestros ríos, lagos y mares, el agua asciende en estado gaseoso, como vapor puro, hacia la atmósfera. Con suavidad deja atrás todas las sales, los sedimentos y la carga material de la tierra. Este instante de desprendimiento constituye la separación definitiva. El agua sube cada vez más alto, forma nubes y finalmente lluvia. Muy pocos saben que la lluvia, allá arriba en las nubes, no es al principio otra cosa que agua destilada pura.

Puesto que esta agua, al igual que cualquier agua de alta pureza obtenida por medios técnicos, es como disolvente universal extremadamente receptiva y casi «hambrienta», la gota de lluvia pura absorbe inevitablemente, en su caída en picado hacia la tierra, gases, partículas de polvo y contaminantes industriales del aire. Cuando esta lluvia, ya contaminada, llega por fin al suelo y se filtra a través de las distintas capas de la tierra, se satura aún más de cargas orgánicas e inorgánicas. Así regresa finalmente a nuestro ciclo vital como un agua muy saturada de sustancias.

Nuestras plantas potabilizadoras realizan una labor notable. Sus instalaciones están concebidas para suministrar cantidades gigantescas de agua a millones de hogares, desde el uso industrial hasta la simple descarga de la cisterna. Se esfuerzan por depurar lo mejor posible el agua cargada, filtran mecánicamente las materias gruesas, regulan químicamente el pH y neutralizan los peligros microbiológicos.

Sin embargo, una purificación molecular al nivel del agua ultrapura, que sería necesaria para una hidratación óptima, resulta en estas condiciones sencillamente imposible, tanto en lo económico como en lo técnico. A ello se suma el problema de la llamada última milla. Pues aun cuando el agua sale de la planta en un estado controlado, a menudo debe recorrer kilómetros a través de una infraestructura envejecida. En ese trayecto, por redes de tuberías oxidadas y conducciones en parte deterioradas, vuelve a cargarse de residuos que no aparecen en ningún informe de análisis oficial y que acaban directamente en su vaso.

Como seguramente usted ya es consciente de todas estas relaciones, probablemente ya purifique hoy su agua. Precisamente por eso creo que este libro puede tener para usted un valor especial. En él descubrirá, por una parte, lo que significa realmente la purificación del agua en toda su profundidad y, por otra, qué cambios profundos puede abrir a nuestro organismo el disfrute de un agua de alta pureza.

Una unidad de medida común

Cada vez más personas purifican hoy por su cuenta su agua potable. Esta tendencia se refleja en un mercado creciente de sistemas de tratamiento del agua, que se enriquece sin cesar con innovaciones. La oferta abarca desde sencillos filtros de carbón activado del supermercado hasta costosas instalaciones de ósmosis inversa, tecnológicamente exigentes.

Quien empieza a tratar su propia agua debería familiarizarse primero con los fundamentos esenciales. En este contexto se plantea una pregunta importante: «¿Con qué métodos puede determinarse de forma fiable el grado de pureza de un agua?»

Para determinar la pureza del agua, la ciencia emplea dos procedimientos: «TDS y TOC». El más extendido de ambos es el análisis del agua mediante TDS, siglas de Total Dissolved Solids, es decir, sólidos disueltos totales. Su valor se expresa en partes por millón y se abrevia habitualmente como «ppm». Una limitación notable de este método es que solo puede detectar las sustancias eléctricamente conductoras presentes en el agua. Todas las demás sustancias, que carecen de esta conductividad, permanecen «completamente mudas» para este análisis.

Para hacer visibles también a estos pasajeros mudos se desarrolló un segundo procedimiento: el TOC. Las siglas corresponden a Total Organic Carbon, carbono orgánico total, y ofrecen información detallada sobre la carga de sustancias como pesticidas, residuos de medicamentos o disolventes. Con este método pueden medirse incluso los matices más finos de las diversas sustancias, con una precisión de un microgramo. Este análisis constituye la forma más exhaustiva de examinar el agua. Solo la suma de ambos métodos ofrece una imagen completa y honesta del grado real de pureza del agua potable.

Conviene, sin embargo, mencionar aquí un punto importante. Los sistemas de análisis capaces de medir con precisión mediante TOC cuestan a menudo tanto como una vivienda unifamiliar entera y exigen, además, personal especializado altamente cualificado y una infraestructura costosa. Para los usuarios particulares, esto significa en la práctica que un control rápido, sencillo y a la vez asequible de su propia agua potable en busca de sustancias como el glifosato o las hormonas resulta, de hecho, imposible.

Para ilustrar los campos de aplicación específicos de los métodos de medición, la siguiente relación muestra las sustancias que pueden detectarse conjuntamente mediante las mediciones de TDS y TOC. En ella se distingue directamente entre sustancias inocuas para la salud y sustancias preocupantes:

SUSTANCIAS TDS Y TOC EN EL AGUA POTABLE

TDS PREOCUPANTE	TDS INOCUO	TOC PREOCUPANTE	TOC INOCUO
Arsénico (As)	Bicarbonatos	Medicamentos	Sustancias húmicas
Plomo	Calcio	Bacterias	Compuestos de azúcar
Cadmio	Cloruros	Benceno (COV)	
Cal	Oro	Glifosato	
Fluoruro de sodio	Potasio	Hormonas	
Nitratos	Magnesio	Microplásticos	
Mercurio	Sodio	Pesticidas	
	Plata	PFOS (PFAS)	
	Sulfatos	Virus	

FUENTES

- Oficina Federal de Seguridad Alimentaria y Veterinaria (BLV), Ordenanza del EDI sobre el agua potable (TBDV, SR 817.022.11)
- Oficina Federal de Medio Ambiente (BAFU), Observación nacional de las aguas subterráneas NAQUA
- UBA, Trinkwasserverordnung 2023, ordenanza alemana sobre el agua potable
- BMASGPK, Trinkwasserverordnung, ordenanza austriaca sobre el agua potable
- OMS, Guías para la calidad del agua de consumo humano, 4.ª edición con adendas, Ginebra 2022

La siguiente relación compara los valores medios de carga del agua del grifo en distintos países y ciudades.

CARGA REGIONAL DE TDS Y TOC

REGIÓN	TOC PPM	TDS PPM	TOTAL PPM
Austria	0,19	280	280
Suiza	0,22	320	320
Alemania	0,24	410	410
Media UE	0,30	520	520
Los Angeles	0,45	640	640
Pekín	0,73	710	710
New Delhi	0,97	980	980

FUENTES

- Oficina Federal de Medio Ambiente (BAFU), Observación nacional de las aguas subterráneas NAQUA
- UBA, Trinkwasserverordnung 2023, ordenanza alemana sobre el agua potable
- BMASGPK, Trinkwasserverordnung, ordenanza austriaca sobre el agua potable
- OMS, Guías para la calidad del agua de consumo humano, 4.^a edición con adendas, Ginebra 2022

Lo que llama la atención en esta relación es que el valor TOC representa solo una «ínfima fracción» del valor TDS. Aquí es esencial conocer una constatación biológica fundamental. Reza así: «La cantidad de una sustancia no dice nada sobre su efecto».

Este principio se vuelve aún más comprensible cuando se comparan entre sí sustancias presentes en nuestro cuerpo. Nuestro organismo sabe, por ejemplo, manejar bastante bien cantidades mayores de cal inorgánica o de magnesio. Por otro lado, todo nuestro sistema corporal reacciona con una intensidad incomparablemente mayor ante ciertas sustancias. Basta pensar en el enorme efecto que una molécula de LSD puede tener sobre todo nuestro sistema de cuerpo, mente y alma.

Conviene saber que los seres humanos podemos reaccionar ya a sustancias presentes solo en cantidades mínimas del orden del nanogramo. Hormonas, medicamentos, moléculas artificiales y pesticidas pueden actuar ya en estas cantidades ínfimas, apenas medibles, pero poderosas.

En el sector del tratamiento del agua, esta relación a menudo no se conoce lo suficiente. Por ello predomina allí con frecuencia la creencia errónea de que un valor TDS bajo de partículas disueltas garantiza por sí solo, de forma automática, una pureza alta o incluso máxima del agua. Lamentable-

mente no es así. Las sustancias más poderosas de nuestra agua potable no son medibles en absoluto para el 99,9 % de todas las personas que purifican su agua.

Cinco técnicas y tres principios de la purificación del agua y su grado más alto de ennoblecimiento

Los principios con los que se purifica el agua: luz - filtro - cambio de fase - ennoblecimiento

La elección de un método de purificación del agua depende del tipo de carga que presente el agua, así como del grado de pureza y del fin que se persigan. Los procedimientos pueden dividirse en enfoques de purificación físicos, químicos y biológicos.

Mientras que los métodos físicos retienen las partículas mecánicamente, los procedimientos químicos buscan fijar las sustancias disueltas por adsorción, como ocurre, por ejemplo, con el uso del carbón activado. Los enfoques biológicos, en cambio, se concentran en neutralizar microorganismos como bacterias y virus mediante una luz muy particular. Sin embargo, el más eficaz y poderoso de todos los métodos aprovecha el cambio de fase molecular del agua. Es la forma más natural y eficiente de purificar el agua, la destilación.

Para comprender el agua en toda su profundidad y su poder, existen formas de purificación que van mucho más allá de la purificación puramente material. Grandes maestros como Paracelso hablaban del «Aqua Mercurii», aquel precioso elixir que se convirtió en la base de sus remedios. Estos le han asegurado hasta hoy un lugar entre los más grandes médicos de la historia.

Una purificación alquímica del agua aspira a devolver todo el ser del agua a su forma más pura, a su vitalidad y su fuerza de movimiento más originarias. Paracelso hablaba de la purificación del cuerpo, del espíritu y del alma del agua, para separar de ella de raíz todo lo impuro en todos los planos. Los grandes maestros de la alquimia, entre ellos Paracelso, decían: «En la más alta pureza del agua, su fuerza receptiva y su fuerza vital alcanzan su máximo poder».

Pero antes de sumergirnos más a fondo en la materia del agua, comparemos entre sí las cinco técnicas para purificarla.

1. Esterilización UV-C

Si dirigimos la mirada al ámbito de la desinfección, encontramos la tecnología UV-C. Este método altamente eficaz esteriliza, mediante radiación luminosa a 254 nm, el ADN de todos los microorganismos y los vuelve así «inofensivos». Es la forma de esterilización más perfecta. Pero precisamente aquí reside ya el límite de esta tecnología. Como no elimina materia alguna del agua, todas las contaminaciones químicas y materiales permanecen en ella al cien por cien. El resultado es, sin duda, un agua microbiológicamente «muerta», pero en modo alguno un medio materialmente «puro». Los contaminantes inorgánicos que sobrecargan nuestro organismo atraviesan la luz sin obstáculo hasta llegar a nuestro vaso.

2. Intercambiadores de iones

Algo parecido ocurre con los intercambiadores de iones, a menudo entendidos erróneamente como sistemas de purificación. En realidad se trata únicamente de una redistribución de materia. El sistema intercambia los minerales que causan la dureza, como el calcio y el magnesio, por iones de sodio. Para su cafetera, esta protección contra la cal puede ser una bendición, pero para su cuerpo la carga material total sigue siendo idéntica. El agua simplemente cambia de etiqueta, pero en modo alguno se libera de su carga.

3. Filtros de carbón activado

Un estándar muy extendido es el carbón activado. Actúa por adsorción como una esponja magnética y es excelente para fijar el cloro, los pesticidas y los gases orgánicos. El secreto de su eficacia reside en su gigantesca superficie interior. Una sola cucharadita de carbón activado de alta calidad posee la superficie de todo un campo de fútbol. Sin embargo, las cargas inorgánicas como la cal, los nitratos o los metales pesados atraviesan esta barrera casi sin obstáculo. El carbón activado es un especialista de la superficie, pero capitula ante la profundidad de la saturación química.

Un riesgo a menudo subestimado de este procedimiento es el llamado peligro de ruptura. Cuando la capacidad del carbón se agota, este puede liberar de golpe en el agua los contaminantes que antes había retenido. Además, en periodos prolongados de inactividad, su estructura porosa ofrece un caldo

de cultivo ideal para las bacterias. Sin una barrera adicional, el filtro de carbón activado sigue siendo, por tanto, solo una pieza dentro de una estrategia de purificación integral, pero nunca una solución completa para una pureza verdadera.

4. Ósmosis inversa

La forma de filtración técnicamente más exigente es la ósmosis inversa, en la que el agua se impulsa a alta presión a través de una membrana semipermeable. Su rendimiento es impresionante, pues los poros de estas membranas son tan finos que, en teoría, solo dejan pasar moléculas de agua. Pese a su gran eficiencia, sigue siendo, sin embargo, hija de la filtración a presión, con todos los límites inherentes a ese sistema.

Además del riesgo latente de proliferación microbiana directamente en la membrana, esa temida biopelícula, existe siempre el peligro del llamado efecto de polarización por concentración. En él, los contaminantes se acumulan ante la membrana en una densidad tan elevada que los compuestos moleculares más pequeños acaban por vencer, pese a todo, la resistencia mecánica. Sobre todo las impurezas gaseosas o las sustancias de bajo peso molecular, como ciertos residuos de pesticidas, se cuelan a menudo sin obstáculo a través de esta red. La ósmosis inversa es sin duda una maestra de la filtración, pero no está absolutamente a salvo de los intrusos más finos del mundo químico.

5. Destilación

En la cúspide de todos los procedimientos de purificación se sitúa un principio que rompe radicalmente con el concepto de tamizar y filtrar, a saber, la destilación. Es el único método que impone una verdadera separación mediante un «cambio de fase molecular». Al llevar el agua a ebullición mediante el calor y hacerla pasar al estado gaseoso, surge una frontera física infranqueable para todo lo material. Solo las moléculas de agua puras ascienden en forma de vapor, y toda la carga de su pasado material queda atrás, en la caldera, como concentrado.

Este procedimiento imita con exactitud el ciclo eterno de la naturaleza. Como en la formación de las nubes, el agua se libera aquí de su carga terrenal. Mientras que los filtros mecánicos se limitan a intentar retener las sus-

tancias ajenas, la destilación hace que sea el agua misma la que las deje atrás. Los metales pesados, los residuos de medicamentos, los nitratos e incluso los virus tienen un punto de ebullición muy superior al del agua y, por tanto, no tienen físicamente ninguna posibilidad de pasar al estado de vapor. El resultado es un condensado de alta pureza que, en su libertad material, se asemeja a la lluvia original en la atmósfera.

«Un sistema de filtración, ya sea de carbón activado o de ósmosis inversa, es siempre un medio “pasivo”.»

La destilación, en cambio, es un proceso «activo». Con la fuerza de su calor, es la única forma de purificación que interviene directamente en el ámbito molecular del agua. En el instante decisivo de ese gran cambio de fase, todas las moléculas de agua se desprenden de su carga y dejan atrás todo su pasado material.

La filtración, por fina que sea la malla de la membrana, implica inevitablemente que el sistema se ensucia un poco más con cada litro de agua filtrado. Un filtro es, lógicamente, más eficaz en su primer día, pero a partir de ese momento pierde rendimiento de forma continua y se convierte poco a poco en un «depósito colector» precisamente de aquellas cargas que debía eliminar. Con un mantenimiento insuficiente, esto puede llevar incluso a una peligrosa recontaminación microbiana del agua. Cuando un filtro alcanza su límite de saturación y no se sustituye, puede ocurrir que el sistema libere de golpe en el agua los contaminantes acumulados durante semanas.

La destilación, en cambio, mantiene en cada ciclo el mismo rendimiento que el primer día. Aquí nunca es preciso sustituir nada, pues las leyes de la termodinámica no sufren desgaste alguno. La nitidez de la separación entre el vapor puro y el concentrado cargado permanece siempre idéntica. Además, el calor del proceso actúa como un autoclavado natural de todo el sistema.

La comparación definitiva

La siguiente comparación en forma de tabla confronta directamente los procedimientos descritos. El análisis pone de relieve el papel especial de la destilación, que, por su efecto purificador consecuente, constituye el punto de referencia decisivo y, a la vez, la medida tecnológica de toda la comparación.

SUSTANCIA	PREOCUPANTE ● INOCUO	CARBÓN ACTIVADO	INTERCAMBIADOR DE IONES	UV-C	ÓSMOSIS INVERSA	DESTILACIÓN
Acaricidas	●	~ 60 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Toxinas de algas	●	~ 60 %	o	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Aluminio	●	o	~ 70 %	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Antimonio	●	o	~ 60 %	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Arsénico	●	o	~ 50 %	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Residuos de medicamentos	●	~ 70 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Fibras de amianto	●	~ 50 %	o	o	> 94,0 %	~ 99,9 %
Bacterias	●	o	o	~ 99,9 %	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Bario	●	o	~ 80 %	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Plomo	●	~ 20 %	~ 90 %	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Cadmio	●	o	~ 80 %	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Cloro	●	~ 90 %	o	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Cromo	●	o	~ 70 %	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Dioxinas	●	~ 80 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Fluoruro	●	o	~ 40 %	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Fungicidas	●	~ 70 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Glifosato	●	~ 70 %	o	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Hormonas	●	~ 70 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Insecticidas	●	~ 70 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Cobre	●	~ 20 %	~ 90 %	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Manganeso	●	o	~ 80 %	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Microplásticos	●	~ 30 %	o	o	> 94,0 %	~ 99,9 %
Nitrato	●	o	~ 50 %	o	~ 80,0 %	~ 99,9 %
Níquel	●	~ 20 %	~ 80 %	o	~ 93,0 %	~ 99,9 %
PFAS	●	~ 40 %	o	o	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Pesticidas	●	~ 70 %	o	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Mercurio	●	~ 40 %	~ 60 %	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
COV	●	~ 70 %	o	o	~ 40,0 %	~ 90 %
Virus	●	o	o	~ 99,9 %	~ 90,0 %	~ 99,9 %

SUSTANCIA	PREOCUPANTE ● INOCUO	CARBÓN ACTIVADO	INTERCAMBIADOR DE IONES	UV-C	ÓSMOSIS INVERSA	DESTILACIÓN
Uranio	●	o	~ 70 %	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Desgaste		muy alto	muy alto	medio	alto	ninguno
Riesgo de recontaminación		alto	alto	bajo	alto	ninguno
Esfuerzo de limpieza		alto	alto	medio	alto	bajo
Nivel sonoro		inaudible	inaudible	inaudible	inaudible	apenas audible
Coste de adquisición		bajo	bajo	bajo	alto	alto
Manejo		sencillo	sencillo	peligroso	sencillo	sencillo

FUENTES

- Oficina Federal de Seguridad Alimentaria y Veterinaria (BLV), Procedimientos reconocidos de tratamiento del agua potable
- UBA, Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäss § 20 Trinkwasserverordnung, lista de sustancias de tratamiento y procedimientos de desinfección autorizados
- AGES, Ionentauscher und Filtermedien zur nicht ortsfesten Wasseraufbereitung, Schwerpunktaktion A-034-24, Viena 2025
- OMS, Guías para la calidad del agua de consumo humano, 4.^a edición con adendas, Ginebra 2022
- OMS, Good manufacturing practices, water for pharmaceutical use, Technical Report Series 1033, Annex 3, Ginebra 2021

PARA ESCUCHAR EN ALEMÁN EN ARS-AQUAE.CH