

Papel del agua mineral en el organismo y características terapéuticas de las aguas minerales

Margaret Suárez Muñoz, Juan Reynerio Fagundo Castillo

Centro Nacional de Termalismo "Víctor Santamarina"

Importancia del agua como alimento y como fármaco

El agua es imprescindible para la vida, siendo el componente inorgánico más abundante de los seres vivos. En el hombre llega a constituir más del 60 % del peso corporal, y en algunos animales, como por ejemplo la medusa, el 98 %. Sin el agua no es posible la realización de los procesos metabólicos de las células.

El agua interviene químicamente en estos procesos y fuera de las células, actúa como medio de transporte en la circulación sanguínea. Constituye además uno de los elementos que regulan la temperatura del cuerpo. La evaporación del agua juega el papel más importante para disipar el calor corporal.

El agua constituye el vehículo que relaciona entre sí, todos los tejidos y las diferentes partes del organismo. El agua transporta directamente o en suspensión las sustancias que el organismo asimila y acumula, y sus propiedades físicas y químicas son responsables de su acción bioquímica como fármaco y como alimento.

Balance del agua en el organismo

Las reservas de agua del organismo son relativamente escasas y es necesario una compensación entre el agua ingerida en los alimentos (líquidos y sólidos) y el agua aportada por los procesos bioquímicos de oxidación-reducción (a través de la cadena de respiración y otros), y entre el agua eliminada del organismo por la orina y las heces. En la siguiente tabla se ilustra este balance hídrico.

	Ingresos (ml/kg)			Egresos (ml/kg)	
Tipo	Obligatorios	Facultativos	Lugar	Obligatorios	Facultativos
Líquidos	650	1000	Orina	500	1000
Sólidos	650		Piel	500	
Agua de oxidación	300		Pulmones	400	
			Heces	150	
Totales	1550	1000		1550	1000
Total General		1250			1250

La eliminación diaria de orina es de unos 1500 ml, de los cuales 500 ml son obligatorios (mínimo de agua con la cual el riñón puede excretar la carga de soluto diaria). El resto es variable y depende de la disponibilidad de agua.

En condiciones normales, por respiración se pierden 900 ml de agua (12 ml/kg de peso corporal): de ellos 500 ml por la piel y 400 por los pulmones, ambos como vapor de agua. Por heces fecales la pérdida diaria es mínima, unos 150 ml.

Para mantener el balance hídrico, la pérdida básica de agua diaria (2500 ml) se debe compensar a partir del suministro de agua pura y de los alimentos. La regulación de este equilibrio se consigue en el organismo, en lo esencial, gracias a dos sistemas de regulación: la sensación de sed, que insita a ingerir más líquido y la actividad renal, que elimina agua en forma de orina.

Distribución del agua en el cuerpo

Para estudiar el agua y las sustancias en el organismo es preciso distinguir tres grandes espacios: el espacio intracelular, es decir, la totalidad de líquido interior de las células; el espacio extracelular, que a su vez se subdivide en agua del plasma sanguíneo y el líquido intersticial; y finalmente, el espacio transcelular, que es limitado por el tracto digestivo (ver tabla)

Distribución del agua en el cuerpo

Agua Total	Agua intracelular (40 %)
del cuerpo	Plasma sanguíneo (4%)
(60%)	Agua extracelular
	Agua intersticial (16 %)

Entre estos distintos espacios no existe una diferencia rigurosa y una cantidad considerable de líquido es desplazada de un lugar a otro.

El agua del cuerpo no se encuentra como agua pura, sino que están disueltos en ella una serie de sustancias: unas de carácter orgánico como glucosa y aminoácidos (principales nutrientes), y otras inorgánicas como cloruro, bicarbonato y sodio. Las primeras están constituidas por moléculas y las segundas por iones (electrolitos) disociados.

El paso del solvente a través de las membranas del organismo está regulado por las propiedades osmóticas: cuando el agua se encuentra más mineralizada, el soluto obstaculiza la tendencia del solvente a penetrar a través de la membrana.

Siguiendo las leyes de la difusión de los líquidos, las partículas se mueven en forma espontánea de uno a otro lugar del cuerpo humano, desde regiones de mayor concentración a otras de menor concentración, cuando las membranas son permeables a los solutos. Esto ocurre con las moléculas orgánicas que se difunden espontáneamente a través de las

membranas del organismo. El movimiento de las partículas contrario a la difusión, esto es, desde regiones de menor concentración a regiones de mayor concentración, se denomina transporte activo y requiere un suministro de energía adicional.

Las membranas celulares, tanto en los animales como en los vegetales, son membranas semipermeables y juegan un papel de extraordinaria importancia en la nutrición.

Algunas membranas como el endotelio vascular, es permeable a prácticamente todos los electrolitos, por lo cual estos pasan libremente del plasma al intersticio extracelular. No sucede lo mismo con la membrana celular, que es impermeable a los electrolitos, y sólo mediante un transporte activo pueden ser atravesados por estos.

Metabolismo mineral

El metabolismo de los iones se denomina también metabolismo mineral, se diferencia del de otras sustancias como los carbohidratos, proteínas y grasas, en que aquellos no se consumen en el organismo, pero sí se asimilan con los alimentos y se eliminan en los productos de desecho (orine y heces). Su entrada como alimento puede regularse dentro de límites amplios. Sin embargo, la mayor parte de los animales han desarrollado la capacidad de mantener prácticamente invariable la concentración iónica de los líquidos del cuerpo (Karlson, 1962).

El organismo tiene necesidad de mantener no sólo un volumen determinado de agua, sino también una concentración adecuada de solutos en ellos, de manera que la presión osmótica se mantenga dentro de límites adecuados. Por otra parte, los diferentes electrolitos se encuentran distribuidos en el organismo de una manera desigual, el Na^+ se presenta en el líquido extracelular, sobre todo en el espacio intersticial; el K^+ , por el contrario, en el espacio intracelular (aunque la concentración de K^+ en las células es inferior a la del Na^+ extracelular). El Cl^- , digerido en los alimentos como NaCl , o directamente de las aguas naturales, constituye el principal anión del plasma. Es necesaria su presencia para la producción de HCl en el estómago (ver tabla)

Composición de los electrolitos del plasma

Catión	Concentración(meq) /l	Anión	Concentración (meq) /l
Na^+	142	Cl^-	101
K^+	4	HCO_3^-	27
Ca^{2+}	5	HPO_4^{2-}	2
Mg^{2+}	2	SO_4^{2-}	1
		Prot.	16
		Ac. Org.	6
	153		153

Componentes esenciales para la alimentación presentes en las aguas minerales

Las sustancias minerales necesarios para la alimentación. presentes en el agua y los alimentos y sus principales propiedades se describen a continuación (Armijo y San Martín, 1994):

Aniones: fosfato, cloruro, ioduro, fluoruro

Cationes: sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, cinc, cobre, manganeso, cobalto

La mayoría de las sustancias minerales se encuentran en cantidades mínimas (oligominerales). Por lo general, los alimentos los contienen, pero en ocasiones, debido a los problemas de adsorción, sólo pasan al organismo una cantidad insuficiente de los mismos. Las aguas minerales pueden ofrecer una vía de suministro de estos elementos en forma iónica.

A continuación se hará un breve resumen de las principales propiedades de los componentes mayoritarios de las aguas mineromedicinales.

El sodio está presente en todas las aguas mineromedicinales, siendo el catión predominante en muchas de ellas. Su acción en el organismo es significativa, teniendo en cuenta que se encuentra repartido en todos los tejidos y espacios extracelulares. Se admite que todas las funciones orgánicas requieren una cierta cantidad de sodio. En forma iónica interviene en un gran número de procesos biológicos, siendo significativa su acción reguladora del volumen de líquido extracelular y en los procesos osmóticos; también en el mantenimiento del equilibrio ácido-básico del medio y es activador de múltiples procesos enzimáticos.

El potasio está presente en todas las aguas, aunque en menor proporción que el sodio. Constituye el principal catión intracelular y participa en el proceso de transmisión del impulso nervioso, la contracción celular, etc.

El litio también es frecuente en las aguas minerales, pero en más baja concentración. Sus propiedades terapéuticas son similares a las del sodio. Posee además acción antiasmática y se discute su capacidad disolvente del ácido úrico.

El calcio es uno de los componentes esenciales de las aguas minerales, especialmente en las de baja mineralización. Su presencia en el organismo es indispensable, ya que interviene en las funciones del sistema nervioso, el corazón, músculo, coagulación sanguínea y en la constitución de los huesos.

El magnesio, como el calcio, es frecuente en las aguas, especialmente en terrenos donde afloran rocas ultrabásicas. En el organismo es un catión que ocupa el espacio intracelular; interviene en el sistema nervioso central, y es activador de los sistemas enzimáticos que catalizan la fosforilación oxidativa y en la liberación energética.

El estroncio, el bario y el berilio suelen ser acompañantes del calcio, encontrándose en el agua en proporciones muy bajas.

El hierro es otro componente importante del agua a pesar de su baja concentración. Solamente de 5 a 10 mg/l de ion ferroso bastan para conferirle al agua propiedades benéficas contra la anemia y la clorosis. El hierro es uno de los componentes esenciales de las células sanguíneas (hematíes) y es utilizado por el organismo como tónico y reparador de las pérdidas de hierro.

El manganeso suele acompañar al hierro en las aguas minerales, aunque en proporciones aún más pequeñas.

En algunas aguas minerales también aparecen a niveles de trazas muchos elementos, tales como aluminio, plata, plomo, bismuto, cinc, cadmio, vanadio, etc., los cuales son considerados oligoelementos que en su conjunto pueden ejercer acciones directas o indirectas importantes sobre el organismo.

Entre los aniones de destacan en el agua los halógenos (cloruro, fluoruro, bromuro, yoduro), los compuestos del azufre (sulfato, sulfuro de hidrógeno y azufre coloidal) y los compuestos del carbono (bicarbonato, carbonato y dióxido de carbono). Los compuestos del nitrógeno están, por lo general, asociados a la contaminación y no poseen una acción farmacológica destacada.

El cloruro se encuentra prácticamente en todas las aguas, siendo el anión extracelular más importante. Por lo general se encuentra asociado al sodio. Junto al bicarbonato interviene de manera destacada en el balance de los líquidos intersticial y plasmático.

La principal acción del fluoruro es la de formación del esmalte dental y tejido óseo. Es esencial su presencia en las aguas para evitar las caries dentales, y su carencia en las aguas potables es compensada con el suministro de una adecuada cantidad en los acueductos. También posee propiedades antisépticas.

El bromuro es sedante a nivel cerebral.

El yoduro se comporta como estimulador o refrenador de los efectos relacionados con la tiroides. Además posee propiedades antisépticas y sedantes. Su acción terapéutica ha sido empleada en afecciones de los aparatos respiratorio y circulatorio, así como de enfermedades parasitarias.

El azufre, en sus diferentes formas iónicas, constituye uno de los componentes esenciales de las aguas mineromedicinales. Su acción terapéutica depende de si se encuentra en su forma oxidada (sulfato) o reducida (sulfuro). Los sulfatos estimulan las secreciones del aparato digestivo. La ingestión de aguas minerales del tipo sulfatadas sódicas, magnésicas o mixtas, tiene manifiesta acción purgante., por lo que son útiles para el tratamiento del estreñimiento, mientras que las de tipo sulfatadas cálcicas se pueden utilizar como aguas de bebida de acción diurética.

Los sulfuros tienen acciones metabólicas, vasculares y tróficas en diversos tejidos, en particular, del sistema respiratorio y del aparato locomotor. El azufre puede ser absorbido por vía digestiva, respiratoria y tópica. Su acción es beneficiosa con relación a las afecciones respiratorias, dermatosis y procesos reumáticos.

Los carbonatos, bicarbonatos y el dióxido de carbono están presentes en todas las aguas naturales. Sus proporciones relativas dependen del pH y la temperatura. Sus efectos en el organismo, principalmente sobre el aparato digestivo, son esencialmente de tipo antiácido o alcalinizante. También poseen propiedades beneficiosas sobre las alteraciones hepática, trastornos metabólicos y afecciones de las vías urinarias.

Las aguas del tipo carbogaceosas (con concentraciones del CO₂ superiores a 250 mg/L) se suelen usar como aguas de mesa. El CO₂ libre se comporta como un excitante ligero de la mucosa que reviste el aparato digestivo, atenúa la sensibilidad gustativa y estimula la secreción del jugo gástrico, favoreciendo la digestión de los alimentos.

El silicio es un elemento que aparece en el agua en forma de sílice libre, coloidal o anión silícico, pudiéndose encontrar en concentraciones apreciables en algunas aguas de origen profundo. Su carencia en el organismo crea alteraciones en el crecimiento del tejido óseo y del tejido conjuntivo.

Entre los gases disueltos en las aguas juega un importante papel el radón. Las aguas radónicas tienen acción esencialmente sedante sobre el organismo y reguladora del sistema nervioso vegetativo.

Por último, se debe señalar el papel que ejerce la presencia de sustancias orgánicas, especialmente las de tipo húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) en las aguas. Su contenido es mayor en algunas fuentes naturales ricas en flora autótrofa, residuos vegetales, algas, etc.

La materia orgánica más organizada como flora hidrotermal, está integrada por un conjunto de especies macro y microscópicas que requieren condiciones específicas de pH, temperatura, luminosidad del agua, etc. Entre estos microorganismos figuran: algas verdes (clorofíceas); algas azules (cenofíceas); diatomeas; sulfobacterias (que oxidan el H₂S, S⁻ y SO₃²⁻ y liberan azufre); ferrobacterias (utilizan el hierro en las aguas ferruginosas para satisfacer sus necesidades vitales); manganobacterias (requieren manganeso); halofitas (aguas cloruradas) y flora termófila (aguas con temperaturas superiores a 40 °C).

Papel de la balneoterapia en la Medicina

La Terapia es la parte de la medicina que se ocupa del tratamiento de las enfermedades, ya sea por procedimientos farmacológicos o quirúrgicos. Si se utilizan agentes físicos se ocupa la Terapéutica Física, si se utilizan agentes químicos y drogas, la Farmacología, etc.

Los agentes terapéuticos son de diversa naturaleza, origen, forma de preparación, etc. Se consideran medicamentos químicos aquellos en cuya composición intervienen una o más sustancias químicas y algún excipiente. Desde esta óptica, las aguas mineromedicinales pueden considerarse medicamentos químicos, ya que las mismas constituyen soluciones de diferentes sales en agua. Estas soluciones de origen natural según Sollmam (en Armijo y San Martín, 1994) están dotadas de peculiares propiedades que le confieren actividad terapéutica y pueden justificar su acción medicamentosa. Por lo tanto, desde este punto de vista se puede establecer que las aguas mineromedicinales son agentes terapéuticos. Así la OMS admitió en 1969 como agua mineral natural toda agua no contaminada bacteriológicamente que

procedente de una fuente subterránea natural o perforada, contiene una determinada mineralización y puede inducir efectos favorables para la salud debiendo estar así reconocido por la autoridad pertinente del país de origen.

Se debe destacar que las aguas minerales constituyen entidades individuales, ya que la composición química de cada yacimiento es, por lo general, diferente. Los productos naturales que poseen son constantes y su variación durante el ciclo hidrológico no debe exceder del 20 % de la composición media. Lo más importante en dichas aguas es su acción terapéutica, la cual debe quedar demostrada mediante estudios farmacológicos farmacocinéticos y clínicos debidamente controlados.

Desde este punto de vista, se concede un papel más determinante a los efectos terapéuticos, que a la composición química y características físicas o físico-químicas, de manera que el simple análisis de las aguas por diferentes procesos, no siempre permite deducir acciones terapéuticas determinadas que permitan de manera fiable enjuiciar los posibles efectos de una cura balneológica. Además, se debe destacar, que las acciones terapéuticas de las aguas minerales sólo se producen en el propio balneario, al pie del manantial, pues en ese lugar es donde el agua conserva sus propiedades.

Debido a que las aguas minerales, al brotar de la fuente poseen, por lo general, gases disueltos y temperaturas elevadas, se producen recombinaciones iónicas, precipitación con la consiguiente pérdida de mineralización, cambios de pH y de potencial redox, etc., lo cual pueda dar lugar a sensibles alteraciones y pérdida de sus propiedades terapéuticas.

En la actualidad, las investigaciones relacionadas con la acción terapéutica de las aguas mineromedicinales, se realizan principalmente en los Centros Termales y van dirigidas a relacionar la composición química y la acción de las aguas sobre el organismo o sobre algún órgano determinado, así como al estudio de las propiedades farmacocinéticas de estas aguas, con el fin de conocer la absorción y distribución y eliminación de las mismas por el organismo. En este tipo de estudio se evalúa el papel de las vías de administración de las aguas y sus gases acompañantes (oral, respiratoria, tópica, etc.) sobre la adsorción y distribución, las cuales son amplias por constituir el agua el componente mayoritario del organismo. Si bien algunos componentes del agua poseen una acción terapéutica selectiva, tal como el yodo sobre la tiroides, el arsénico sobre la piel y el azufre sobre las arterias, otros componentes presentan una acción más general. La principal vía de eliminación es la renal, lo que justifica la utilización de las aguas minerales como diurético.

Aunque algunos componentes de las aguas minerales pueden ejercer directamente sus efectos farmacológicos específicos, varios o todos los componentes disueltos de las mismas, pueden producir interacciones, así como efectos sinérgicos o antagónicos que no pueden inferirse a partir de la simple composición química. Se puede dar el caso que aguas de composición semejante puedan tener efectos terapéuticos diferentes y que aguas con composición diferente puedan producir un efecto terapéutico similar.

Además de la acción específica de los elementos constitutivos de las aguas minerales, es preciso tener en consideración los procedimientos y técnicas de aplicación; los factores climáticos, así como aspectos de tipo paisajístico y de confort. En la actualidad se da cada vez

más peso a los factores de tipo estresante que incluye, además de las aguas, el medio ambiente circundante, una dieta adecuada y condiciones que garanticen el reposo, el sueño y alejamiento de las actividades cotidianas. Con esta concepción se construyen los modernos Centros SPA, que algunos consideran como lugares más propicios para personas sanas que aspiran a una mayor calidad de vida, y los prefieren en lugar de los antiguos balnearios, sanatorios o curocentros concebidos como centros de rehabilitación para personas enfermas.

Características químico-físicas y terapéutica de las aguas mineromedicinales

Aguas cloruradas

Constituyen un grupo importante de aguas mineromedicinales y se consideran como tales, las que poseen un RS o TSS superior a 1 g/l y el anión predominante, el Cl⁻, es el único que posee una concentración superior al 20 % meq/l. Atendiendo a la clasificación hidroquímica de Kurlov se pueden subdividir en los siguientes tipos:

Tipo de agua	RS o TSS	Concentración iónica					
		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + k ⁺
1	> 1g/l	>20 % meq/l					>20 % meq/l
2	> 1g/l	>20 % meq/l			>20 % meq/l		
3	> 1g/l	>20 % meq/l				>20 % meq/l	
4	> 1g/l	>20 % meq/l			>20 % meq/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l
5	> 1g/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l				>20 % meq/l
6	> 1g/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l		
7	> 1g/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l			>20 % meq/l	
8	> 1g/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l
9	> 1g/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l			>20 % meq/l
10	> 1g/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l	>20 % meq/l		
11	> 1g/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l		>20 % meq/l	
12	> 1g/l	>20 % meq/l		>20 % meq/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l	>20 % meq/l

1) clorurada sódica, 2) clorurada cálcica, 3) clorurada magnésica, 4) clorurada mixta, 5) clorurada bicarbonatada sódica, 6) clorurada bicarbonatada cálcica, 7) clorurada bicarbonatada magnésica, 8) clorurada bicarbonatada mixta, 9) clorurada sulfatada sódica, 10) clorurada sulfatada cálcica, 11) clorurada sulfatada magnésica, 12) clorurada sulfatada mixta.

Nota: también se denominan mixtas cuando dos cationes poseen más de >20 % meq/l.

Las más comunes e importantes desde el punto de vista terapéutico son las cloruradas sódicas, cuya concentración debe ser de una magnitud proporcional (igual o superior) a 393 mg/l Cl⁻ (20 % meq/l) y 607 mg/l de Na⁺, ya que los meq de Cl⁻ y Na⁺ son 23 y 35.5 respectivamente.

Desde el punto de vista cuantitativo, según Dolore (en: Armijo-Valenzuela, 1994), estas aguas se subdividen en:

Fuertes: contienen más de 50 g/l de RSC o TSS.

Medias: contienen entre 10 y 50 g/l de RSC o TSS.

Débiles: contienen menos de 10 g/l de RSC o TSS.

Cazaux (en: Armijo-Valenzuela, 1994), establece dos grupos:

Altamente mineralizadas y frías

Baja mineralización y calientes

Shoeller ha considerado 6 grupos de aguas cloruradas atendiendo a su contenido en este anión.

Los hidrólogos alemanes denominan soles las aguas cloruradas sódicas con mineralización superior a 14 g/l (5.5 g/l de Na⁺ y 8.5 g/l de Cl⁻).

Por su origen las aguas cloruradas pueden ser **terrestres o marinas**.

Las aguas cloruradas terrestres de elevada mineralización se originan por disolución de halita (NaCl), siendo este mineral más abundante en las rocas sedimentarias. En el caso de las aguas cloruradas sódicas hipertermales de baja mineralización, el origen suele ser profundo y por lo general, están relacionadas con la presencia de fallas o material volcánico. Las de alta concentración y temperaturas frías están relacionadas con antiguos mares atrapados (aguas connatas).

Las aguas cloruradas sódicas marinas, a diferencia de las terrestres, poseen una mineralización bastante estable, siendo su valor medio del orden de 35 g/l. Esta composición varía según la latitud, por el aporte de ríos, la dinámica de las corrientes marinas y otras causas. Así por ejemplo, en el Mar Báltico la mineralización es de 15 g/l mientras que en el Mar Caspio es de 400 g/l. Se acercan más a la media el mar del Océano Atlántico (32 g/l) y el del Mediterráneo (36 g/l).

Los componentes mayoritarios del agua de mar son: Cl⁻, Na⁺, SO₄²⁻, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, HCO₃⁻, Br⁻, siguiéndole en ese orden Sr²⁺, I⁻, F⁻ y SiO₂.

En la tabla 1 se presenta la composición de los componentes mayoritarios del agua de mar, reportada por varios investigadores.

Tabla 1. Composición química del agua de mar (meq/l)

Ion	Stumm and Morgan(1981)	Lloyd and Heathcote (1985)	Giménez (1994)	Boluda et al. (1997)	Drever (1982)	Fagundo et al (1999)
Cl	545.18	535.21	535.21	552.68	540.07	550.00
HCO ₃	2.33	2.33	2.30	2.38	2.33	3.05
SO ₄	56.50	56.25	56.45	58.96	56.46	60.00
Na	468.26	556.52	478.26	458.91	467.83	469.04
K	10.23	9.74	9.74	9.30	10.23	14.00
Ca	20.60	20.00	20.00	22.25	20.55	20.00
Mg	107.50	112.50	108.32	125.17	107.50	110.00

En la tabla 2 se muestran los componentes minoritarios presentes en el agua de mar.

Tabla 2. Composición química de los componentes minoritarios en el agua de mar (Drever, 1982)

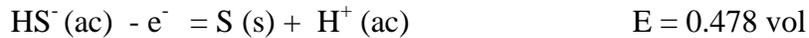
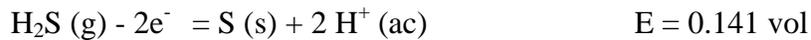
Componente	($\mu\text{g}/\text{kg}$) (1)	Componente	($\mu\text{g}/\text{kg}$) (1)
F	1300	As	4
Br	67000	Se	0,2
I	60000	Ru	120
B	4500	Y	0,003
NO ₃	5-2000	Zn	2
PO ₄	1-50	Nb	0,01
O ₂	100-6000	Mo	10
Corg (C)	300-2000	Ag	0,04
Sr	8800	Cd	0,05
Li	180	Sn	0,01
Be	0,0006	Sb	0,2
Ga	0,03	Cs	0,4
Sc	2	Ba	10
Ti	1	W	0,1
V	2	Au	0,003
Cr	0,3	Hg	0,03
Mn	0,2	Tl	0,01
Fe	2	Pb	0,03
Co	0,05	Bi	0,02
Ni	0,5	Rd	0,0000007
Cu	0,5	U	3,3
Zn	2	Ge	0,05
SiO ₂	500-10000	Tierras raras	0,003 -0,00005

Aguas que contienen azufre como componente principal

En las aguas minerales el azufre puede encontrarse en diversas formas: sulfuro de hidrógeno (H₂S), sulfhidrato (HS⁻) y sulfuros (S²⁻) con valencia -2; azufre coloidal con valencia 0 y sulfatos, con valencia + 6.

El sulfuro de hidrógeno es un gas inflamable y venenoso, de olor característico a huevos podridos que se hace perceptible en el aire a la concentración de 10 $\mu\text{g}/\text{L}$. La máxima concentración tolerable es de 20 g/L, siendo extraordinariamente tóxico a concentraciones mayores.

El H₂S es un agente reductor y es oxidado a azufre según las siguientes ecuaciones de oxidación reducción:



De estas ecuaciones se deduce que el sulfuro de hidrógeno se oxida fácilmente. En las aguas minerales los agentes oxidantes pueden ser el oxígeno del aire, el hierro férrico y los nitritos. La proporción en que los diferentes compuestos de azufre reducido, así como otros compuestos de azufre que se encuentran en las aguas dependerá de los valores de pH y del potencial redox (Eh) existente, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Aguas sulfuradas

Las aguas sulfuradas o sulfhídricas, también denominadas incorrectamente como sulfurosas, son aquellas que poseen más de 1 mg/L de azufre bivalente. A pH <7 la especie predominante es H₂S (más común en las aguas minerales), entre 7 y 11 el HS⁻ y a pH > 11 el S²⁻.

En las aguas sulfhídricas suele encontrarse materia orgánica soluble y materia organizada propia de una flora autotrofa, entre ellas algunas clases de algas que forman conglomerados lentos denominados “biogleas”. También se encuentran microorganismos aerobios que consumen azufre, denominados “sulfurarias”, las cuales son bacterias saprofíticas autotrofas..

Se distinguen varios tipos de aguas sulfhídricas, las que se denominan sulfurado sódicas, sulfurado cálcicas y sulfurado mixtas (sulfurado cloruradas, sulfurado arsenicales, etc.).

Las principales acciones terapéuticas de estas aguas son las siguientes: antirreumática, antialérgica, desintoxicante, antiflogística, antiinflamatoria y antiácida. Se utilizan en las siguientes afecciones: reumatológicas, de la piel, de las vías respiratorias y otorringolaringológicas, odonto-estomatológicas, procesos ginecológicos y otros. (San Martín y Armijo, 1994). La administración de estas aguas puede ser pro vía oral, inhalatoria y tópica.

Aguas sulfatadas

Las aguas sulfatadas son aquellas que poseen una concentración mayor de 1 g/L de minerales totales disueltos, siendo el SO₄²⁻ el ion predominante. Si otros iones tales como el Cl⁻ o HCO₃⁻ están presentes en concentraciones superiores a 20 % meq/L, se denominan sulfatadas mixtas. Según los cationes más abundantes, pueden ser sulfatadas sódicas, magnésicas, cálcicas o mixtas.

Todas las aguas sulfatadas se comportan como purgantes, siendo esta acción más abundante en las sulfatadas sódicas y magnésicas que en las sulfatadas cálcicas. En las aguas sulfatadas en general, se destaca también la acción colagoga y en menor medida poseen acción hidrocolerética (San Martín y Armijo, 1994).

Las aguas sulfatadas cálcicas pueden utilizarse como diuréticas por su bajo contenido de sodio. También poseen efectos neurovegetativos y pueden utilizarse en diferentes cuadros alérgicos.

Las aguas sulfatadas mixtas (cloruradas o bicarbonatadas), son también colagogas, pero no suelen ser diuréticas. Se utilizan preferentemente en afecciones del aparato digestivo (gastritis, afecciones hepatobiliares, insuficiencias hepáticas, etc.).

La vía de administración puede ser oral o en forma de baños (tópica).

Aguas bicarbonatadas

Se consideran aguas bicarbonatadas, las que con un residuo seco superior a 1 g /L tienen como anión predominante el HCO_3^- . En dependencia del catión presente se denominan aguas bicarbonatadas sódicas, cálcicas o magnésicas. Si además del HCO_3^- están presentes Cl^- o SO_4^{2-} con concentraciones mayores de 20 meq / L se consideran bicarbonatadas mixtas.

Por lo general estas aguas poseen un pH neutro o ligeramente ácido, cuando contienen relativamente altas cantidades de CO_2 , abundante en muchas de estas aguas. Cuando este contenido gaseoso es elevado se denominan entonces carbogaseosas.

Las aguas bicarbonatadas sódicas son por lo general hipertermales por su origen profundo, mientras que las cálcicas, magnésicas y mixtas frías suelen ser más superficiales y alcanzan su mineralización en su interacción con rocas sedimentarias.

Aguas bicarbonatadas sódicas

La acción principal de estas aguas es de tipo digestivo. Se utilizan fundamentalmente en bebidas, en tomas de 100 a 200 ml antes del desayuno, almuerzo y comida, hasta alcanzar una dosis total de 1000 a 1500 ml por día.

En general, estas aguas se comportan como antiácidas, actuando como neutralizantes de la acidez gástrica y por su poder buffer también favorecen la acción de los fermentos pancreáticos y el poder saponificante de la bilis. Poseen además acción colecistocinética. Son favorables para el tratamiento de los trastornos hepato- pancreáticos.

Su acción alcalinizante de la orina puede favorecer la eliminación de sedimentos y pequeños cálculos uréticos, también poseen acción beneficiosa en las alteraciones intestinales, tales como procesos dispépticos, alteraciones del tono y motilidad (Armijo, 1994).

Aguas bicarbonatadas cálcicas

En estas aguas el contenido de HCO_3^- suele ser bajo debido a la escasa solubilidad del CaCO_3 y en general, suelen ser de baja mineralización, mediana alcalinidad y escaso poder tapón.

Administradas por vía oral se comportan como antiácidas en el estómago, aunque con un menor poder neutralizante de la acción gástrica. En el intestino los iones calcio y magnesio son adsorbidos y localmente ejercen efectos sedantes y antiseoretos.; en el hígado pueden

facilitar la salida de la bilis al intestino; sobre la sangre son alcalinizantes; sobre el sistema neurovegetativo se comportan como ligeramente depresoras.

Estas aguas se utilizan fundamentalmente como aguas de mesa por ser de agradable ingestión y facilitar las funciones digestivas. Son también utilizadas en determinadas alteraciones metabólicas, en particular diabéticas, procesos gastroentéricos, colitis, afecciones dispépticas y como cura de diuresis en inflamación de las vías urinarias, calculosis, etc. (Armijo, 1994).

Aguas bicarbonatadas mixtas

Se trata de aguas bicarbonatadas que contienen más de un catión con concentraciones superiores a 20 % meq/L.

Las aguas frías de este tipo, con un contenido relativamente alto de CO₂, se utilizan preferentemente en las afecciones digestivas, hepáticas y renales, empleándose las hipertermales en procesos osteoarticulares, reumatismos crónicos, etc. Estas aguas se comportan como antiflogísticas y anticatarrales, pudiéndose utilizar por vía oral o tópica (Armijo, 1994).

Aguas bicarbonatadas sulfatadas

Al ser el bicarbonato y el sulfato los aniones más abundantes en estas aguas (más de 20 % meq/L), su acción está determinada por las características terapéuticas de ambos aniones. Da ahí que estas aguas, administradas por vía oral, producen en el estómago una acción semejante a la ejercida por las aguas alcalinas (menos intensa debido a su menor alcalinidad) y posean acción neutralizante frente a la acidez gástrica y la actividad péptica (Armijo, 1994). Debido a esas acciones, son utilizadas como aguas de bebida para procesos dispépticos, colecistitis crónicas, discinesias biliares, etc.

Aguas bicarbonatadas cloruradas

Debido al carácter contrario de las acciones del bicarbonato y el cloruro, estas aguas poseerán acciones terapéuticas propias en dependencia del contenido relativo de ambos iones. Administradas por vía oral producen efectos colagogos y facilitan la excreción de colesterol y ácidos biliares. Las que poseen altas temperaturas pueden utilizarse por vía tópica (duchas o chorros) y son favorables en afecciones reumáticas, postraumáticas, etc.

Aguas carbónicas

Estas aguas se denominan también carbogaseosas o aciduladas. Se caracterizan por poseer elevados contenidos de CO₂, el cual debe sobrepasar cierto límite. De acuerdo a algunos especialistas esa concentración debe ser mayor de 1 g/L (Salzuflen, 1958; en: Armijo, 1994). En el Código Alimentario Español se considera ese límite 250 mg/L.

El CO₂ libre le confiere a las aguas minerales un peculiar sabor “ácido” y su temperatura es por lo general baja, ya que si esta es elevada se escapa a la atmósfera con facilidad y el agua no alcanza tan alta concentración.

Las aguas bicarbonatadas carbogaseosas se utilizan principalmente como “aguas de mesa”, las cuales son ingeridas con las comidas, estimulando las mucosas con que hacen contacto. En el estómago excita la secreción de jugo gástrico, estimula la motilidad y produce vasodilatación. En los primeros sectores del intestino producen también una acción estimulante del peristaltismo y secreción, facilitando la salida de bilis del mismo. Con fines terapéuticos se utilizan en dispepsias hipoclorhídricas y en cuadros de hipotenia gástrica (Armijo, 1994).

En baños, estas aguas pueden utilizarse cuando la concentración de CO₂ mínimas de 300 mg/l (por lo general estas fuentes poseen concentraciones del orden de 1 g/L o más). En algunos sitios se suele añadir CO₂ industrial en concentraciones de hasta 3 g/L. Por la acción de los baños carbogaseosos sobre el organismo se estimulan de los receptores cutáneos, produciéndose un descenso de la temperatura alrededor de 33 °C. Este hecho produce vasodilatación y descenso de la temperatura corporal.

La acción de las aguas carbogaseosas por vía tópica es dependiente del contenido de gas y de la temperatura del baño. Los baños hipergaseados de 28-32 °C hipertensores, mientras isotérmicos ligeramente gaseados son hipertensores, acción que se acentúa si la temperatura se eleva de 35 a 38 °C.

Los baños carbogaseosos también ejercen acción diurética y la vasodilatación a nivel renal, lo cual produce mejoría de la circulación general. Se emplean en la cura de la arteriopatías obliterantes y con menor relevancia se han obtenido efectos favorables en el tratamiento de procesos ateromatosis periféricos y en la insuficiencia vascular cerebral. También ha sido útiles estos baños en casos de hipertensión arterial y de arteriosclerosis moderada; así como en tratamiento de manifestaciones reumáticas, alteraciones metabólicas (gota), dismenorreas, salpingitis y diversas ginecopatías. En todos estos últimos casos se requiere que la temperatura del agua se encuentre por encima de 37 °C. Por el contrario, los baños por debajo de 33 °C pueden utilizarse en el tratamiento de hipertensión arterial, estados de depresión nerviosa, diabetes, etc.

Aguas ferruginosas

Son aguas minerales que contienen hierro en una concentración superior a la mínima establecida en las normas y regulaciones. En algunos casos este límite es de 1 mg/ mientras que en otros casos alcanza hasta 10 mg/. Estas aguas son fundamentalmente bicarbonatadas o sulfatadas.

Las aguas minerales ferruginosas bicarbonatadas tienen un pH cercano a 7, son frías y su transparencia se suele perder por la pérdida del CO₂, lo cual favorece la oxidación del Fe²⁺ a Fe³⁺ que es más insoluble y precipita. Las aguas sulfatadas son ácidas y suelen contener mayor cantidad de hierro y arsénico.

La acción terapéutica más destacada en estas aguas está asociada a su contenido de hierro. En el intestino delgado (principalmente en el duodeno), el ion ferroso disuelto en las aguas es adsorbido y pasa a la sangre, en donde se une a la transferrina que lo transporta en forma férrica a la médula ósea para que sea incorporado a la hemoglobulina. Otros componentes

presentes en este tipo de agua, tales como cobre, manganeso, cobalto, arsénico, etc., también le confieren a ésta propiedades favorables.

La administración de estas aguas puede ser por vía oral o a través de baños. En el primer caso, benefician a las personas con estados anémicos debidos a un insuficiente aporte de hierro o mayor exigencia orgánica; así como a estados anémicos debido a deficiente absorción del hierro por el aparato digestivo. En estos casos el tratamiento balneario puede ser complementado con la terapéutica medicamentosa.

Las aguas ferruginosas, especialmente las arsenicales, se utilizan también en balneación para el tratamiento de afecciones cutáneas.

Aguas oligominerales

Se trata de aguas de baja mineralización que pueden ser frías o calientes y que se caracterizan por presentar un gran número de iones. Entre los cationes se destacan: sodio, calcio, magnesio, potasio, manganeso, hierro, cobre, cinc, etc., y entre los aniones: cloruro, sulfato, bicarbonato, fluoruro, bromuro, yoduro, etc. Por sus propiedades terapéuticas, las que poseen una temperatura superior a 35 °C suelen utilizarse en aplicaciones tópicas, en el tratamiento de afecciones reumáticas y procesos del aparato locomotor que requieren de rehabilitación hidroterapia. Las aguas que poseen temperaturas más bajas que ese límite se utilizan preferentemente por vía oral, como diuréticas y aguas de mesa (San Martín, 1994).

Bibliografía

Armiejo-Valenzuela M. "Bases biológicas de la acción de las curas balnearias". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 161-176, 1994a.

Armiejo-Valenzuela M.. "Aguas cloruradas sódicas". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 227-240, 1994b.

Armiejo-Valenzuela M.. "Aguas bicarbonatadas". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 261-267, 1994c.

Armiejo-Valenzuela M.. Aguas carbónicas o aciduladas. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 271-277, 1994d.

Armiejo-Valenzuela M. y San Martín J. "Aguas minerales. Conceptos generales. En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia," Ed. Computense, Madrid, 11-16, 1994a.

Armiejo-Valenzuela M. y San Martín J. "Interés de las curas balnearias en la terapéutica actual". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 185-193, 1994b.

Armiejo-Valenzuela M. y San Martín J. "Clasificación de las aguas mineromedicinales. En: Curas Balnearias y Climáticas". Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 219-223, 1994c.

Karlson R. "Manual de Bioquímica". Ed. Arin S.A., Barcelona, 99 385, 1962.

San Martín J. "Aguas oligominerales o de débil mineralización". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 305-312, 1994.

San Martín J. y M. Armiejo-Castro. "El azufre en las aguas mineromedicinales: aguas sulfatadas y aguas sulfuradas". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 243-256, 1994.

San Martín J. y M. Armiejo-Valenzuela. "Las curas balnearias como agente terapéutico". En: Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia, Ed. Computense, Madrid, 29-32, 1994