

de rios consisten principalmente en carbonatos de cal y de magnesia, asociados á proporciones variables, pero comunmente pequeñas de estas mismas bases en estado de sulfatos, nitratos y cloridratos. Se encuentran en ellas, además, algunas sales de sosa y de potasa y pequeñísimas porciones de fierro y de manganeso, de silisa y de alumina. La pureza de estas aguas y su valor, bajo el punto de vista de sus usos, depende, pues, en primer término, de las cantidades de cal y de magnesia que contienen, y de la naturaleza de los ácidos combinados con estas bases.

“Así es que, en la práctica, el objeto verdaderamente útil del análisis de las aguas de manantiales y de rios puede alcanzarse limitándose á dosificar la cal y la magnesia que contienen, y determinando en qué proporciones se encuentran combinadas con cada uno de los diferentes ácidos que las saturan. Pero la Hidrotimetría puede dar estos datos esenciales; sin embargo, para fijar el verdadero valor y exactitud de este método es necesario exponer los hechos principales que le sirven de base y que solamente hemos admitido despues de haberlos comprobado y rectificado por nuestros propios experimentos.

“Estos hechos son tres:

El primero es que el líquido hidrotimétrico preparado y titulado conforme á nuestras indicaciones, se conduce en presencia de las sales de *bases terrosas* capaces de formar compuestos insolubles con los ácidos grasos del jabon, como un compuesto perfectamente definido y ejerce sobre ellas una accion exactamente proporcional á sus equivalentes químicos.

El segundo es que en los límites en que la Hidrotimetría puede dar indicaciones exactas, ó sea operando en aguas cuyo grado no se eleve arriba de 25 ó 30 grados, las cantidades de sales desosa ó de potasa que en las aguas se encuentran comunmente, no tienen accion perturbadora en el líquido hidrotimétrico.

El tercero, en fin, es que el carbonato de magnesia, siendo mucho ménos insoluble en el agua que el carbonato de cal, sobre todo en frio, cuando una agua contiene bicarbonatos de cal y de magnesia solamente, ó estas mismas sales asociadas á otras sales de cal y de magnesia, se producen las reacciones siguientes bajo la influencia de la ebullicion, convenientemente prolongada.

1º Si el agua contiene bicarbonatos de cal y de magnesia, con ó sin

otras sales de magnesia, se trasforman durante la ebullicion los bicarbonatos en carbonatos, el carbonato de cal se precipita sólo ó acompañado de una pequeña cantidad de carbonato de magnesia; pero por el enfriamiento y la agitacion del agua, esta última se vuelve á disolver de manera que al filtrar no se separa más que el carbonato de cal.

2º Si los carbonatos de cal y de magnesia están asociados á una ó varias sales de magnesia y de cal, como sulfatos, nitratos ó cloridratos y en cantidad suficiente para que la cal predomine con relacion al ácido de los dos carbonatos, se verifica durante la ebullicion tal reparticion de los ácidos entre las bases, que el líquido se conduce como si todo el ácido carbónico que contiene estuviera combinado con la cal, de tal modo que la mitad de este ácido se desprende miéntras la otra mitad se precipita al estado de carbonato de cal y se encuentra en el líquido filtrado el sobrante de la cal y la totalidad de la magnesia combinadas con los ácidos sulfúrico, nítrico y clorídrico.

“Esto supuesto, si en una agua cualquiera que contenga sales de cal y de magnesia se vierte oxalato de amoniaco en cantidad conveniente, toda la cal se precipita desde luego al estado de oxalato insoluble, y puede ser aislado por la filtracion, miéntras que la magnesia queda disuelta en oxalato amoniaco-magnesiano. El grado hidrotimétrico de esta dissolution representa la magnesia que contiene, y si se resta este grado del de el agua misma ántes de la precipitacion, la diferencia entre estos dos grados debe representar, á su vez, la cantidad total de la cal que existia en el agua examinada.

“Por otra parte, si se pone una nueva cantidad de esta agua á una ebullicion prolongada durante una media hora, si se completa su volúmen primitivo con agua destilada, y si se filtra despues de haberla dejado enfriar y despues de haberla agitado, se separa el carbonato de cal que la ebullicion ha precipitado, y su grado hidrotimétrico comparado con el que tenia ántes de la ebullicion, demuestra, por diferencia, la cantidad de carbonato de cal que el agua ha perdido.

“Así es que tomando:

1º El grado hidrotimétrico de una agua cualquiera;

2º El grado hidrotimétrico de esta misma agua precipitada por el oxalato de amoniaco y filtrada;

3º El grado de esta agua hervida durante 30 minutos, agitada y filtrada despues de su enfriamiento,

“Se puede conocer:

1º La categoría ó número de orden de esta agua en la escala hidrotimétrica;

2º La cantidad de jabon que neutraliza por litro;

3º La cantidad de cal que contiene;

4º La proporción de magnesia;

5º La cantidad de carbonato de cal que se precipita durante una ebullición prolongada.

“Todos estos datos se obtienen, como se ve, por medio de un sólo reactivo, por procedimientos tan sencillos como rápidos en la ejecución, y desde luego parecen suficientes para establecer el valor relativo de una agua cualquiera.

“Pero además de las materias fijas que existen en disolución en las aguas dulces, se encuentra también un elemento gaseoso, el ácido carbónico libre, que allí se encuentra constantemente asociado al aire atmosférico. Este gas no deja de tener influencia en la salubridad y en el valor agrícola é industrial de las aguas; su análisis no es, pues, completo, y no puede tocar su fin si no da á conocer la cantidad de ácido carbónico que contienen; pero también este dato se encuentra ordinariamente en el número de los resultados de un análisis completo. Se sabe cuán difícil es de obtener con precisión y qué incertidumbre presentan los procedimientos de dosificación directa del ácido carbónico libre, y qué divergencias existen en esta materia entre las observaciones de los químicos. Un medio de apreciar el ácido carbónico libre, sería, pues, una útil adquisición para el estudio de las aguas, y daría á nuestro método un complemento necesario. El líquido hidrotimétrico puede servir también para este uso. El ácido carbónico, en efecto, descompone el jabon; el Dr. Clark lo ha hecho notar, y nosotros lo hemos rectificado por numerosos experimentos.

“Cuando se hace pasar una corriente de ácido carbónico en una disolución acuosa de jabon, se descompone, se enturbia, se pone lechosa y pierde la propiedad de dar espuma por la agitación. Si se recoge en un filtro el precipitado formado, se ve que tiene las propiedades de un ja-

bon con exceso de ácido graso. Soluble en el alcohol caliente, le comunica la propiedad de enrojecer ligeramente el papel de tornasol; puesto en contacto con el éter, no se disuelve, pero le cede una parte de su ácido; insoluble en el agua fría, se divide en el agua hirviente y la vuelve lechosa.

“Abandonado el líquido jabonoso descompuesto por el ácido carbónico, se regenera lentamente y recobra la propiedad de formar espuma por la agitación. Calentado, desprende ácido carbónico, se vuelve transparente y vuelve al estado de disolución jabonosa.

“Una corriente de ácido carbónico descompone el jabon disuelto en el agua, en jabon con exceso de ácido y en bicarbonato de sosa. Un equivalente de ácido carbónico corresponde exactamente en esta reacción á un equivalente de jabon. Pero no es así como las cosas pasan cuando se vierte poco á poco en el agua ligeramente cargada de ácido carbónico, la disolución alcohólica de jabon que forma el líquido hidrotimétrico. La cantidad de este reactivo neutralizado por el ácido carbónico, representa solamente un equivalente de jabon por dos equivalentes de ácido carbónico. Esta diferencia en la acción del ácido carbónico sobre el jabon, según que atraviesa al estado de corriente, una agua jabonosa más ó menos concentrada, ó que disuelta en el agua está en contacto poco á poco con el líquido hidrotimétrico, es un hecho curioso, pero que sin embargo, se explica, cuando se consideran las condiciones muy diferentes en que se producen los fenómenos. Si se valorizan calculando, según esta observación, la relación que existe entre el líquido hidrotimétrico y el ácido carbónico, los grados del hidrotímetro que corresponden á una disolución de ácido carbónico, conteniendo un volumen de este gas, se ve que 40 centímetros cúbicos ó $\frac{1}{25}$ por litro de esta disolución, deben exigir 218 divisiones ó grados de reactivo hidrotimétrico. En efecto, el peso de un litro de ácido carbónico, siendo 1 grm. 974, y disolviendo el agua un volumen igual al suyo, en un litro de agua saturada de este gas, se encuentra necesariamente 1 grm. 974. Pero siendo el equivalente del ácido carbónico 275, y el del cloruro de calcio 693, es evidente que 1 grm. 974 de cada ácido equivale á $1 \text{ grm. } 974 \times \frac{693}{275} = 4 \text{ grm. } 97$ de cloruro de calcio.

“Por otra parte, la disolución normal de cloruro de calcio á 22º conteniendo por litro 0 grm. 25 de esta sal, la disolución de ácido carbónico que

equivaldria á una disolucion de cloruro que contuviera 4^{grm.} 97 por litro deberia exigir:

$22^{\circ} \times \frac{4.97}{0.25} = 437^{\circ}3$; pero como dos equivalentes de ácido carbónico neutralizan un equivalente de jabon, es preciso tomar solamente la mitad de $437^{\circ}3$, es decir, $218^{\circ}6$ para representar el grado hidrotimétrico de una disolucion saturada de ácido carbónico, ó sea cargada de un volúmen igual al suyo de este gas. El cálculo demuestra que el líquido hidrotimétrico debe ser un reactivo muy sensible para el ácido carbónico en disolucion en el agua, puesto que basta que una agua contenga $\frac{1}{100}$ de su volúmen de este ácido para acusar $\frac{218^{\circ}6}{100}$, ó sean $2^{\circ}186$, ó $2^{\circ}19$ en el hidrotímetro.

“La experiencia nos ha demostrado, en efecto, que una disolucion de ácido carbónico al décimo de su volúmen exigia $21^{\circ}5$ de líquido hidrotimétrico; que una disolucion al vigésimo exigia 11° y otra al décimo sexto, 14° , lo que está conforme exactamente con el cálculo.

“Debemos notar, sin embargo, que la reaccion del ácido carbónico sobre el líquido hidrotimétrico es ménos pronta que las de las bases terrosas, y que las determinaciones del ácido carbónico reclaman una atencion particular.

“Resulta de lo que precede que cuando se somete á prueba del hidrotímetro una agua que contiene ácido carbónico libre, una parte del reactivo hidrotimétrico es neutralizada por el ácido carbónico, de manera que su grado no representa solamente las sales de cal y de magnesia, sino tambien el ácido carbónico libre que las acompaña; la presencia y las proporciones variables de este gas, perturbarian, pues, la exactitud de los resultados, si no fueran tomadas; pero es posible tenerlas en cuenta, siguiendo la marcha que vamos á describir para el análisis de las aguas dulces. Sin embargo, ántes de exponer la marcha general nos queda dar á conocer el procedimiento que hemos aplicado á la determinacion del ácido sulfúrico y del cloro que se encuentran frecuentemente en las aguas dulces en combinacion con las bases: éste consiste en lo siguiente:

“Se determina primero el grado hidrotimétrico del agua al estado natural; se pone en seguida á una ebullicion de 30 minutos en un matraz marcado, cierta cantidad de esta misma agua, se deja enfriar, se resta-

blece el nivel de la agua hervida con destilada, se agita para hacer una mezcla exacta y se toma el grado hidrotimétrico. Es en esta agua que la ebullicion ha despojado del ácido carbónico y del carbonato de cal, es en donde se busca la proporcion de ácido sulfúrico y de cloro que se encuentran al estado salino. Si su grado hidrotimétrico es 16, por ejemplo, se toman 40 centímetros cúbicos de esta agua, se le agrega el equivalente de 16° de nitrato de barita, es decir, $\frac{8}{10}$ de centímetro cúbico de una disolucion titulada de esta sal, representando 20° por 1 centímetro cúbico; se obtiene de este modo un líquido que representa 32° hidrotimétricos, de los cuales 16° son de barita; pero la reaccion del ácido de los sulfatos contenidos en el agua, sobre la barita, produce un depósito de sulfato de barita, que hace bajar este grado proporcionalmente á la cantidad de esta sal que se ha formado; y en efecto, si despues de haber dejado precipitar y haber filtrado el líquido se toma su grado, se reconoce que ha descendido á 20° , por ejemplo; ha tenido, en consecuencia, una pérdida de 12 grados que representa 12° de ácido sulfúrico ó de sulfato.

“Para determinar el cloro de los cloruros se sigue exactamente la misma marcha que para el ácido sulfúrico, sustituyendo una disolucion neutra y titulada á 20° de nitrato de plata, á la solucion de nitrato de barita. Estas disoluciones se componen, para el nitrato de barita, de 2^{grm.} 14 de nitrato para 100 gramos de agua, y para el nitrato de plata de 2^{grm.} 77 de esta sal para la misma cantidad de agua.

“Obtenido por estas experiencias, el número de grados hidrotimétricos correspondientes al ácido sulfúrico ó al cloro, se deducen las proporciones de estos cuerpos, multiplicando por este número el equivalente en ácido sulfúrico ó en cloro, de un grado hidrotimétrico, segun la tabla siguiente:

TABLA de los equivalentes en peso de un grado hidrotimétrico por un litro de agua.

Cal	1°	= 0 ^{grm.} 0057
Cloruro de calcio.....	1°	= 0 0114
Carbonato de cal.....	1°	= 0 0103
Sulfato de cal.....	1°	= 0 0140

Magnesia.....	1°	—0	0042
Cloruro de magnesia.....	1°	—0	0090
Carbonato de magnesia.....	1°	—8	0088
Sulfato de magnesia.....	1°	—0	0125
Cloruro de sodio.....	1°	—0	0120
Sulfato de sosa.....	1°	—0	0146
Acido sulfúrico.....	1°	—0	0082
Cloro.....	1°	—0	0075
Jabon á 50 por 100 de agua.....	1°	—0	1061
Acido carbónico.....	1°	—0	lit. 005

“La exposicion que precede de las aplicaciones del hidrotímetro al análisis de las aguas, demuestra que este aparato basta para apreciar, no solamente las proporciones de cal y de magnesia que contienen, sino tambien las de carbonato de cal que se precipita por una ebullicion prolongada y las del ácido carbónico libre y de los sulfatos y cloruros que se encuentran en ellas; falta dar á conocer los aparatos que deben emplearse, y la marcha general que debe seguirse para hacer un análisis hidrotimétrico.

Instrucciones sobre el empleo del hidrotímetro para determinar la composicion de las aguas de manantiales y de rios.

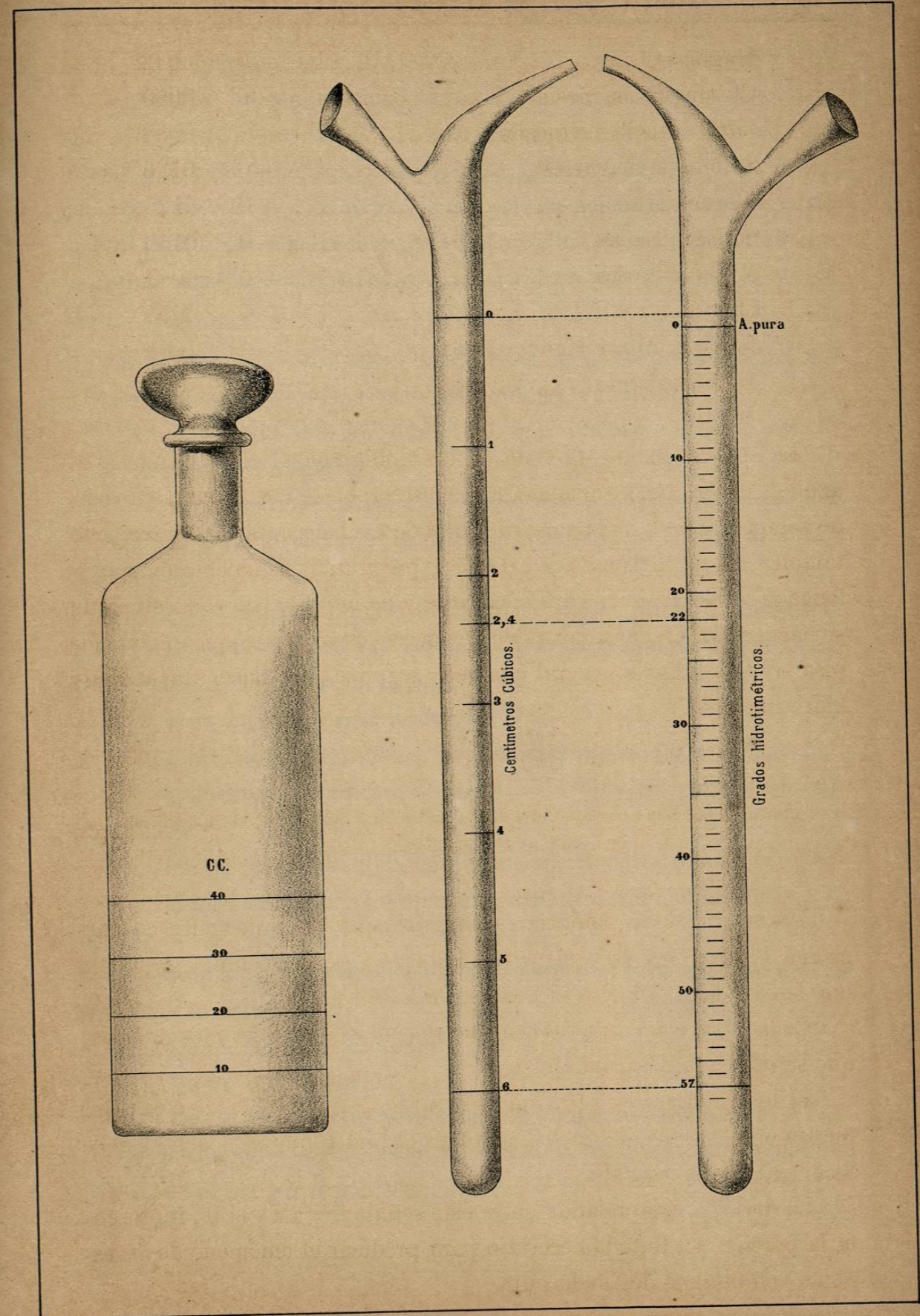
“Los ensayes hidrotimétricos se practican por medio de un frasco marcado á 10, 20, 30 y 40 centímetros cúbicos y de una bureta graduada que hemos designado con el nombre de hidrotímetro.

“Cada ensaye necesita 40 centímetros cúbicos ó 40 gramos de agua, que se miden en el mismo frasco.

“El hidrotímetro está graduado de tal manera, que la marca circular puesta en el vértice del instrumento, es el límite que el reactivo debe tocar para estar cargado.

“La division comprendida entre esta señal circular y el 0°, representa la porcion del líquido necesario para producir el fenómeno de la espuma con el agua destilada pura.

Lám. 4ª



“Los grados que siguen al 0, ó primera division, son los grados hidrotimétricos. La composicion del reactivo ha sido calculada de manera que cada grado representa 0^{grm.} 1 de jabon neutralizado por litro de agua sometido á la experiencia, y corresponde, sea á 0,0114 de cloruro de calcio, sea á 0^{grm.} 01 de carbonato de cal para la misma cantidad de agua.

“El grado hidrotimétrico de una agua indica, pues, inmediatamente la proporcion de jabon que neutraliza por litro y la medida de su pureza.

“El hidrotímetro, útil para clasificar las aguas segun su pureza, sirve tambien para hacer hasta ciertos límites un análisis.

“Una caja de análisis hidrotimétrico se compone de lo siguiente:

- 1º De un hidrotímetro;
 - 2º De un frasco de ensaye de 60 centímetros cúbicos de capacidad y señalado á 10, 20, 30 y 40 centímetros cúbicos, por medio de líneas circulares;
 - 3º De un frasco de líquido hidrotimétrico, que ántes de emplearlo debe rectificarse su *título*, por medio de una disolucion normal de cloruro de calcio ó de nitrato de barita;
 - 4º De un frasco de agua destilada;
 - 5º De otro de una disolucion de oxalato de amoniaco al sexagésimo;
 - 6º De un frasco de nitrato de barita titulado á 20º por un centímetro cúbico;
 - 7º De una pipeta dividida en décimos de centímetro cúbico;
 - 8º De un matraz marcado por una señal circular en la base de su cuello;
 - 9º De una lámpara de alcohol con recipiente para tener el matraz sobre la lámpara;
 - 10º De un embudo de cristal;
 - 11º De un tubo agitador;
 - 12º De un termómetro para tomar la temperatura del agua.
- “Se puede agregar un frasco con una solucion de nitrato de plata titulado á 20º por un centímetro cúbico.