

PORMENORES de las observaciones practicadas en el lago de Chalco desde esta Villa al pueblo de Tlahuac, el 18 de Febrero de 1884, de las 9 de la mañana á las 2 de la tarde.

HORAS.	Temperatura del agua.	Temperatura atmosférica á la sombra y aire libre.	SONDA.
MAÑANA.			
9	15° c	15° c	1 ^m 39
9.30'	15° c	16° c	1. 46
10.	14° 3 c	14° 5 c	1. 39
10.15'	15° c	15° c	1. 11
10.30'	14° c	15° c	0. 78
10.45'	15° c	19° c	1. 40
11.	15° c	19° c	2. 10
11.15'	15° c	19° c	4. 79
11.30'	16° c	20° c	1. 17
12.	17° 3 c	21° c	2. 82
TARDE.			
12.30'	17° c	21° c	2. 25
1.	17° c	22° c	1. 97
1.30'	17° c	22° c	1. 71
2.	21° c	23° c	1. 70
	223° 6 c	261° 5 c	26 ^m 14

TÉRMINOS MEDIOS.

Temperatura del agua	15° 9 c.
Idem atmosférica	18° 6 c.
Profundidad del lago	1 ^m 86

México, Febrero 22 de 1884.—Antonio Peñafiel.—Lamberto Asiain.

CAPITULO XII.

HIDROTIMETRIA.

I. Empleo de un método rápido en los análisis de las aguas.—II. Bases fundamentales de la Hidrotimetría.—III. La Hidrotimetría francesa.

I. Al comenzar nuestros estudios sobre la influencia que en la salubridad tienen las aguas empleadas en los usos domésticos, nos fijamos en dos puntos principales: en el método de análisis químico que debíamos emplear para el *reconocimiento comparativo* de las aguas usadas en la capital, y en el exámen de las vertientes y acueductos que las llevan á la ciudad.

Los análisis químicos rigurosos y completos, demandan largo tiempo de que no podíamos disponer para terminar este trabajo; debíamos emplear un método sencillo y pronto, que sin carecer de la exactitud nos pudiera dar *resultados comparables*, y nos fijamos en el método hidrotimétrico usado con tanto éxito para el reconocimiento de las aguas potables y las destinadas á los usos industriales.

II. El agua destilada mezclada con algunas gotas de tintura alcohólica de jabon dá inmediatamente por medio de la agitacion en un pequeño frasco de vidrio, una espuma menuda y persistente: la cantidad de jabon necesaria para producir la espuma es una misma para iguales volúmenes de agua destilada.

En una agua *delgada ó gorda*, que contiene siempre sales de magnesia ó de cal, y otras que son precipitables por el jabon, la espuma persistente y menuda no aparece si no es hasta que primero han sido precipitadas las sales terrosas por la tintura de jabon y en seguida se ha empleado la cantidad necesaria para formar espuma con igual volúmen de agua destilada

La cantidad de tintura alcohólica de jabon necesaria para formar espuma persistente por cinco minutos en un volúmen determinado de agua destilada constituye su grado hidrotimétrico, ó el grado del agua químicamente pura.

La escala de la dureza de una agua es proporcional á la cantidad de sales terrosas ó precipitables por el jabon; por consiguiente, las aguas delgadas ó gordas necesitan mayor cantidad de tintura de jabon para formar la espuma, y esta cantidad forma su grado de dureza ó hidrotimétrico, comparado con la agua destilada. En estos principios está fundado el método del Dr. Clarke para el exámen de las aguas de Inglaterra, método volumétrico que tiene todas las garantías de precision á que han llegado los de su género en la química moderna.

La Hidrotimetría de los Sres. Boutron y Boudet, fundada en los principios analíticos del Dr. Clarke, extiende cada dia sus aplicaciones á la Higiene, á la Agricultura y á la Industria en ambos continentes; hasta el año de 1882 su obra contaba ya siete ediciones, habiendo sido premiada en 1856 por la Academia de Ciencias de París, por haber resuelto el problema de determinar de una manera pronta la proporcion de sales de cal y de magnesia que se encuentran en las aguas potables y en las usadas en la industria.

Hicimos un estudio práctico y comparativo de los métodos hidrotimétricos seguidos en Francia y en Alemania: optamos por el primero, pero tenia á nuestro juicio un defecto capital que nos parecia insuperable. El reactivo principal de la Hidrotimetría del Sr. Boutron no era *homogéneo* en su composicion, y además, con el tiempo sufría una alteracion en la cantidad del jabon que exigia rectificaciones frecuentes. Siempre que preparábamos ese reactivo, una parte del jabon se precipitaba y era preciso *calentarlo* para poder usarlo: pedimos á Francia el preparado por el mismo autor de la Hidrotimetría, y vino con el mismo

inconveniente, que nos propusimos remediar, como en efecto, lo conseguimos.

No queremos usar ropage que no nos pertenece al exponer el método hidrotimétrico frances; pero reclamamos lo que nos toca por ser de nuestra propiedad, aunque pequeña.

¹ “La cantidad de jabon necesaria para que 40 centímetros cúbicos de una agua cualquiera produzca una espuma persistente, dá, pues, la medida de la cualidad de las sales calcáreas ó magnesianas contenidas en esta agua, y como en la mayor parte de aguas de manantial y de rios la cal y la magnesia son las principales que combinadas con diferentes ácidos, influyen realmente en su cualidad, es evidente que, determinando las proporciones que contienen de estas bases, se determina el valor de estas aguas relativamente al mayor número de sus usos.

“La formacion de la espuma en la superficie del agua es, por otra parte, un fenómeno tan claro; la proporcion de jabon necesaria para producirla (un decígramo por litro) tan pequeña, y el momento en que una agua calcárea ó magnesia cesa de neutralizar el jabon y ser espumosa por la agitacion es tan fácil de apreciar, que una disolucion alcohólica de jabon puede ser considerada como un reactivo sumamente sensible para demostrar y dosificar las sales calcáreas y magnesianas en líquidos muy diluidos como son las aguas de manantiales y de rios. El mérito esencial de este reactivo, es preciso notarlo; proviene de esta circunstancia, que indica inmediatamente por sí mismo, por un fenómeno prominente, el de la espuma, el límite de la accion que las bases terrosas tienen sobre él.

“Empleamos el jabon en disolucion alcohólica, y para evitar los inconvenientes que resultarían de la composicion variable de los jabones del comercio, titulamos el líquido de prueba por medio de una disolucion de cloruro de calcio fundido, conteniendo $\frac{1}{4000}$ de su peso, ó 0^{grm.} 25 de esta sal por litro de agua destilada.

“Se puede sustituir al cloruro de calcio una proporcion químicamen-

¹ Hidrotimetría.—Nuevo método para determinar las proporciones de las materias minerales en disolucion en las aguas de manantial y de rios por MM. Boutron y F. Boudet, miembros de la Academia de Medicina y del Consejo de Higiene pública y de salubridad del Departamento del Sena, sétima edicion, 1882, pág. 24.

te equivalente de otra sal capaz de formar con los ácidos grasos del jabon una combinacion insoluble, tal como el cloruro de bario, el nitrato de barita, etc. M. Marchand de Fécamp dice con razon, que el nitrato de bario es más fácil de manejar que el cloruro de calcio que es deliquescente; pero bajo el punto de vista de la graduacion de nuestra bureta, esta última sal ofrecia ventajas, por lo que se le ha dado la preferencia.

“El equivalente de 0,^{grm.}25 de cloruro de calcio, en nitrato de barita, siendo 0,^{grm.}59, esta proporcion debe sustituirse para obtener una disolucion barítica del mismo grado.

“Para la preparacion del reactivo de jabon se toman:

Jabon blanco de Marsella	100 gramos. ¹
Alcohol á 90° centesimales	1,600 „

“Se disuelve el jabon en el alcohol calentado hasta la ebullicion, se filtra para separar las sales y materias extrañas insolubles en el alcohol que el jabon puede contener, y se añade á la disolucion filtrada, agua destilada pura á 0° del hidrotímetro, 1,000 gramos.

“Se obtienen de este modo 2,700 gramos de un líquido que debe tener un *título* muy aproximado al que vamos á fijar; pero que no puede ser empleado sin someterlo á un ensayo que compruebe su valor real.”

² Nosotros disolvemos la misma cantidad de jabon en alcohol á 93° centesimales, en baño de María, sin que intervenga para titular el reactivo el agua destilada, que es la que *descompone* ó *precipita* el jabon y lo sujeta á variaciones de título que necesitan constantes rectificaciones.

Preparacion del reactivo segun nuestra fórmula.

Jabon amigdalino	50 gramos.
Alcohol á 93°	1,000 „

¹ Segun M. Robinet, cuando en esta fórmula se sustituye al jabon blanco de Marsella, 100 gramos de jabon medicinal, llamado amigdalino, bien seco, se obtiene inmediatamente un líquido hidrotimétrico á 22°.

² Presentamos á la Academia de Medicina los dos reactivos, uno preparado por los señores Boutron y Boudet, y otro por los autores de esta Memoria.

Disuélvase en baño de María; se deja enfriar el líquido y se añaden 400 gramos de alcohol á 93°; se agita, se deja en reposo hasta el dia siguiente; se toma el grado segun la fórmula, y se obtiene generalmente el siguiente resultado: 21° con la solucion normal de nitrato de bario. 21 : 2 :: 1,300 gramos : x = 123,^{grm.}8. Se agregó esta cantidad de alcohol á 93°, se rectificó el grado, y el reactivo jabonoso dió 23° exactos.

“El ensayo del reactivo se practica por medio de los mismos utensilios que usamos para determinar la composicion de las aguas, es decir, por medio de una pequeña bureta graduada y de un frasco esmerilado de 60 á 80 centímetros cúbicos de capacidad, *marcado* á 40 centímetros cúbicos por medio de una línea circular.

“La graduacion de la bureta está hecha de tal manera, que una capacidad de 2 centímetros cúbicos y 4 décimos, tomada á partir de una *marca circular*, trazada en el vértice de la bureta, se encuentra dividida en 23 partes iguales y que las divisiones siguientes son perfectamente iguales á las primeras.

“Cada division representa un grado; pero aunque para cada experiencia la bureta deba llenarse hasta la marca circular el 0° no está inscrito sino debajo de la primera division. Para explicar esta particularidad, debemos decir que la proporcion de agua que hemos adoptado para cada experimento es un veinticincoavo de litro, ó 40 centímetros cúbicos, y que, cualquiera que sea la composicion de esta agua, la consideramos como formada de 40 centímetros cúbicos de agua pura y de una cantidad cualquiera de sustancias capaces de descomponer el jabon.

“Para adquirir cierta viscosidad, sin embargo, y estar capaz de producir una espuma persistente, 40 centímetros de *agua pura*, exigen una division del líquido de prueba; la primera division de la bureta ha sido reservada para este uso y separada hácia afuera de la graduacion, á fin de que las divisiones siguientes representen única y realmente la cantidad de jabon descompuesto por las materias disueltas en el agua.

“El líquido de prueba debe titularse de manera que 23 divisiones de la bureta, comprendidas entre la marca circular, señalada encima del 0° y la cifra 22, es decir, 22 grados efectivos, sean rigurosamente necesarios para producir una espuma persistente con 40 centímetros cúbicos.

cos de la disolucion de cloruro de calcio á $\frac{1}{4000}$, disolucion que llamaremos *normal*.

“En consecuencia, cuando el líquido jabonoso ha sido preparado en las proposiciones indicadas, se determina por un experimento el número de grados que 40 centímetros cúbicos de disolucion normal de cloruro de calcio exigen para producir una espuma persistente; si el número de grados que se observan es 22, el reactivo jabonoso es perfecto; pero si es inferior á 22°, se agrega á este líquido una nueva cantidad de agua, calculando que es preciso cerca de $\frac{1}{25}$ de su peso de agua para poder disminuir la fuerza de un grado. Se practica en seguida un nuevo ensayo hasta que se obtenga el título que se busca.”

Pero supongamos el caso más frecuente en esta preparacion, que dé 18° para la saturacion de los 40 cc. de solucion de cloruro de calcio ó de nitrato de bario con las condiciones ántes mencionadas, deben agregarse 5 divisiones de alcohol á 90° para completar las 23, incluso el grado de agua destilada. En este caso puede usarse de la siguiente fórmula de fácil aplicacion:

$$18 : 5 :: V : X$$

ó $18 : 5 :: 1000$ del líquido que se quiere corregir : $X = \frac{4000}{18}$, cantidad necesaria de alcohol para obtener el grado perfecto.

“Segun lo que precede, la disolucion normal de cloruro de calcio, estando hecha con 25 centigramos de cloruro por un litro de agua, contiene evidentemente un centígramo de esta sal para $\frac{1}{25}$ de litro ó 40 gramos.

“De esto resulta que 22 de líquido de prueba son neutralizados por un centígramo de cloruro, que un grado corresponde á $\frac{0,01}{22} = 0,00045$ de esta sal, y en fin, que cada grado de reactivo neutralizado por 40 centímetros cúbicos de disolucion normal representa $\frac{0,01 \times 25}{22} = 0,0114$ de cloruro de calcio en un litro de esta misma disolucion. Así es que, como es posible con aproximacion de un medio grado apreciar el momento en que se produce una espuma persistente á la superficie de una disolucion, es evidente:

1° Que el reactivo puede acusar $\frac{0,00045}{2}$ ó sea un cuarto de milígramo de cloruro de calcio en 400 gramos de agua, y dosificar con más exacti-

tud todavía cualquiera otra sal terrosa cuyo equivalente químico fuere más considerable.

2° Que operando en 40 centímetros cúbicos de una disolucion de cloruro de calcio se reconoce con aproximacion de $\frac{0,0114}{2} = 0,0057$, ó sean 5 ó 6 miligramos la proporcion de cloruro contenido en un litro de esta disolucion.

“Por otra parte, si se considera que segun el análisis de M. Thenard, el jabon marmóreo del comercio está formado de

Sosa.....	6
Acidos grasos.....	64
Agua.....	30
	<hr/>
	100

se toma para su equivalente químico el número 6453, y si multiplicando 0,grm. 25 de cloruro de calcio por 6453, se divide este producto por el equivalente del cloruro de calcio, 693,20 se obtiene por cociente 2,grm. 326 que representan la proporcion de jabon equivalente á 0,grm. 25 de cloruro de calcio.

“De aquí esta consecuencia, que un litro de disolucion normal de cloruro de calcio debe exigir 23 decigramos de jabon, para trasformar los 0,grm. 25 de sal calcárea en jabon insoluble.

“Pero como la graduacion de la bureta de ensaye ha sido calculada de tal manera, que operando sobre 40 centímetros cúbicos de la disolucion normal, la division 23 y el grado 22 corresponden á la produccion de la espuma persistente, se puede admitir que cada grado de la bureta representa un decígramo de jabon neutralizado por un litro de esta disolucion.¹ La composicion del líquido de prueba y la graduacion de la bureta son, como se ve, arregladas en tales condiciones, que al operar en 40 centímetros cúbicos de una disolucion cualquiera de cloruro de

¹ El número exacto seria 0gr.106 de jabon por cada grado hidrotimétrico, en vez de 0gr.1. En un calculo riguroso seria preciso multiplicar el número de grados observado por 1,06, se tendria así en decigramos el peso exacto de jabon neutralizado por un litro de agua examinada.

calcio, se puede saber inmediatamente por el grado que corresponde á la aparicion de la espuma persistente, la proporcion de cloruro contenido en un litro de esta disolucion y la proporcion de jabon que él debe neutralizar.

“Es evidente tambien que una disolucion de una sal de cal, de magnesia de barita ó de cualquiera otra base capaz de formar un compuesto insoluble con los ácidos del jabon, puede ser analizada por medio del *reactivo* tan fácilmente como una disolucion de cloruro de calcio; pero seria fácil fijar por una simple proporcion los pesos correspondientes á un grado de la bureta, por cada litro de disolucion para las bases terrosas, y formar una tabla que permitiera conocer muy pronto los resultados de estos análisis.

“Si en lugar de una disolucion de cloruro de calcio se sometiera á la experiencia una agua de manantial ó de rio, que contenga, como sucede comunmente, sales de cal y de magnesia,¹ el grado observado indicaria á un mismo tiempo la proporcion de cloruro de calcio y de jabon neutralizado, equivalentes á estas sales, por litro de agua examinada.

“Nada más sencillo, segun esto, que obtener este doble resultado para una agua cualquiera, puesto que basta para esto determinar por un rápido ensaye cuantos grados de *reactivo* exigen 40 centímetros cúbicos de esta agua para producir una espuma persistente.

“Supongamos, por ejemplo, que una agua haya dado el grado 20; este grado hará conocer:

1º El número de órden del agua examinada, en una clasificacion metódica, que tendrá por punto de comparacion el agua pura representada por 0º;

2º La proporcion de cloruro de calcio equivalente á las sales de cal y de magnesia contenidas en 1 litro de agua, es decir, $0,114 \times 20 = 0^{\text{grm.}} 228$;

3º La proporcion de jabon que neutralizaria un litro de esta agua, ó

¹ Independientemente de las sales de magnesia y de cal, las aguas de manantial y de rios pueden contener una pequeña cantidad de alumina, de silisa, de sales de manganeso y de fierro, que forman tambien, con los ácidos del jabon, combinaciones insolubles y cuya presencia es acusada por el reactivo. Su influencia viene, pues, á agregarse á la que tienen sobre el jabon las sales de cal y de magnesia; pero hay que advertir que en la mayor parte de las aguas de rios ó de manantiales no minerales, estas sustancias no se encuentran sino en proporciones extremadamente pequeñas.

sean 20 decigramos. Hemos dado á nuestra bureta el nombre de *hidrotímetro* (medida del valor del agua). Nuestro método de ensaye constituye, pues, la *Hidrotimetría*, y las aguas pueden ser clasificadas segun sus grados *hidrotimétricos*, comparándolos á la agua pura que marca 0º.”

Agregamos nosotros que no se conocen aún los extensos y benéficos alcances del método hidrotimétrico para apreciar la calidad de las aguas potables y destinadas á los usos domésticos; pero que cada dia se tienen nuevos hechos en la química que le dan un apoyo sólido y duradero. Pero en todo caso hay que tener en cuenta “que un medio sólo y aislado, usado en las investigaciones científicas, sin auxiliarse de las demas, conduce á errores deplorables.”

Citaremos los hechos siguientes, que vienen en auxilio de la Hidrotimetría y de sus aplicaciones. El agua destilada es un disolvente ménos poderoso y activo que una agua cargada de principios orgánicos en disolucion: el agua que contiene sales minerales disueltas es un disolvente más activo que el agua pura á 0º del hidrotímetro.

Por último, para aplicar la Hidrotimetría al exámen de las aguas de manantial y delgadas del Valle de México, debe tenerse presente que las sales de cal que en Europa figuran en primer término para dar *crudeza* á las aguas, en las potables del Valle de México se encuentran en pequeñísimas cantidades, mientras que predominan la silisa y sus combinaciones salinas, materiales que forman sus resíduos incrustantes. Esto se comprende fácilmente: las aguas brotantes de nuestros manantiales suben por la presion hidráulica, atravesando rocas volcánicas en cuyos componentes dominan los materiales silisosos y no los calcáreos.

Sigue la copia:

“No nos hemos limitado á determinar en conjunto la cantidad de la cal y de la magnesia contenida en las aguas; hemos procurado extender más las aplicaciones de la Hidrotimetría y hemos hecho un verdadero medio de análisis cuantitativo y cualitativo, pudiendo servir no solamente para determinar la composicion de las aguas de manantial y de rio, haciendo abstraccion de las materias orgánicas que pueden allí encontrarse en variables cantidades, sino tambien para resolver con prontitud un gran número de otros problemas análogos.

“Las sustancias minerales contenidas en las aguas de manantiales y