

J. Valcane

DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS

FISICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PUBLICA DEL SEÑOR

DON JOSÉ MORER.



MADRID.

IMPRESA Y LIBRERIA DE D. EUSEBIO AGUADO.—PONTEJOS, 8.

1867.

DISCURSO

DEL SEÑOR

DON JOSÉ MORER.

Señores:

No debo á mis merecimientos, que ningunos tengo, la alta honra que esta ilustre Corporacion me dispensa admitiéndome en su seno; sin la íntima amistad que á muchos de sus individuos me une hace ya tiempo, y la suma benevolencia de los demás, no ocuparia hoy un puesto donde han brillado los hombres mas eminentes que cultivan las ciencias en nuestra pátria.

No he de encareceros mi profundo agradecimiento por distincion tan señalada como innmerecida, ni mi ardiente deseo de compartir, en la medida de mis escasas fuerzas, las útiles tareas de esta Academia, que bien pronto mis actos han de acreditarlo; pero tengo que haceros una súplica.

Cumplo hoy uno de mis nuevos y sagrados deberes, presentándoos un breve cuadro de lo que fueron las distribuciones de agua en la antigüedad; y yo os ruego que al prestarme vuestra atencion tengais presente que, para

reemplazar al sábio profesor y eminente astrónomo cuya prematura muerte lloran los amantes todos de las ciencias, y muy particularmente esta Academia, que ha perdido en D. Eduardo Novella uno de sus mas esclarecidos miembros, habeis escogido un oscuro ingeniero, sin otras dotes que su buen deseo, y mucho mas habituado al estudio de las construcciones que al de las árduas y profundas cuestiones científicas que en este recinto se debaten. Solo así podreis excusar la falta de interés de mi trabajo y la rudeza de su forma; y solo así espero que la Academia y el ilustrado auditorio que se ha dignado concurrir á este acto, ha de otorgarme toda la indulgencia que necesito: con ella cuento para llevar á cabo mi difícil tarea.

Si la historia no nos refiriese los gigantescos esfuerzos de los antiguos pueblos para llevar á sus muros el agua, tan indispensable á la vida y el bienestar del hombre como el aire que respira y la luz que le vivifica, las grandes obras hidráulicas que de las pasadas generaciones, cual noble herencia, hemos recibido, y las ruinas de las que no pudieron sobrevivir al estrago de las sangrientas luchas que en la sucesion de los siglos forman la historia de la humanidad, bastarían para demostrar la importancia que en todas las épocas, y en todos los paises, y en todas las civilizaciones, y siempre, se ha dado al uso y aprovechamiento de las aguas.

Obras de riego en el antiguo Egipto Por eso en el Egipto se emprendian hace mas de tres mil quinientos años colosales obras de riego para fecundizar aquel árido y abrasado suelo; y en la China, dos siglos antes de nuestra era, se abrian dilatados canales de navegacion para enlazar las apartadas provincias del Imperio.

Unión del Tigris y el Eufrates Por eso se unió el Eufrates al Tigris, y se construyeron los acueductos de la Palestina, Egipto, la Grecia, Méjico y

Acueductos de Palestina, Egipto, Grecia, Méjico y Perú.

el Perú, y mas modernamente introducian los árabes sus sistemas de riego y de cultivo en nuestras provincias de Levante y Mediodía.

Ninguna nacion, sin embargo, escedió ni aun igualó al pueblo romano en el arte de utilizar las aguas, y sobre todo en el de llevarlas y distribuirlas á las grandes ciudades. Los acueductos que el poderoso génio de aquel pueblo levantó en toda Europa y en una gran parte del Africa y del Asia, han sido la admiracion de los pasados tiempos; y sus ruinas asombran hoy al siglo XIX, que con sus portentosas invenciones, su vastísima ilustracion y sus inmensos recursos, no ha eclipsado aún la grandiosidad, la belleza y el atrevimiento de las construcciones de Augusto y de Trajano.

Roma, centro y capital del Imperio, contó hasta catorce acueductos distintos para su abastecimiento; y las dificultades que en su edificacion fué preciso vencer, los grandes volúmenes de agua que conducian á la ciudad, y el orden admirable y perfecta regularidad con que la distribuian en el interior, hicieron que Plinio el naturalista los tuviese por la primera maravilla del universo.

Yo voy á bosquejar ligeramente la historia del servicio hidráulico de la antigua Roma; á examinar con el criterio científico del siglo XIX la solucion que los arquitectos romanos dieron á las principales cuestiones de la conduccion y distribucion de las aguas, y á comparar estas soluciones con las que la ciencia moderna ha desarrollado en nuestros dias.

Situada á orillas del Tiber, no lejos de su confluencia con el Anio ó Teverona, y descansando en las últimas colinas que separan ambos rios, Roma no usó en los cuatro primeros siglos de su fundacion mas agua que la del Tiber,

10
Ideas generales
sobre los acueductos
romanos

Conduccion y distribución
de aguas
en Roma.

ó la de los pozos abiertos en sus márgenes. En el año 441 Apio Claudio *el Ciego*, que unió su nombre á todo lo grande y útil que hizo la Roma de los Cónsules, colocó la primera piedra del soberbio monumento hidráulico de la Ciudad Eterna, construyendo un pequeño manantial que brotaba á 16 kilómetros de la población.

No habian trascurrido cuarenta años, y ya otros Censores, imitando tan útil ejemplo, derivaron las aguas del río Anio, tomándolas poco antes de su desembocadura en el Tiber, y las condujeron á la puerta Trigémína por un acueducto mucho mas importante que el primero, y sostenido sobre arcadas en una estension de medio kilómetro.

Ciento veintisiete años mas adelante, el Pretor Marcio Rex, horadando cerros y salvando valles, lleva al Capitolio las aguas de los montes Pelignos, las mas puras del universo segun Plinio, y construye un acueducto que diez y ocho siglos despues utilizarán los habitantes de Roma para conducir el agua *Felice*, que actualmente surte á la ciudad.

Trascurren diez y nueve años mas, y en el de 627 otro nuevo acueducto se añade á los antiguos, y lleva el agua *Tépula* aprovechando las arcadas del agua *Marcia*, sobre las que se levanta un segundo órden de pilares para sostener el nivel mas elevado de la nueva conduccion; y finalmente, al lanzar la república su postrer aliento, y como última manifestacion de su gloriosísima existencia, se construye el acueducto del agua *Julia*, colocando un tercer orden de arcadas sobre las de los dos acueductos mas modernos.

Con el Imperio empieza la gran importancia de Roma como ciudad monumental.

Terminadas las guerras civiles que en sangre romana

habian ahogado la república, toda la energia y actividad del pueblo se consagró á mejorar y embellecer la poblacion. En el confuso laberinto de calles tortuosas y de casas sin alineacion que cubrian las siete colinas en que descansa la ciudad, Augusto trazó su division en catorce *regiones* ó barrios distintos, para organizar la administracion y policia municipal; abrió nuevas y mas anchas vias; levantó suntuosos edificios; reemplazó los groseros é informes materiales con que la república habia construido sus mas gloriosos monumentos, por el mármol, el pórfido, el bronce y los metales preciosos; y este movimiento de regeneracion, continuado por los sucesores de Augusto, hizo de Roma la primera ciudad del Universo, dándole en tiempo de Aureliano una estension ochenta veces mayor que la primitiva, y llevando el muro de recinto á la posicion que actualmente ocupa.

Las obras hidráulicas participaron tambien de la reforma y engrandecimiento de la ciudad. Agripa, no contento con dar á Roma el *Panteon* que lleva su nombre y al Imperio el puerto *Julio*, cuyos restos desaparecieron en el terremoto del año 1538, restaura los antiguos acueductos, levanta otros nuevos que llevan á la poblacion las aguas *Virgen*, *Alsietina* y *Augusta*, y construye en el interior quinientas fuentes y setecientos estanques, adornados con molduras y estátuas de mármol y de bronce. El emperador *Calígula* pone los fundamentos de otros dos nuevos acueductos, que termina su sucesor *Claudio*; y tanta es la grandiosidad y hermosura de la obra de aquellos dos mónstruos de iniquidad y demencia, que cuatro siglos mas tarde el poeta Rutilio, á la vista de sus majestuosas arcadas, compara el poder del génio romano al de los gigantes que intentaron escalar el firmamento.

Nerva completa la obra de sus predecesores, confiando la

administracion de las aguas de Roma á *Sexto Julio Frontino*, uno de los hombres mas eminentes de su tiempo, y el mas á propósito tal vez para desempeñar tan difícil cargo. Este celoso é inteligente administrador, que habia sido Pretor de la ciudad, Cónsul tres veces, jefe de las legiones de la Gran Bretaña, y autor de un libro sobre las estratagemas de la guerra, y de un pequeño tratado de agricultura, despues de estudiar minuciosamente los servicios cometidos á su cuidado, escribió una obra titulada *Comentarios de los acueductos de Roma*, en la que indica el origen de cada uno de ellos, su longitud, la cantidad de agua que llevaba á la ciudad, y la manera con que ella se repartia; el nombre de los fundadores, el producto de la venta de las aguas, y por último, las leyes, reglamentos y *senatus-consultus* promulgados para la policía y conservacion de las obras. Gracias á este importante y curioso trabajo, tenemos en el dia una idea completa y exacta del servicio hidráulico de Roma á fines del siglo I de nuestra era, y de él he tomado las noticias que anteceden, y algunas de las que espondré mas adelante.

La muerte de Frontino, acaecida el primer año del siglo II, nos privó del conocimiento exacto y detallado de las obras que los sucesores de Nerva emprendieron para engrandecer el abastecimiento de la capital: la historia, sin embargo, refiere que los emperadores Trajano, Antonino, Septimio Severo y Alejandro Severo aumentaron el número de los acueductos, y que en tiempo de Justiniano, es decir, á principios del siglo VI, se contaban 815 baños públicos y particulares, 1352 estanques y depósitos, 15 ninfeas, 6 naumaquias y 14 grandes termas.

Clases de depósitos Los acueductos vertian el agua en dos clases de depósitos. Los unos, llamados *Castella limaria*, corresponden á

nuestros modernos depósitos de sedimentación. Su objeto era clarificar el agua por el reposo, separando las arenas y la mayor parte de la arcilla que en los acueductos arrastraba y llevaba en suspensión. Seis de los nueve que había en Roma en tiempo de Frontino, llevaban el agua á estos depósitos: el agua Virgen y el agua Apia no lo necesitaban por su inalterable transparencia y pureza; el agua Alsietina, siempre turbia, se dedicaba, sin clarificar, al riego y á las naumaquias.

Los otros depósitos, llamados *Castella divisoria*, no se conocen en nuestras modernas distribuciones. Los romanos dividían el agua conducida por los acueductos, excepto la de aquellos que consagraban á un uso exclusivo, en tres partes: una destinada al servicio de las concesiones particulares, otra al de los baños, y la tercera al de las fuentes y lavaderos públicos. Vitruvio, en su tratado de arquitectura, enseña la manera de hacer esta división. Para ello se construía en el extremo final del acueducto un pequeño registro ó partidor, desde cuyo fondo, tres tubos conducían el agua á tres depósitos (ó tres compartimentos de un solo depósito) dispuestos de tal modo, que el del centro, destinado al servicio de las fuentes públicas y de los lavaderos, recibiese el agua sobrante de los otros dos. Desde estos depósitos partían las cañerías de barro cocido ó de plomo empleadas en la distribución, y ramificándose por las calles servían separadamente y con entera independencia, unas las casas y palacios ocupados por la parte rica de la población, otras las termas y baños públicos, y las últimas los lavaderos y las fuentes, á donde la inmensa mayoría del pueblo tomaba el agua necesaria para los usos domésticos. A estas cañerías hay que agregar las que, arrancando de los acueductos destinados á un uso especial y del pilón de

Castella divisoria

las fuentes monumentales, surtian los circos, los anfiteatros, las naumaquias y las cloacas.

Tal era el conjunto de las obras que la antigua Roma había creado para el servicio de las aguas. De su importancia y magnitud puede juzgarse por los números que nos ha trasmitido la historia.

Al principiar el reinado de Trajano, la longitud total de los nueve acueductos era de 418 kilómetros; de estos, 364 estaban construidos bajo la superficie del suelo; $4\frac{1}{2}$ sobre muros, y cerca de 49 sobre arcadas, que llegaban hasta 33 metros de altura.

*Volúmen de agua
que surtía
Roma*

El volúmen de agua que conducian á la ciudad era enorme. Frontino midió cuidadosamente el caudal de todos los acueductos, tanto en su origen como á su llegada á la poblacion, y encontró para la suma la cifra de 24.805 quinarios. El quinario era la unidad ó marco de los fontaneros romanos, y representaba el caudal que sale por un orificio circular de $\frac{1}{4}$ de dedo de diámetro, con una carga de 15 dedos sobre el centro. En nuestras modernas medidas equivale muy próximamente á 60 metros cúbicos por dia; así, la cantidad de agua que los nueve acueductos llevaban diariamente á Roma era de un millon cuatrocientos ochenta y ocho mil trescientos metros cúbicos.

No ha habido poblacion en el mundo, ni la hay en el dia, que disponga de un volúmen de agua que á este pueda compararse. Lóndres, la mayor ciudad de Europa, solo cuenta con la octava parte de aquella cifra; París hace un año apenas llegaba al décimo, y cuando termine las obras que ha emprendido recientemente y las que proyecta para atender á las necesidades del porvenir, no habrá reunido ni aun la quinta parte del agua que Roma consumia en el siglo I de nuestra era.

Se ignora en cuánto se aumentó el volúmen de 1.488.300 metros por la construcción de los cinco acueductos que desde el principio del siglo II al IV se añadieron á los nueve existentes: los sucesores de Frontino en la administración de las aguas no imitaron su ejemplo, ó al menos no ha llegado á nuestra época noticia alguna de sus trabajos: solo se sabe que los catorce acueductos surtían las 46.000 casas de enormes dimensiones, completamente aisladas entre sí, formando cada una lo que en el día se llama una isla ó manzana, que contenían la gran masa de los habitantes de Roma; 1700 palacios ó casas monumentales, habitación de los ciudadanos opulentos; 936 baños públicos, 3 teatros, 3 anfiteatros, 9 circos y 5 naumaquias.

Ni la traslación de la corte á Constantinopla, ni las primeras invasiones de los bárbaros, tuvieron influencia alguna en el servicio hidráulico de Roma; los acueductos continuaron llevando á los habitantes el inapreciable beneficio de sus abundantes y cristalinas aguas como en los tiempos en que la Ciudad Eterna era la reina y señora del universo.

Los visigodos, los vándalos, los suevos y los hérulos, pillaron y saquearon á los aterrados habitantes de la ciudad destronada de cuanto en ella se encerraba de algun valor, haciéndoles sufrir la justa espacion de los innumerables despojos que en pasados tiempos habian ellos cometido, y preludiando los que en tiempos venideros habian de llevar á cabo los ejércitos de la civilizada Europa; pero con mas veneracion que estos últimos á las supremas manifestaciones del arte, los bárbaros respetaron al menos la mayor parte de los grandes monumentos que habian hecho de Roma la maravilla del mundo.

Cuando en el año 476 Odoacro se proclamó rey de

*Invasiones
de visigodos, vándalos
y suevos*

Roma, y esta habia ya sido saqueada por Alarico, por Genserico y por Ricimer, quedaban intactos y sin la menor traza del fuego ni del hacha de los bárbaros el foro romano, el de César, el de Augusto, el de Nerva y el de Trajano; los edificios sagrados del Capitolio; las Basílicas Julia, Ulpia, y la de Constantino; la mayor parte de los templos, los teatros, anfiteatros, y las naumaquias de Augusto y de Adriano. Las líneas monumentales de los acueductos no presentaban la menor solución de continuidad, y las termas de Caracalla, de Diocleciano y de Constantino recibían el agua con la misma abundancia que antes de la primera invasión.

*Corta de los
acueductos
por Belisario*

Era imposible, sin embargo, que en el continuado y tremendo embestir de aquellos pueblos bárbaros, que cual hambrientos chacales acudían á devorar el cadáver del imperio Romano, quedasen eternamente en pie obras de tal importancia para la población, que daban fácil medio á los invasores de ponerla á su merced y discreción, y así sucedió en efecto; porque cuando en el siglo VI Witigis, al frente de 150.000 ostrogodos, puso sitio á Roma, que los bizantinos defendían dirigidos por Belisario, cortó los catorce acueductos que surtían á la ciudad, pensando así, no solo privarla del agua sino impedir la fabricación de la harina, que los romanos habían establecido por medio de molinos movidos por el agua de los acueductos. Y aun cuando esta medida no produjo el resultado que esperaba el jefe godo, porque el pueblo bebió las aguas del Tiber, y Belisario trasladó los molinos al río, dándoles movimiento por medio de ruedas que, suspendidas entre dos barcas, giraban á impulso de la corriente, quedó por primera vez interrumpido el servicio hidráulico de la ciudad, y los acueductos no fueron reparados, acabándose de arruinar en

las invasiones y guerras sucesivas de los godos, los lombardos y los francos.

Entonces el pueblo, como en los primeros tiempos de la fundacion de Roma, no usó mas agua que la del Tiber durante dos siglos y medio. En el año 784 el Papa Adriano I restauró cuatro de los acueductos arruinados; y 75 años despues, Nicolás I restableció el de Trajano, trabajo inútil, porque las invasiones continuas de los alemanes y normandos, y las discordias civiles de la edad media, no dejaron en pié obra alguna de abastecimiento de aguas, hasta que á fines del siglo XVI, y bajo los pontificados de Pio IV y Pio V, se reedificó el antiguo acueducto del agua *Virgen*, y bajo Sisto V se levantó el magnífico monumento del agua *Marcia*, llamado hoy del agua *Felice* á causa del nombre de aquel ilustre soberano. Por último, Pablo V completó el nuevo abastecimiento de Roma en el siglo XVII, derivando algunos manantiales y las aguas del lago Bracciano por un nuevo acueducto, que tomó y conserva aún el nombre de agua *Paola*.

Estos tres acueductos son los que hoy existen y llevan diariamente á la ciudad 108.000 metros cúbicos, cantidad exígua comparada con la que Roma disfrutaba en tiempo de los emperadores, pero aun así, muy superior á las necesidades de la actual poblacion, y á la que consumen las mayores capitales modernas.

Tal es, bosquejada á grandes rasgos, la historia del abastecimiento de aguas de la ciudad de Roma. En ella se encuentran acumulados todo el génio y todos los conocimientos hidráulicos de la antigüedad; y yo voy á examinar su valor científico despues de quince siglos de progreso.

El estudio del abastecimiento de agua de las poblacio-

*Restauracion
de 4 de los acueductos*

*Reedificacion del
acueducto
del agua Virgen*

*Acueducto
de
agua Paola*

-20-
Estudios técnicos
de la
construcción romana

12

Estudio científico
de los
antiguos sistemas
de conducción de
aguas

1.ª cuestión
Calidad de las aguas

nes puede reducirse al de cuatro puntos principales, que dominan y comprenden toda la cuestión, á saber: calidad y cantidad de las aguas, sistema de conducción y de distribución de las mismas. ¿Cuál es la solución que á cada uno de ellos se daba en los primeros siglos de la era cristiana? Voy á presentarlas sucesivamente.

Los romanos utilizaban todas las aguas para el surtido de las poblaciones. Manantiales, arroyos, rios, lagos, todo pagaba su tributo, y servia así á la capital del imperio como á las poblaciones que en Europa, en Africa y en Asia de él formaban parte; y si no aprovechaban, como los modernos, las aguas artesianas, era porque desconocian su teoría, y el arte de abrirles paso al través de las rocas que las cubren. Pero sabian muy bien, sin embargo, como sabemos hoy, que no todas las aguas son igualmente propias para la bebida y demás aplicaciones urbanas; y á pesar de que carecian de toda noción relativa á la composición atómica de los cuerpos, con un sentido práctico maravilloso y un tacto médico exquisito, hicieron una clasificación de las aguas potables que apenas puede alterarse en el siglo XIX.

Celso, que escribia en tiempo de Tiberio, dice en su *tratado de medicina*, que las aguas de lluvia son las mas ligeras que se beben; y coloca á continuación y sucesivamente las de los manantiales, los rios, los pozos, y las de nieve y hielo, terminando por las de los lagos, que dice ser mas pesadas, y pesadísimas y peores que todas las de los pantanos (1).

(1) Aqua levisima pluvialis est; deinde fontana; tum ex flumine; tum ex puteo; post hæc ex nive, aut glacie; gravior his, ex lacu; gravissima, ex palude.

¿Es este el orden en que la ciencia moderna coloca las aguas potables y las escoje para llevarlas á las poblaciones? Cuestion es esta que no ha recibido aún completa y definitiva solucion, á pesar de los extraordinarios adelantos que la higiene, la fisiologia, y especialmente la química, han hecho en los últimos tiempos. No se conoce suficientemente la accion que las materias estrañas, que en disolucion llevan todas las aguas, ejercen sobre el organismo humano; y no es unánime, y mucho menos sobre este punto, el parecer de los fisiólogos é higienistas.

Mas si la teoría no ha podido aún dar una solucion directa y *à priori* de tan vital é importante cuestion, la observacion y la esperiencia de lo que durante siglos tiene lugar en las principales ciudades de Europa, permite, en mi concepto, suplir esta falta y establecer principios y deducciones que sirvan de segura guia en el difícil problema de la distribucion de las aguas: que la satisfaccion de las necesidades del hombre, ni admite siempre dilacion, ni puede aguardar á que la ciencia haya encontrado la expresion matemática de la solucion, de un valor inestimable siempre como expresion exacta de la verdad, pero tardia en muchas ocasiones é inaplicable en algunas otras.

Sabido es que todas las sustancias que contienen las aguas potables pueden clasificarse en tres grupos distintos: gases, materias fijas y sustancias orgánicas.

Los gases, que en proporcion notable contienen las aguas, son los que entran en la composicion del aire: es decir, el oxígeno, el nitrógeno y el ácido carbónico. Y en esta parte hay completa conformidad entre los hombres de la ciencia: el aire, segun ellos, es un elemento esencial de las aguas; las hace agradables al paladar y de fácil digestion; y tambien están acordes en que esta doble y benéfica

influencia se debe muy principalmente al oxígeno, y después al ácido carbónico.

Lejos de mí la idea de combatir una opinión que cuenta con la autoridad de los primeros nombres de la ciencia, de Hipócrates y Galeno: talento, instrucción y experiencia me faltan para semejante empresa; pero sí creo que los hechos demuestran con irresistible evidencia, que ó no es tan absoluta como se supone la exactitud de aquel principio, ó no tiene importancia práctica ninguna.

Hay un gran número de poblaciones que beben el agua casi completamente privada de aire. La mayor parte de las que se surten de aguas de filtración, de pozos ordinarios y de pozos artesianos se hallan en este caso; y entre los numerosos ejemplos que pudiera citar, indicaré uno tan solo que es de todos vosotros conocido.

En el año 1833 se emprendió en París la perforación de un pozo artesiano, que por la localidad en que está situado tomó el nombre de *pozo de Grenelle*. Al cabo de ocho años de trabajo subió el agua á la superficie del suelo, pero las obras no quedaron completamente terminadas hasta el de 1852, desde cuya época se están distribuyendo y usándose en varias calles y algunos edificios públicos, entre ellos el hospital *des Enfants* y el de *Necker*. El análisis de las aguas há hecho ver que apenas contienen algunos átomos de oxígeno, hallándose, por el contrario, fuertemente cargadas de nitrógeno; y sin embargo, ni en las casas particulares ni en los hospitales se ha observado inconveniente alguno ni alteración de ninguna especie en la salud de los habitantes por beber un agua privada de aire atmosférico; y lo mismo sucede en otras muchas localidades donde desde tiempo inmemorial se usan aguas no aireadas, ó que carecen totalmente de oxígeno en disolución.

*Aguas
de
pozos artesianos*

Yo sé que los que defienden la necesidad del aire en las aguas potables dirán, que aun cuando estas no lo contengan en el punto y en el momento en que se toman, no pueden llegar al contacto con la atmósfera sin disolver todo el que permite su temperatura; y que es tal la *avidez* del agua por el aire, que le bastan muy pocos instantes para saturarse y convertirse en lo que vulgarmente se llaman *aguas aireadas*, de modo que en definitiva se beben siempre en las poblaciones aguas de esta clase, cualquiera que sea su procedencia. Mas si esto es así, y si, como lo demuestran los esperimentos de Mr. Boussingault, es infinitamente mas difícil obtener un agua sin aire que airear la que naturalmente carece de él, hasta el punto de que en el laboratorio, y á pesar de las precauciones mas minuciosas para impedirlo, la disolucion del aire y la saturacion del agua se verifica con suma rapidez; si esto es así, repito, ¿qué importancia práctica puede tener el principio de la influencia del aire en la calidad de las aguas para el surtido de las poblaciones? Ninguna, seguramente, porque desde el sitio y el instante en que se toman hasta aquel en que se consumen, hay espacio y tiempo sobrado para que las aguas adquieran todo el aire que necesitan, si es que de él carecen en su origen.

No es tan unánime el parecer de los médicos acerca de la influencia que las materias fijas ejercen en la economía animal, pues mientras unos, y especialmente los ingleses, graduan la bondad de las aguas potables en razon de su pureza, otros sostienen que deben contener materias estrañas á su composicion atómica, y especialmente carbonato de cal y cloruro de sódio.

Interin se discute la cuestion, y llegan los maestros de la ciencia á ponerse de acuerdo sobre tan importante asun-

to, séame permitido observar que las aguas que se están bebiendo de tiempo inmemorial en todo el mundo ofrecen tan enormes diferencias de composición, que en ellas se encuentran desde el agua destilada hasta las aguas gordas, impotables para todo el que no haya vivido largo tiempo en la localidad. El procedimiento ideado en Inglaterra por el Doctor Clark, y perfeccionado y generalizado en Francia por los Sres. Boutron y Boudet, permite apreciar la cantidad total de sales calizas y de magnesia que contienen las aguas, espesándola en grados de una escala hidrotimétrica en la que el agua destilada marca 0 grados, y las buenas potables no pasan de 25.

Pues bien, mientras en algunas localidades, como en el Ardeche y el Puy-de-Dome en Francia, las aguas señalan 2, 1, y hasta medio grado, y en Madrid las del Lozoya marcan 2½ solamente; es decir, mientras en estas localidades se usan aguas que apenas difieren del agua destilada, en otras, el hidrotimetro acusa 60, 80, 100 y mas grados de impureza. En nuestras provincias del Mediodía las aguas contienen cantidades enormes de sales calizas. Una de las fuentes de la ciudad de Málaga que he tenido ocasion de examinar recientemente, señala 72 grados; y en Francia las de Marsella llegan hasta 138°, y las de Versalles á 160.

¿No se puede deducir de estas observaciones, que si las aguas que contienen fuertes dosis de materias estrañas no son tan agradables al paladar como las que se aproximan al estado de pureza, son por lo menos completamente inofensivas para la salud de las poblaciones? ¿No ha habido ocasion y tiempo sobrado para que, en caso contrario, su accion se manifestase y pudiera determinarse con precision, ó al menos señalarse?

Otro tanto puedo decir, y por las mismas razones, de la influencia de las materias orgánicas, y eso que sobre este punto es unánime la opinion de todos los facultativos. El agua es tanto menos propia para la bebida, cuanto mayor es la cantidad de materias orgánicas que contiene.

Es cierto que la inestabilidad de estas sustancias produce su descomposicion y convierte el agua mas pura en una bebida infecta y del todo inadmisibile: mas tambien lo es que mientras la descomposicion no se verifica, no puede ser tan nociva como se supone la presencia de las materias orgánicas. ¿Cómo, si no, se concibe que muchas poblaciones beban impunemente aguas que recubren en pocos dias de una gruesa capa vegetal los pilones y esculturas de las fuentes; que no pueden conservarse mucho tiempo sin alteracion en las habitaciones; y que en ciertas épocas del año adquieren un sabor herbáceo muy pronunciado, que demuestra claramente su naturaleza y procedencia?

Por no dar mayores proporciones á esta digresion, ya demasiado estensa, no citaré mas que un solo ejemplo, pero notable por la intensidad del fenómeno, y por ser casi universalmente conocido.

Desde principios de este siglo hasta el año actual, mas de la mitad del agua que consume la poblacion de París procede del canal de navegacion llamado *Canal de Ourcq*, por ser este rio el que principalmente sirve para su alimentacion. Las clases pobres y una parte de las acomodadas no beben otra agua, porque es la que la municipalidad da gratuitamente en las fuentes de vecindad, y porque cuesta la mitad que las demás á los que la reciben en el interior de sus casas. Los estrangeros tambien la bebemos, porque en las fondas y cafés generalmente no usan otra, si bien tienen la precaucion de filtrarla, para quitarle la

tierra y demás sustancias que siempre lleva en suspensión. Su mala calidad es casi proverbial; difícilmente se encuentran aguas menos gratas; y personas hay que sufren en los primeros días que las beben, una muy sensible perturbación en las funciones digestivas. En su mayor parte todos estos fenómenos son debidos á la excesiva cantidad de materias orgánicas que en disolución contienen. Sería preciso compararlas con las que hace veinte ó treinta años distribuían algunas compañías de Londres, tomándolas del punto en que desaguaban en el Támesis las principales alcantarillas, para encontrar aguas mas cargadas de sustancias procedentes del reino animal y vegetal. Y á pesar de esto, ¿qué ha podido observar la ciencia en el dilatado período de mas de medio siglo? ¿Qué accidentes ni endémicos ni epidémicos han podido atribuirse fundadamente al uso de estas aguas?

Preciso es conocer que el organismo humano, dotado, por decirlo así, de cierta flexibilidad, se acomoda á las condiciones químicas de las aguas; y esto entre límites tan extensos, que puede utilizar higiénicamente como potables casi todas las que se conocen con el nombre de *aguas dulces*.

Mas si la bebida no es una aplicación que permite clasificar las aguas de una manera precisa y rigurosa sin dejar campo alguno á la discusión, hay otras en cambio, que definen y determinan sin la menor duda ni vacilación los caracteres que debe presentar el agua para el servicio de las poblaciones. Me refiero á la mayor parte de los usos domésticos y á los industriales.

Las aguas cargadas de materias estrañas consumen inútilmente una gran cantidad de combustible, porque llegan con suma lentitud á la temperatura de la ebulli-

cion; no cuecen bien las legumbres, ni son propias para la preparacion de los alimentos; impiden, ó al menos retardan la formacion de la aroma del te y del café, inutilizando una buena parte de estas sustancias; cortan el jabon, ocasionando pérdidas importantes, que en algunas localidades se elevan á varios millones todos los años; dan lugar á la formacion de concreciones en los generadores de vapor; no avivan suficientemente los colores en las tintorerías; dificultan y encarecen la fabricacion del papel; revisiten los acueductos y cañerías de sedimentos y concreciones que se endurecen hasta tomar la consistencia de las piedras mas resistentes, amenguando la capacidad de los conductos; incrustan los tejidos vegetales, disminuyendo y aun anulando su permeabilidad, hasta llegar á impedir en ocasiones la nutricion de las plantas; y en una palabra, son un obstáculo perenne para todas las aplicaciones y usos en que entran como agente químico ó mecánico.

Para todos ellos el agua es tanto mas propia y conveniente cuanto mayor es su pureza; y como entonces es tambien mas agradable como bebida, creo que en el dia puede establecerse su clasificacion, dando la preferencia á las que en igualdad de condiciones tengan menos cantidades de materias ajenas á su composicion atómica.

Si se admite este principio, poco puede alterarse el orden en que *Celso* enumeraba las aguas.

Las de lluvia, que coloca en primer lugar, son, en efecto, agua destilada con ligerísimas cantidades de ácido nítrico, libre ó combinado con el amoniaco. Las de los manantiales y los rios varian notablemente en su composicion, sin que pueda fijarse de una manera absoluta el orden de preferencia; pero la diafanidad de las aguas de

fuente y la invariabilidad de su temperatura las hace, en general, preferibles á las de los rios, que se enturbian con frecuencia y siguen todos los cambios termométricos de la atmósfera, justificándose así la colocacion que les da Celso. Tambien están justamente colocadas en el último lugar las aguas de los lagos y las de los pantanos, porque con raras escepciones, á todos los inconvenientes de las demás aguas añaden el de hallarse escesivamente cargadas de materias animales y vegetales en todos los grados posibles de descomposicion, sobre todo en el estío, que es precisamente cuando mayor es su influencia.

La única modificacion que pudiera introducirse en la clasificacion romana, se refiere á las aguas que provienen del derretimiento de las nieves. Su pureza las coloca muy por encima de todas las de los pozos, y de muchos rios y manantiales; pero aparte de esta modificacion, puede hoy admitirse lo que en tiempo de Tiberio se estableció acerca de la preferencia que conviene dar á las aguas. Los diez y ocho siglos transcurridos desde que Celso escribió su obra, no han alterado las deducciones de este profundo observador.

Mas aún; Vitrubio dedica un brevísimo capítulo de su tratado de arquitectura á indicar los medios de conocer *à priori* la calidad de las aguas: casi todo lo que en él dice es hoy aplicable y presenta alguna utilidad práctica; y sin la creacion de la química analítica, la mas moderna de todas las ciencias, como que es hija de nuestro siglo, nos veríamos hoy reducidos á los mismos procedimientos que nos enseña el arquitecto de Augusto.

He dicho que la cantidad de agua que diariamente llevaban á Roma los nueve acueductos que existian en tiempo de Nerva era 1.488.300 metros cúbicos; y que se ignora

en cuánto se aumentó por la construcción de los otros cinco que Trajano y sus sucesores añadieron (desde el siglo II al IV de nuestra era. Prescindiendo de este aumento, basta aquel primer número para comprender que los antiguos trataban con mas largueza y suntuosidad que los modernos el servicio hidráulico de las poblaciones. Es indispensable sin embargo, para formar un juicio exacto acerca de esto, referir el volúmen que diariamente llegaba á la ciudad al número total de sus habitantes, y deducir el consumo medio individual, comparándolo despues con el que tiene lugar en las poblaciones modernas.

Difícil es determinar en el día el número de habitantes de la Roma Imperial. La antigüedad ninguna noticia precisa nos ha dejado; y solo pueden hacerse conjeturas, fundadas, sea en la estension superficial que ocupaba la población, en su consumo de cereales, en el número de sus habitantes, ó en algunos otros caractéres que por desgracia dejan siempre vasto campo á la apreciacion y al criterio individual. Así es que aun entre los escritores é historiadores mas reputados, se encuentran diferencias extraordinarias al resolver este problema.

Dureau de la Malle, en su *Economía política de los romanos*, reduce la población de Roma á poco mas de medio millon de habitantes; *Letarouilly* en la obra *Edificios de Roma*, la fija en 800.000; *Gibbon* en la *Historia de la decadencia del Imperio Romano*, y *Moreau de Jonnes* en su *Estadística de los pueblos antiguos*, la llevan á 1.200.000; *Desobry* en su descripción de *Roma en el siglo de Augusto*, la hace llegar á 1.300.000; y por último, *Mary Lafon*, en el libro titulado *Roma antigua y moderna*, la eleva á 4.000.000. Y no hago aquí mención de otros escritores (menos dignos de confianza, es cierto), que pretenden que

2^a cuestión
Cantidad de agua
por habitante

Roma contó dentro de sus muros y en los arrabales hasta 16.000.000 de habitantes.

Aun no tomándose en cuenta más que las apreciaciones de los autores mencionados, se ve que la población varía en la relación de 1 á 8, y que según se admita la más baja ó la más elevada, resultarán para el surtido de la antigua Roma 2977, ó solo 372 litros por habitante y por día.

Los ingenieros fijan ordinariamente en 100 litros la dotación necesaria para atender á todos los servicios de los grandes centros de población. Los más exigentes no van más allá de 150 á 170 litros á lo sumo, y muy contadas capitales disfrutaban en el día de este volumen. Londres no dispone más que de 95; París, hasta que han llegado en el año último las aguas del río Dhuys solo tenía 84; Lyon 85; Ginebra 74; Edimburgo 50; Madrid 100; Génova 100; y muy pocas ciudades importantes pasan de esta cifra.

Así, aun admitiendo la más elevada de todas las valuaciones, es decir, suponiendo que hubiera en la antigua metrópoli del universo 4.000.000 de habitantes, era en absoluto el surtido de agua tres veces más abundante que el de nuestras modernas poblaciones. Y digo en absoluto, porque se han desarrollado en nuestra época una multitud de aplicaciones y usos del agua desconocidos en los siglos pasados, que consumen volúmenes enormes, y elevan notablemente la cifra necesaria para el abastecimiento.

3^a cuestión
Sistema de
conducción de las aguas

Los romanos no conocían más que un solo medio de llevar el agua á las poblaciones. Sin idea alguna acerca de las leyes del movimiento de las corrientes subterráneas, y reducidos al uso de las máquinas y aparatos más imperfectos é ineficaces, cuando se veían en la precisión de elevarlas, su sistema de conducción consistía siempre en el

empleo del acueducto, sistema llamado de *gravitacion* en Inglaterra, y de *agua rodada* en nuestro gráfico idioma.

Mas si no conocieron otro medio de abastecimiento, en cambio dieron á este un grado tal de perfeccion, que á pesar de los increíbles adelantos de las artes y las ciencias y de los poderosos recursos que prestan al ingeniero en el ejercicio de su profesion, es difícil en nuestros dias, ir mas allá de donde llegaron los constructores de los primeros siglos de nuestra era.

El acueducto romano resuelve el problema de la conduccion de las aguas de una manera completa y perfecta.

Tiene su origen generalmente en un manantial, y encierra las aguas en un conducto de fábrica que las aísla de la luz y del calor, é impide que los cuerpos estraños lleguen con ellas á combinarse, alterando su pureza y diafanidad; y no por eso las priva del contacto del aire, porque el nivel superior del agua en el acueducto no pasa generalmente de la línea de arranques de la bóveda. Por el interior de este conducto corren las aguas en virtud de la inclinacion continúa que hácia la poblacion tiene su fondo, y llegan á ella intactas, y conservando todas las cualidades que tenian al salir del manantial. Y en algunas ocasiones el trascurso por el acueducto llega á mejorarlas, porque da lugar á que se desprenda el exceso de ácido carbónico que mantenía en disolucion el carbonato calizo, haciendo que este, insoluble ya, se precipite sobre el fondo y las paredes, dejando en ellas, bajo la forma de un revestimiento artificial, una buena parte de las materias que perjudicaban á la calidad de las aguas.

Por sencilla y hasta trivial que parezca la solucion que los arquitectos de la antigüedad dieron al problema de la conduccion de las aguas, no deja de ser notable que nun-

ca se apartaron de ella; y en nuestro siglo, mas aún, en nuestros mismos dias, ingenieros de un mérito indisputable, al proyectar grandes obras de abastecimiento, han abandonado los principios establecidos en los tiempos pasados, y han conducido las aguas por cauces abiertos en tierra sin revestimiento ni cubierta, dando así al pueblo una bebida nauseabunda en el verano, glacial en el invierno, y siempre cargadísima de sustancias orgánicas y minerales. Y si Montricher, al llevar de este modo á la ciudad de Marsella las aguas del rio *Durance*, pudo tener la excusa de que mas que como aguas potables (y en efecto, nadie las bebe en Marsella) debian considerarse como aguas de riego de las afueras y de limpieza de la poblacion (que por cierto bien la habia menester), ¿cómo puede comprenderse que Girard pretendiera resolver el difícil problema del abastecimiento de París, construyendo un canal de navegacion, que por una ley que casi no admite excepciones, sirve muy mal las necesidades del comercio, y peor aún las del surtido de aguas de la metrópoli francesa? Mejor aconsejado Mr. Belgrand, ingeniero que actualmente dirige las obras de la municipalidad de París, propuso y acaba de realizar una derivacion del rio Dhuis, bajo los mismos principios y condiciones que establecieron los arquitectos de Roma.

Tampoco podemos separarnos de la manera con que estos adaptaban la línea del acueducto á las ondulaciones y movimientos del terreno. Ya sabian que el mejor trazado que puede darse á una obra de esta clase es el que coloca la línea de solera en un desmonte de 2 á 3 metros de profundidad; y basta recordar, para convencerse del rigor con que observaban este principio, que de los 418 kilómetros que componian los nueve acueductos de Roma, 364,

es decir, mas del 87 por 100, estaban contruidos bajo la superficie del terreno. La única diferencia que se encuentra entre el trazado de los antiguos y los modernos, proviene de la frecuente aplicacion que en el dia se hace de los sifones de hierro para evitar la edificacion de los grandes puente-acueductos, que son siempre las obras de mas lenta y costosa ejecucion.

Mas no se crea por eso que los romanos desconocieron el uso de los sifones; si no los empleaban con la frecuencia que los modernos, era porque en aquella época las ventajas que presentaban sobre el puente-acueducto estaban muy lejos de ser comparables á las que los inmensos adelantos de la fabricacion del hierro proporcionan en la actualidad. Y á pesar de esto, notables ejemplos pueden citarse que manifiestan, que en esta cuestion no hemos hecho mas que imitar á los antiguos, y no siempre con mucho acierto.

La ciudad de Lyon estuvo alimentada en tiempos pasados por tres acueductos romanos. En el mas antiguo, construido segun se cree por el triunviro Marco Antonio, se encuentra un enorme sifon que salva un valle de 2 kilómetros de longitud y 93 metros de profundidad. En el segundo, que es de la época de Augusto, hay dos sifones, aunque de menor longitud y carga; y en el mas moderno y mas importante de los tres acueductos, construido á mediados del siglo I de nuestra era por el emperador Claudio, segun aparece de la inscripcion *Tiberius Claudius Cæsar* de los tubos desenterrados en el siglo pasado, hay hasta cuatro sifones, cuya carga es de 32 metros en el mas pequeño y de 125 en el mayor. Este último número dice por sí solo cuánta es la importancia de la obra: en el dia, una carga de 70 á 80 metros es ya extraordinaria, y exige precauciones especiales. Los romanos llegaron á doblarla,

y eso que no conocían la tubería de hierro fundido ni forjado, y solo podían emplear pequeñas cañerías de plomo, supliendo por su número y el espesor de sus paredes la falta de capacidad y de resistencia del único material de que podían hacer uso. Hasta 8, 9 y 10 filas de tubos colocaban en los sifones, y á pesar de esto necesitaban dar á la boca de salida un desnivel de varios metros respecto de la de entrada, para que cupiese por los angostos conductos de 16 á 20 centímetros de diámetro, que á lo sumo llegaban á fabricar arrollando láminas de plomo, la enorme masa de agua que conducían sus acueductos.

Esto se hacia al principio de la era cristiana, y en el año 39 del presente siglo se construía en Marsella el puente-acueducto de Roquefavour, para pasar las aguas del canal por encima de un valle de 82 metros de profundidad, empleándose en esta obra la suma de 14 $\frac{1}{2}$ millones de reales y ocho años de incesante trabajo. La quinta ó sexta parte del tiempo y del dinero hubiera sido suficiente, si en vez del puente-acueducto se hubiese adoptado la solución del arquitecto romano que construyó el acueducto del *Monte Pila* en Lyon.

Los antiguos desconocían la ley matemática que enlaza la pendiente con las dimensiones de la sección transversal, la velocidad y el gasto de un acueducto; pero no es esto de extrañar, porque en el día nos vemos obligados aún á emplear fórmulas empíricas, que no ofrecen completa confianza sino cuando se aplican en condiciones idénticas ó al menos análogas á aquellas que han servido para determinar los valores numéricos de sus coeficientes. Por eso se observa que en los primeros acueductos romanos la inclinación era excesiva; y Vitrubio, al esponer las reglas para conducir las aguas, aconseja adoptar la pendiente de $\frac{1}{2}$ por

100. Mas bien pronto debieron conocer que era inútil dar tanta caída á las aguas, perdiendo el desnivel disponible para distribuir las en los sitios elevados de la poblacion; y en efecto, mientras el acueducto del agua *Appia*, el mas antiguo de todos los de Roma, presenta la pendiente que fija Vitrubio, el agua *Virgen* tenia solamente $2\frac{1}{3}$ por 1.000, y el agua *Claudia* poco mas de $\frac{1}{2}$.

Por la misma razon el nivel de llegada de los acueductos en Roma iba elevándose sucesivamente. El agua *Appia* tenia su término á 8,37 metros sobre el piso del muelle en la desembocadura de la Cloaca máxima en el Tiber; el agua *Virgen* á 10,43 metros sobre el mismo punto; el agua *Marcia* á 37,48 metros; el agua *Tépula* á 38,23 metros; el agua *Julia* á 39,71; y los dos acueductos construidos por Claudio pasaban de 47 metros. La altura del monte *Esquilino*, la mas elevada colina de Roma, es de 44 metros sobre el muelle del Tiber: se ve pues con cuánta razon decia Plinio que los acueductos llevaban el agua hasta los mas altos montes de Roma.

El sistema de distribucion de las aguas que en el interior de la ciudad empleaban los romanos, era una consecuencia forzosa del estado en que se hallaba, el arte de fabricar la tubería. Limitados á emplear cañerías de barro cocido ó de plomo, dieron al problema la única solucion que con semejantes elementos podia recibir. El agua que los acueductos vertian en los depósitos conocidos con el nombre de *Castella divisoria*, iba por medio de un número inmenso de cañerías (porque su reducida capacidad obligaba á multiplicarlas indefinidamente) á una multitud de pequeños depósitos, llamados *dividicula* por los antiguos fontaneros romanos, y *cambijas* ó *arcas de agua* en nuestro idioma moderno, distribuidas por todos los barrios de la

3^a cuestión
Distribución de
las aguas

ciudad, y de los que salían los tubos para surtir las fuentes y las concesiones particulares. Ningun servicio público ni privado podía hacerse derivando directamente el agua de las cañerías generales; era indispensable acudir al *arca de agua* mas inmediata, y allí se establecía la *toma* y su *aforo* ó medición. Esta se verificaba haciendo salir el agua por un orificio de un diámetro y una carga determinada: una cañería dedicada esclusivamente al servicio de cada concesion, la llevaba al punto de su destino.

Este sistema de distribución y de aforo se ha conservado sin alteración alguna hasta nuestros días, y ha sido y está actualmente empleado en la inmensa mayoría de las poblaciones de Europa. Solo ha desaparecido de las localidades donde aprovechando los últimos adelantos de la industria, se ha planteado la distribución domiciliaria por medio de grandes cañerías de hierro fundido, sometidas á una alta presión, capaz de elevar el agua hasta los últimos pisos de todas las casas. En las demás continúa el uso del sistema romano; diferencias tan solo de forma y de tamaño nos separan de la antigüedad.

El *marco* de las aguas llamado *quinario* por los fontaneros de Roma, sin cambiar de naturaleza ni aun de forma siquiera, se emplea en Francia bajo el nombre de *pulgada fontanera*, en Italia con el de *ónza*, y en España se llama *real fontanero*. Las cañerías no son tan numerosas, y llevan menos agua que las de Roma, pero están construidas con los mismos materiales y bajo los mismos principios; y las arcas de agua, que los romanos edificaban con los mas preciosos mármoles, y adornaban con molduras y estatuas debidas al cincel de sus grandes escultores, son hoy modestísimas construcciones, ocultas bajo el piso de la calle ó encerradas en los muros de los edificios privados, y sin otra

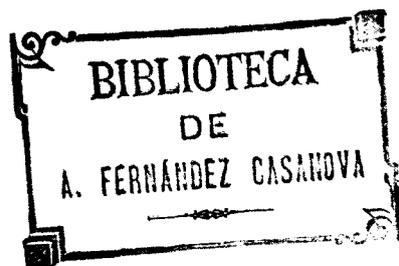
manifestacion exterior de su existencia, que el miserable ventanillo que sirve al fontanero para examinar la dotacion que recibe y distribuye cada una.

En resumen, las soluciones que la antigua Roma dió á las principales cuestiones que entraña el dificil problema del abastecimiento de agua de los grandes centros de poblacion, conservan hoy un alto valor, y algunas han llegado intactas hasta nuestros dias al través de los diez y ocho ó veinte siglos que nos separan de su origen; y, preciso es confesar que si la cantidad de agua consumida por un pueblo, y la inteligencia, el arte y la perseverancia para adquirirla, fueran suficiente criterio de su civilizacion, habria que colocar al pueblo romano muy por encima de todas las naciones antiguas y modernas.

No han sido, sin embargo, completamente perdidos para el servicio hidráulico de las poblaciones los catorce siglos trascuridos desde la caida del imperio. Dos grandes innovaciones se han introducido en la manera de utilizar las aguas; y hago aquí caso omiso del aprovechamiento de las corrientes artesianas, porque hasta el dia han sido insuficientes por sí solas para atender á las exigencias de las ciudades populosas.

Una de estas innovaciones ha sido originada, segun indiqué anteriormente, por la sustitucion del hierro á la tierra cocida y al plomo, que exclusivamente usaban los romanos en la confeccion de las cañerías, y á la madera, que tambien se empleaba en el siglo pasado y á principios del presente. Merced á este gran paso de la industria, el sistema de distribucion ha cambiado. Las *arcas de agua* se suprimen por completo; las concesiones se derivan directamente de las cañerías generales: cada edificio, cualquiera que sea su situacion, puede tomar el agua en la tubería

*Innovaciones
modernas al sis-
tema Romano de
conduccion de agua*



que pasa á sus piés, y distribuirla en el interior á la altura de sus diversos pisos; todos los servicios públicos y particulares se plantean fácil y económicamente; y el sistema entero se simplifica y mejora, respondiendo á las exigencias de la moderna civilizacion en nuestras grandes capitales.

La otra innovacion consiste en el empleo de las bombas, en combinacion con los motores hidráulicos ó las máquinas de vapor, para la elevacion de las aguas. Es claro que de este modo pueden utilizarse en el dia muchas que nunca los romanos hubieran podido distribuir. Lóndres, Filadelfia, Berlin, Lyon, Tolosa y otras varias poblaciones, han evitado hasta ahora, por este medio, la construccion de acueductos para abastecerse de agua, tomándola de los rios que corren á sus piés ó sus inmediaciones; y á primera vista, nada en efecto parece mas lógico y sencillo que aprovechar las que discurren naturalmente por el interior de la ciudad, antes de ir á buscar otras á grandes distancias, y salvando montes y valles por medio de difíciles y costosísimas obras de arte. Mas la razon y la esperiencia de mas de un siglo hacen ver que no suele ser esta la solucion mas conveniente.

Los rios, aun aquellos que llevan aguas puras y cristalinas, se alteran y vician profundamente al pasar por el interior de las grandes poblaciones. Su situacion los hace el colector obligado de todas las aguas llovedizas, industriales é inmundas, y de las enormes masas de materias orgánicas é inorgánicas que arrastran en el interior de la ciudad. Si á esto se agrega la multitud de usos que siempre se desarrollan en los grandes centros de poblacion, que todos tienden á alterar la calidad de las aguas de los rios, las turbias periódicas á que forzosamente se hallan sujetos, y

su continua variacion de temperatura y de composicion química, se comprenderá que no son siempre el manantial mas á propósito para el surtido de las poblaciones, y el disgusto con que las reciben aquellas que no tienen otras á su disposicion.

No es pues de estrañar que la opinion de los hombres ilustrados que se ocupan de la importante cuestion del abastecimiento de agua de las grandes ciudades, se haya inclinado en estos últimos años decididamente en favor del sistema romano. Los rios quedan destinados á la industria, á la navegacion, al riego, á los baños y al lavado; para los usos domésticos debe renunciarse á tomar el agua en el interior, y hay que ir á buscarla donde, no hallándose aún contaminada, se conserva pura y con todas las buenas condiciones del agua potable; hay, en una palabra, que volver á lo que se practicaba en Roma hace diez y ocho siglos. Nueva-York, Washington, Bruselas, Liverpool, Burdeos, Manchester, Glasgow, y otras muchas é importantes capitales han abandonado sus antiguos medios de abastecimiento, y en nuestros mismos dias han acudido al sistema romano para llevar á su interior aguas puras y abundantes. París acaba de ejecutar una importante obra de esta clase, y á imitacion de la antigua Roma, se prepara á construir otras que aseguren y completen el surtido de la primitiva poblacion y el de las que recientemente ha comprendido su nuevo recinto. Lóndres, que consume diariamente 200.000 metros cúbicos, que toma del rio Támesis y de sus afluentes, siente la necesidad de cambiar de sistema; y Mr. Bateman, el eminente ingeniero que con tanto acierto ha proyectado y dirigido las obras de abastecimiento de Liverpool, Manchester y Glasgow, ha presentado en el mes de noviembre último un proyecto para surtir á la capital

de Inglaterra por el sistema romano, y da tal importancia á esta mejora, que no ha retrocedido ni ante las inmensas dificultades de ejecucion, ni ante la enorme suma de mil millones que arroja el presupuesto aproximado. En una palabra, por todas partes en el siglo XIX se imita al mundo romano, si bien las obras modernas no han alcanzado todavía la magnitud é importancia de las antiguas, á pesar de las inmensas facilidades que los progresos científicos é industriales proporcionan á los constructores de nuestra edad.

Mas si no podemos vanagloriarnos de haber vencido á la antigüedad en el número, en el tamaño ni en la belleza de nuestros grandes monumentos hidráulicos, podemos en cambio reclamar mas nobles y elevados timbres para las modernas construcciones; porque las obras romanas eran debidas á la devastacion de estensas y fértiles comarcas, al pillage de ricas y populosas ciudades, y á la esclavitud de millones de infelices prisioneros; en tanto que las obras de nuestro siglo han nacido y se han desarrollado al calor de la paz y prosperidad de los pueblos, del moderno espíritu de asociacion, y del trabajo libre é inteligente.

CONTESTACION

AL

DISCURSO ANTERIOR

POR

EL SR. D. JOSÉ DE ECHEGARAY,

ACADÉMICO DE NUMERO.

Señores.

AL contestar al discurso que con tanto interés acabais de oír, no solo obedezco á la simpática y respetable autoridad de nuestro dignísimo presidente, sino que cedo á mi natural impulso, y casi me atreveria á decir que ejerzo un indisputable derecho.

Todos reconoceis en el Sr. D. José Morer las altas dotes de eminente ingeniero; todos respetais en él al hombre de elevado y clarísimo talento, á la par que de conocimientos estensos y profundos, así en lo que atañe á la práctica de las construcciones, como en todo aquello que hace relacion á los conceptos abstractos de la ciencia pura; muchos de vosotros aún os contais en el número de sus amigos, y bien pudiera por lo tanto cualquiera de los dignísimos individuos de esta Academia, ocupar en este instante mi puesto para saludar, en nombre de la corporacion á que todos tenemos la honra de pertenecer, á nuestro nuevo compañero. Pero á estos motivos de respeto, admiracion y

cariño, uno y otro que, como dije al comenzar, casi me da derecho en esta ocasion solemne para ser intérprete de la Academia: yo he sido discípulo de D. José Morer; á su palabra, clara como la luz, sencilla como la verdad, precisa y exacta como la ciencia misma, debo gran parte de lo poco que sé; y justo es que yo desee y aproveche, como es natural, que vosotros me cedais este sitio, para dar desde él público testimonio de profunda admiracion y de cariñosa gratitud á mi maestro; á la vez que, en nombre de mis compañeros, saludo al nuevo académico; y que en nombre de la ciencia doy el parabien á esta respetable corporacion, por contar ya en su seno á quien tanto vale, y tantas pruebas ha dado de su valer, y tanto puede todavía por las ciencias matemáticas, que bien lo han menester en nuestra España si han de salir al fin del lastimoso estado en que las pusieron cuatro siglos de vergonzoso abatimiento.

Si el Sr. Morer fuera menos conocido, procedería á encarcerar aquí sus méritos; sus magníficas esplicaciones en la cátedra durante larguísimos años; sus escelentes construcciones en el Canal de Isabel II; sus trabajos para la distribucion de las aguas y para el alcantarillado, trabajos que son verdaderos modelos en su clase; mas por sabido, es inútil enumerarlo, y por otra parte debo, cuan presto me sea posible, librar á su modestia de la tortura que ahora sufre: modestia que da nuevo realce á su gran mérito, y que casi está simbolizada en sus obras, que con ser muy dignas de mostrarse á la luz para servir de ejemplo á los constructores, se ocultan bajo el suelo de Madrid, mientras sobre ellas pasa el público sin recordar casi, que á pocos metros de profundidad hay enterrada mucha ciencia, y mucho trabajo, y largas horas de meditacion y estudio.

No porque me falten deseos de decir mas, ni tampoco

porque me falte materia, sino por las razones que acabo de esponer, doy por terminado este punto, y paso á ocuparme del discurso que todos hemos oido con gran satisfaccion.

El Sr. Morer comienza consagrandolo un piadoso recuerdo al sábio profesor y astrónomo D. Eduardo Novella, cuya muerte prematura vino á sorprender dolorosamente á sus amigos y compañeros, y justo es que yo una mi sentimiento al suyo, interpretando el de la Academia toda, y que tribute á la memoria de tan respetable astrónomo las alabanzas á que por su buen talento y su amor á la ciencia se ha hecho acreedor.

Una vez cumplido este triste pero ineludible deber, entro desde luego en materia; no con ánimo de esplanar el punto que tan magistralmente ha tratado el Sr. Morer, pues fuera ya difícil, sino para ir perifrasedo, segun costumbre, sus propios conceptos, ó cuando mas para someter á vuestro ilustrado juicio algunas consideraciones que me ocurren, acerca de la relacion histórica que existe entre la parte práctica y los principios teóricos del arte de la construccion.

El Sr. Morer se propone bosquejar (esta es la palabra que emplea, pero contra el uso y costumbre dominante, ya habeis visto que cumple mas que promete), bosquejar, digo, la historia del servicio hidráulico de la antigua Roma; examinar con el criterio científico del siglo XIX la solucion que los arquitectos romanos dieron á las principales cuestiones de la conduccion y distribucion de las aguas; y comparar, en fin, estas soluciones con las que la ciencia moderna ha desarrollado en nuestros dias.

Con la claridad, el órden y el profundo saber que siempre en él resaltan, reseña el Sr. de Morer las grandes

*Examen del
anterior discurso*

construcciones hidráulicas de la antigua Roma, rinde justo tributo de admiración á la monumental grandeza de aquellos elevados muros y de aquellas magníficas arcadas que en su desarrollo de centenares de kilómetros presentan los catorce principales acueductos de la Ciudad Eterna, y tras esta descripción histórica formula las cuatro cuestiones capitales que comprende el problema general del abastecimiento, á saber:

- 1.° Calidad de las aguas.
- 2.° Cantidad.
- 3.° Conduccion.
- 4.° Distribucion.

Nada mas fácil que condensar los resultados á que el Sr. de Morer llega para cada uno de estos problemas. En la memoria que habeis oido, como en las esplicaciones que diez y seis años há le oia yo con tanto placer como ánsia, domina la mas rigurosa unidad y la claridad mas completa: nunca hay dudas para comprender su pensamiento, ni jamás se pierde en los detalles; con perfecto espíritu científico busca la unidad de la idea, como busca, con gran instinto práctico, una fórmula sencilla y aplicable inmediatamente á la realidad de las cosas. Así puedo yo, sin esforzarme para ello, resumir el resultado de su trabajo.

Respecto al primer punto de los cuatro que acabo de mencionar, el Sr. Morer llega á esta conclusion: bajo el aspecto práctico, los romanos dieron al problema fundamental del abastecimiento de aguas una solución casi completa; la clasificación de Celso es la misma que hoy pudiera hacerse; y si son innegables los grandes adelantos de la Química, es innegable tambien que, á pesar de todo, no hay motivo fundado para modificar las deducciones de aquel profundo observador.

No alcanzaron los romanos en la ciencia, como no alcanzaron tampoco en el arte, la sublime altura á que supo elevarse el génio helénico; pero dotados en cambio de un asombroso instinto práctico, supieron casi siempre convertir en hecho la idea, y dar cuerpo y vida material al pensamiento.

En cuanto al segundo problema, relativo á la cantidad de agua, llega el Sr. Morer á dos límites bien notables por cierto, ó 2970 litros por habitante y por dia, ó cuando menos 370 litros. Límites muy apartados entre sí por la incertidumbre que hay acerca de la poblacion de Roma, y de su ley de variabilidad, durante la república y el imperio. Ahora bien: los modernos ingenieros fijan ordinariamente en 100 litros la dotacion por habitante y por dia para nuestras grandes poblaciones; los mas exigentes no van mas allá de 170 litros, y muy pocas son las capitales que disfrutan de esta abundancia; luego aun en la hipótesis mas desventajosa, el surtido de agua de la antigua metrópoli del mundo era tres veces y media mayor que el de nuestras modernas poblaciones.

Y no es maravilla que así fuese: el mundo era Roma; la centralizacion era inmensa; la vida del imperio afluia al corazon y lo ensanchaba; el ciudadano rey, rey mendigo, como le llama un eminente orador, necesitaba comer, beber y gozar, y era forzoso que el César, á cambio de la libertad que le arrancaba, hartase su estómago, y refrescase su cuerpo, y le festejase en el circo; mas las reflexiones que, al recordar esta época histórica, asaltan la mente, no son para este sitio ni para este momento.

Vengamos á la tercera cuestion, que es, de las cuatro ya citadas, una de las mas importantes para el ingeniero, á saber: la *conduccion* de las aguas.

Dos sistemas generales pueden seguirse para resolver el problema: ó buscar en la proximidad de la poblacion una corriente de agua, y sin cuidarse del desnivel, elevar por medio de máquinas la cantidad necesaria á la altura que la distribucion exija, ó acudir á la construccion de acueductos.

En el primer caso la fuerza de la máquina ejecuta constantemente, dia por dia, segundo por segundo, el trabajo útil, necesario para la elevacion del agua; en el último caso, con la construccion del acueducto se ejecuta este trabajo mecánico, por decirlo así, de una vez para todas: el punto de toma resulta superior al nivel de la poblacion, y el agua, corriendo por una série de planos inclinados, llega al depósito, desde el cual ha de distribuirse. Bajo el punto de vista económico, hay la misma diferencia entre uno y otro sistema que la que existe entre una *renta* y un *capital* empleado de una vez; bajo el punto de vista mecánico, á un *trabajo continuo* se sustituye un *trabajo inicial*.

Ahora bien, los arquitectos romanos no podian escojer entre ambas soluciones, porque el atraso de la maquinaria hacia irrealizable la segunda como medio permanente de abastecimiento, y la primera, es decir, el sistema de conduccion por acueductos, les era impuesta, digámoslo así, por la fuerza de la necesidad. Desde aquella época hasta hoy la maquinaria ha llegado á un extremo admirable de perfeccion, y ya es posible, al menos bajo el aspecto económico, la comparacion de ambos sistemas. Mas aún; el carácter propio de la industria moderna, reflejo del de toda nuestra vida social, es el movimiento, la agitacion pudiéramos decir: porque ve la industria anchos horizontes y comprende que á ellos ha de llegar; porque sabe que los descubrimientos se suceden unos á otros con rapidez increi-

ble, y que lo que hoy es progreso es atraso mañana, teme comprometerse para el porvenir; huye de inmovilizar capitales de que tendrá necesidad bien presto, y vive con el día y para el día. Por eso prefiere obras que duren *poco*, pero que cuesten *poco*, á obras que permanezcan en pié siglos, pero de gran coste inicial; por eso para las grandes construcciones da la preferencia á la madera y al hierro sobre la clásica piedra: construir con piedra, es, segun el espíritu moderno, petrificar capitales, y lo que se ansía es movilizarlos: ¿cómo reducirlos á caliza ó á granito, cuando para que circulen mas aprisa se les convierte hoy en papel?

No juzgo esta tendencia, que por otra parte, y comprendida en sus naturales límites, es irreprochable, pues que reposa en una ley económica; solo me propongo consignar hechos. Pero si, aplicando estos principios á la cuestion concreta del abastecimiento, resulta que ha dominado por algun tiempo el primero de los dos sistemas, es lo cierto que una reaccion se hace sentir ya entre los constructores en favor del sistema romano. Los grandes rios próximos á las poblaciones, quedan destinados por regla general, dice el Sr. Morer, á la industria, á la navegacion, al riego, á los baños y al lavado; mas para los usos domésticos debe renunciarse á tomar el agua en el interior ó en la proximidad de la capital, y es forzoso ir á buscarla á donde no hallándose contaminada conserve su primitiva pureza, condicion esencialísima del agua potable. Hay que volver, continúa el Sr. de Morer, á lo que se practicaba en Roma hace diez y ocho siglos; y cita, entre otros ejemplos notables de esta tendencia, el nuevo proyecto para abastecer de aguas á Lóndres por medio de acueductos de fábrica, proyecto cuyo coste se eleva á la enorme cifra de 1.000 millones de reales.

Queda finalmente el problema de la distribución, y en él es donde aparece un verdadero adelanto sobre el sistema usado por los arquitectos romanos, aunque, á decir verdad, este adelanto es bien moderno. Reducidos por aquellos tiempos al uso de tubos de barro cocido y de plomo, era forzoso evitar grandes presiones en las cañerías, y de aquí la necesidad de dividir la carga total por pequeños depósitos escalonados (cámbijas ó arcas de agua, según la nomenclatura moderna), depósitos que por otra parte se aprovechaban para las tomas, derivaciones y aforos.

Hoy los tubos de fundición forman una vastísima red de cañerías de carga no interrumpida, y que por lo tanto puede aprovecharse en cualquier punto: verdaderas arterias por donde circula el agua sin discontinuidad, y en las que se hacen directamente las tomas.

Este sistema es sin duda alguna más perfecto que el sistema romano, y bajo todos aspectos preferible á él; pero la posibilidad de su aplicación estriba en el uso del hierro, y es inaplicable con materiales poco resistentes.

En resumen, dice el Sr. de Morer, las soluciones que los arquitectos romanos dieron á las principales cuestiones, que entraña el difícil problema del abastecimiento de agua de los grandes centros de población, conservan hoy un alto valor práctico, y algunas de ellas han llegado intactas, por decirlo así, hasta nosotros, al través de diez y ocho ó veinte siglos. Y preciso es confesar, agrega, que si la cantidad de agua consumida por un pueblo, y la inteligencia, el arte y la perseverancia en adquirirla pudieran dar la medida de su civilización, deberíamos colocar al pueblo romano muy por encima de las demás naciones antiguas y modernas.

El Sr. de Morer toca con tal superioridad y tal acierto

todas las cuestiones, sabe condensar con tanta exactitud la parte sustancial de ellas, y formula con tan envidiable claridad las soluciones definitivas ó provisionales que ha dado la ciencia, que es difícil agregar nada de verdadera importancia á su trabajo.

Así es que, ó tendria yo que descender á detalles técnicos impropios de este escrito y de esta ocasion, ó habria de completar la historia de los trabajos para el abastecimiento de aguas, viniendo á la época moderna y reseñando los de algunas de nuestras modernas capitales.

Podria hablaros, en efecto, de la larguísima y siempre incompleta série de trabajos para el abastecimiento de aguas de París: de los manantiales des Près-Saint-Gervais y de Belleville, que surten á la poblacion desde el año 1200 al 1608; de la construccion de la bomba de la Samaritana en el reinado de Enrique IV, por el flamenco Limlaer; del acueducto d'Arcueil, en 1614; de las bombas del puente de Nuestra Señora, en 1670; del proyecto de derivacion l'Ivete y de las bombas de fuego de los hermanos Perier (1717); del célebre canal de l'Oureq; de la derivacion del rio Clignon; del pozo de Grenelle, ó del de Passy, que cuestan seis millones; finalmente, de los varios proyectos que para completar el surtido se han propuesto en estos últimos años, y sobre todo del de Mr. Belgrand.

Podria tambien, escojiendo otro ejemplo notable, reseñar la historia de las aguas de Londres hasta la formacion de las ocho compañías que actualmente surten á la gran metrópoli, y describir el colosal proyecto de Mr. Bateman, fundado en la derivacion de las aguas del rio Severn, proyecto en que el coste de las obras se valua, como anteriormente indiqué, en 1.000 millones: cifra enorme y que da la medida de lo imposible para muchos pueblos, muy acep-

*Judicium general
de diversis
conclusiones*

table y corriente, sin embargo, para la poderosa nacion británica.

Sería aún interesante, bajo el punto de vista práctico, la historia de las fuentes de Tolosa y de sus varios filtros naturales, verdaderos ensayos en que, por algun tiempo, se camina á ciegas, y contra todos los principios que la teoría del movimiento de las aguas por macizos permeables establece.

Digno de mencionarse fuera aún el canal de Marsella y el magnífico puente-acueducto de Roque-Favour (presupuesto este último en 2.700.000 francos, pero cuyo costereal llegó á 3.800.000 francos, y aun hay quien dice que á 7 millones); y digo que fuera digno de mencionarse, porque prueba los graves inconvenientes de conducir el agua, para abastecer las poblaciones, por cauces abiertos en tierra, sin revestimiento ni cubierta.

Y si el canal de Marsella, como canal de abastecimiento, es obra digna de ser conocida para no ser imitada, en cambio pudiera citar el célebre acueducto Croton, que tomando las aguas del rio que lleva este mismo nombre, las conduce sobre magníficas obras, inspiradas por el sistema romano, hasta la ciudad de New-York; y pudiera citarlo, repito, como ejemplo digno de estudio, y no pocas veces de oportuna imitacion.

Y aun sin acudir á las grandes capitales de Europa ó á la poderosa república americana, sin salir de nuestra España, proyectos tenemos de indisputable mérito; trabajos en curso de ejecucion que prometen ser por todo extremo notables; y como ejemplo nacional no inferior á ninguno de los extranjeros ya citados, el Canal de Isabel II y la distribucion de aguas y alcantarillado de Madrid, obras que tanto deben á nuestro respetable presidente, en que tanta, tan

*Descripción
del canal
del Lozoya*

indisputable y tan principalísima gloria cabe á otro de nuestros compañeros, y en que tan buena parte corresponde de justicia al Sr. de Morer. Yo no pretendo describir aquí estos escelentes trabajos, merced á los que corren ya torrentes de purísima agua por nuestras fuentes; se alza un magnífico penacho de espuma en la Puerta del Sol; inundan las calles mil abundantísimos surtidores que templan los abrasados dias de la canícula, y humedecen y purifican la antes seca atmósfera; se limpian y sanean las cloacas; reinan comodidad y aseo en nuestras viviendas; y quizá pronto se cubran los áridos y tristes contornos que ciñen á Madrid, de verdura y de sombra, si pronto se emprenden las obras de riego, y se dan á la tierra los 167.000 metros cúbicos ¡todo un río! que hoy, despues de recorrer catorce leguas al través de montes y valles, llegan al Campo de Guardias para verterse inútilmente en el Manzanares: pero séame permitido presentar, siquiera sea de paso, una lijera noticia de estas importantes construcciones.

El río Lozoya, detenido en su curso por la Presa del Ponton de la Oliva, sube 30 metros sobre su cauce, se estiende río arriba hasta 6 kilómetros de distancia, y forma un embalse de mas de 3 millones de metros cúbicos.

Las aguas de este modo aprisionadas penetran en el Canal, que está construido con sujecion al sistema romano, como el acueducto Croton, como el moderno proyecto de Mr. Belgrand para el abastecimiento de París, como el modernísimo de Mr. Bateman para el surtido de Londres, ó como las obras de Glasgow; y recorriendo 76 kilómetros de acueducto de piedra ó de ladrillo, con luces interiores de 2,80 metros de altura y 2,25 metros de ancho; atravesando 31 túneles, abiertos unos en roca viva, otros en terrenos arenosos y abundantes en aguas, como

por ejemplo el del *Otero*, que tiene kilómetro y medio de longitud; pasando sobre 23 puentes-acueductos, de los que algunos tienen mas de 28 metros de altura y 120 metros de línea, modelos de elegancia arquitectónica y de buen gusto artístico muchos, y de buena construcción todos; salvando cuatro sifones por cuatro filas de tubos de 0,92 metros de diámetro, con cargas hasta de 54 metros, como el del Guadalix, y longitudes de 1400 metros, como el del Bodonal: de este modo aprisionadas y conducidas, digo, llegan las aguas al depósito del Campo de Guardias, que puede contener hasta 60.000 metros cúbicos.

En cuanto á las obras de la distribución y del alcantarillado, la inteligencia con que están concebidas, y el acierto con que ha sabido ejecutarlas el Sr. de Morer, hacen de ellas, como al comenzar indiqué, verdaderos modelos en su clase.

Veis por lo tanto, que hay materia sobrada en los trabajos modernos, para llenar las pocas páginas de este discurso, si su índole especial no excluyera los detalles técnicos, y si por otra parte no hubiera condensado el nuevo académico en una sola frase, todo lo que de ellos puede decirse en términos generales: reacción en favor del sistema romano, acueductos de fábrica, conducción cubierta; hé aquí, pues, el sistema mas perfecto para el abastecimiento de las poblaciones.

Poco se ha adelantado en el problema que nos ocupa durante los diez y nueve siglos de nuestra era, según de lo espuesto se deduce; mas síanme permitidas sobre esta conclusión algunas reflexiones.

Las necesidades materiales aparecen en los pueblos mucho antes que las aspiraciones del espíritu. Lo primero es vivir, siquiera sea arrastrando pobre vida material y

prosáica; que despues de haber provisto á lo que exige la conservacion de nuestro organismo, llegará su turno á las elucubraciones científicas, á las creaciones artísticas, á las concepciones filosóficas. No de otra suerte al elevar la magnífica fábrica de un edificio, es lo primero, aunque lo mas bajo, el tosco cimiento, y lo último, aunque lo mas elevado, las graciosas hojas del capitel, las ricas y primorosas líneas de la cornisa.

Las necesidades materiales son, por otra parte, apremiantes: no admiten espera, y ó se ven satisfechas, ó hieren de muerte. Hé aquí por qué, así en los mil problemas de la industria privada, como en las grandes construcciones que han de satisfacer necesidades públicas, lo primero que aparece en orden histórico es la solucion empírica, es decir, una solucion buena ó mala, perfecta ó imperfecta, pero que cumpla por el pronto con su objeto, y satisfaga hasta donde fuere dado la necesidad social que la motiva.

Aplicando este principio al caso concreto que nos ocupa, podemos comprender cómo en la práctica de las construcciones rayaba ya tan alto la nacion romana.

Nos hallamos, en efecto, ante un pueblo fuerte, rico, poderoso, heredero de grandes civilizaciones ya casi estinguidas; poseyendo parte, si no todo el tesoro de conquistas científicas y artísticas, que en miles y miles de años acumularan el Oriente y la Grecia. La raza humana llevaba para entonces siglos y siglos construyendo muros, alzando columnas, labrando piedras y horadando rocas: habia construido ya los templos subterráneos de la India y el llamado Monasterio de Bronce de Ceilán; los palacios de Ninive y de Persépolis, y los templos de Babilonia; las pirámides de Menfis, el templo de Karnac y el sepulcro de Maneptah; los muros pelásgicos de Mycenae y los admirables templos

griegos; y penetrando aún mas en la ley empírica del equilibrio, el dintel monolítico habia ya cedido el puesto al arco romano. Los arquitectos poseian, pues, principios y reglas, empíricos aquellos, incompletas estas, pero de gran valor práctico todos; y ¡qué mucho que llegara á tal perfeccion relativa el pueblo latino, si á costa de millares de años, y de una y otra civilizacion, la habia conseguido?

En la historia de la humanidad, Grecia y Roma son de ayer, y un día los diez y nueve siglos de nuestra era: latin hablamos; derecho romano rije nuestras relaciones sociales; en los grandes poetas clásicos ponemos nuestro ideal artístico, y todavía procuramos imitar sus monumentos.

Esto, por lo que se refiere á la cuestion de arte; en cuanto al problema hidráulico, podemos aún hacer consideraciones análogas. El hombre observador llevaba miles y miles de años viendo correr el agua por lechos inclinados, y poseia ya prácticamente, no la *ley*, pero sí el *hecho* de la pesantez; en la India y en el Egipto habia construido canales de riego y canales de navegacion: y no es maravilla que el arquitecto romano, que sabia construir muros y voltear bóvedas, y que conocia este hecho, «que el agua corre por los planos inclinados,» combinando sus conocimientos de arquitecto y de hidráulico, disponiendo de ricas canteras para obtener piedra, y de millares de esclavos, que de las razas vencidas, como de canteras humanas, arrancaban sin piedad, á costa de sangre y muerte, las vencedoras legiones, levántase los magníficos acueductos que hoy admiramos, y que aún son, en cuanto obras de arte, ejemplos dignos de estudio.

La *verdad*, ya se descubra experimentalmente y se formule en ley empírica, ya se demuestre *à priori*, es eterna é invariable: siglos y siglos pasan; la ciencia crece

y se desarrolla; dilátanse los horizontes del saber, y sin embargo, la verdad descubierta subsiste invariable. Hé aquí por qué la geometría de Euclides es tan exacta en nuestra moderna, y tantas veces renovada sociedad europea, como lo fue en el mundo griego; hé aquí por qué, volviendo al tema que nos ocupa, subsisten las soluciones de los arquitectos romanos para el abastecimiento de aguas; como que están fundadas en una ley natural, tan sencilla, y relativamente de aplicación tan fácil, que ocurre sin gran esfuerzo. Podrá variar la manera práctica de realizar dichas soluciones; á un material de construcción podrá sustituirse otro; á los acueductos de fábrica, los acueductos de hierro; á las cañerías de barro, los tubos de fundición; á las toscas llaves primitivas, otras de mecanismo más perfecto; podrá haber adelanto en la manera de ejecutar las obras, pero la idea fundamental siempre será la misma: un lecho inclinado, de piedra, de tierra ó de hierro por donde corra el agua, y muros ó bóvedas para sostenerlo; porque la ley de la gravitación en el plano inclinado es invariable en el tiempo. Yo distingo, sin embargo, en todo fenómeno natural, dos partes diversas: el hecho en sí, es decir, su forma externa ó su apariencia, y su ley numérica, que es la verdadera ley del fenómeno.

Que por un plano ó por una sucesión de planos inclinados corre el agua, es un *hecho* que pudo conocer el primer hombre al seguir con la vista la rápida corriente del primer río que encontró en su camino; pero ¿cuál es la ley del fenómeno?

¿Cómo y de qué manera están enlazadas la pendiente, la resistencia del lecho, la cohesión de las moléculas líquidas, y la masa de agua que desciende?

Esta es la ley del fenómeno, y esta ley no la pudo des-

cubrir el primer observador; la ignoraban aún los arquitectos romanos; y por eso, como nos dice el Sr. de Morer, daban á sus acueductos pendientes arbitrarias é irracionales.

*Hidráulica
de corrientes
naturales*

Hé aquí pues un punto en el que algo hemos adelantado, aunque no mucho. Las leyes de las corrientes naturales, ó las del agua en lechos de sección constante, eran absolutamente desconocidas en los tiempos de Vitrubio; hoy, sin podernos preciar de haber resuelto el problema por completo, tenemos trabajos de gran mérito, que reseñaré con toda la brevedad posible para dar término con esto á mi tarea.

La hidráulica de las corrientes libres no existió como ciencia durante la edad media, y solo al comenzar el siglo XVII, *Castelli*, discípulo de *Galileo*, publicó (1628) una obra sobre el movimiento del agua en los rios, introduciendo como elemento del gasto la velocidad.

Toricelli en 1643 da un paso mas, determinando la velocidad de la vena líquida, y ensaya, aunque sin éxito, la aplicación de su célebre teorema al movimiento de las corrientes de agua.

A estos primeros tanteos siguen los trabajos de *Mariotte* (1684) y su gran obra sobre el movimiento de las aguas; las de *Guglielmini*, el maestro de la escuela italiana; los estudios de *Newton* en su libro de *los principios*; las esperiencias del marqués de *Poleni*; la obra de *Varignon* (1725), comentarios analíticos de la teoría de *Guglielmini*; las Memorias de *Pitot* (de 1730 á 1738); las esperiencias de *Couplet* sobre las aguas de Versalles (1732); la hidrodinámica de *Daniel Bernoulli*, en la que aplica el principio de las fuerzas vivas al movimiento de los fluidos; la teoría de Juan Bernoulli (1742); los magníficos trabajos de Dalambert (de

1743 á 1752); y las profundas concepciones de Euler. (Memorias de la Academia de San Petersburgo, años 1768, 69, 70 y 71).

Y aquí puede decirse que comienza una nueva era para la hidráulica, por la combinacion del método abstracto con el experimental.

Michelotti en 1764, y el abate *Bossut*, aunque en menor escala que el anterior, emprenden ambos numerosas séries de esperiencias; *Chézy* en 1775 intenta apreciar algebráicamente las fuerzas retardatrices; *Belidor* publica en 1782 su célebre Arquitectura hidráulica; *Espinasse* (1784) da á luz dos Memorias muy notables; y el coronel *Buat*, en 1779 y 1786, su gran obra, á que consagró diez años de trabajo.

Desde esta época son tantas las obras, Memorias y relaciones de esperiencias que se han publicado, que mencionarlas todas fuera tarea larguísima; basta pues que recuerde los nombres de Brünings, Woltmann, Venturi, Coulomb, Eytelwein, Girard, Prony, Poncelet, Belanger, Genieys, Bidone, Lesbros, Defontaine, D'Aubuisson, Vauthier, Coriolis, Tredgold, Sonnet, Dupuit, Boileau, Ellet, Saint-Venant, Caligny, Darcy, Bazin, Humphreys y Abbot, que con tanto celo han trabajado por el adelantamiento de la hidráulica.

Mucho resta por hacer; faltos están de unidad estos grandes trabajos acumulados; dudas asaltan á cada momento sobre la exactitud de las fórmulas y la constancia de los coeficientes; grandes contradicciones aparecen entre unos y otros hidráulicos, hasta tal punto, que Mr. Bazin y los ingenieros americanos vienen hoy á echar por tierra la ya clásica fórmula de Prony, sin que por otra parte, entre el ingeniero francés y los ingenieros topógrafos del Gobierno

del Mississipi, haya armonía; pero es de esperar que tantos esfuerzos no concluyan por ser inútiles, y que al fin, la luz sea sobre esta interesante y difícil cuestión de la hidráulica.

Hé aquí, en breves frases, el progreso realizado en los tiempos modernos respecto á la parte teórica del problema que nos ocupa.

Pero no: el progreso es otro, y es infinitamente mayor.

Si no podemos vanagloriarnos, dice al concluir el S. Morer, de haber vencido á la antigüedad por el número, por la magnitud, ó por la belleza de nuestras construcciones hidráulicas, podemos en cambio reclamar mas nobles; elevados timbres. Las obras romanas tenian por base el pillaje, el saqueo y la esclavitud: las modernas, la asociacion y el *trabajo libre é inteligente*.

En una frase ha condensado el nuevo académico con su penetrante ingenio un mundo de ideas: sí, el progreso, el verdadero progreso de nuestra sociedad sobre la sociedad romana, se pinta en estas tres palabras: *trabajo libre é inteligente*.

El *trabajo*, que como dice un eminente orador, domeña el fatalismo de la materia, infundiendo en ella el espíritu inmortal del hombre; la *libertad*, sin la que el sér humano es masa que cae, átomo que arrastra el huracán de la vida; y la *inteligencia*, luz divina, que le enseña hácia donde está el término misterioso de su destino.

