

leyó este Ingeniero, y la contestacion que en nombre de la Academia pronunció el individuo de ella D. Lucio del Valle, Inspector del mismo Cuerpo de Ingenieros.

Era nuestro ánimo hacer esta publicacion aislada, formando parte de la coleccion de Memorias que se unen á la REVISTA, pero la mucha abundancia de materiales que tenemos que publicar nos va seguramente á retrasar demasiado, y preferimos por lo tanto hacerlo desde luego ganando tiempo, insertando en este número y en los inmediatos los dos espresados discursos. De esta manera procuramos tambien satisfacer la oportunidad con que deben darse al público esta clase de escritos.

DISCURSO

Leído en la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales, en la recepcion pública del Sr. D. José Subercase.

SEÑORES: Al hacer uso de la palabra en este recinto y en ocasion tan solemne, es muy sensible carecer de las dotes oratorias que conceptúo necesarias para espresar dignamente mi gratitud por el grande honor que me dispensa esta ilustre Corporacion admitiéndome en su seno; gratitud tanto mas profunda, cuanto mas distante creí estar de merecer tan señalada distincion. En todo caso, la investidura honrosa que voy á recibir hará que adquiera nuevo aliento y redoble mis esfuerzos, procurando seguir á los sabios que la componen, siquiera sea trabajosamente, en los grandes servicios que están llamados á prestar al adelanto de las ciencias, y por consiguiente al progreso de la humanidad.

Obligado, Señores, por los estatutos á molestar algunos momentos vuestra benévola atencion, me sentia impelido á discurrir acerca del mismo tema que ya en otra ocasion desarrollé, haciendo una breve esposicion de los inmensos adelantos obtenidos en las ciencias y sus aplicaciones, y fijando la consideracion en el poderoso auxilio que para ello reciben de las que por excelencia se llaman exactas.

Mas han sido desde entonces tan autorizadas las voces cuyos elocuentes ecos han resonado en este sitio, trazando la historia de ese progreso, haciendo ver que el genio del hombre ha conseguido llegar á una grande altura, y en ocasiones casi rasgar el tupido velo tras el cual oculta sus arcanos la naturaleza, que para no incurrir tal vez en repeticion de una parte de lo que espusieron, parece mas oportuno tratar ahora de alguno de los estudios que han ejercitado la inteligencia humana, sin que haya podido alcanzar el fin que deseaba.

Como ejemplo nos detendremos breves instantes en la historia de la ciencia que se ocupa en la investigacion de las leyes que rijen el movimiento y la resistencia de los flúidos; porque es una de las que han gastado, por decirlo así, las fuerzas de muchas generaciones de grandes hombres, sin que despues de todo hayan podido obtener una solucion completa de los diferentes problemas que son de su dominio.

Estraño pudiera parecer á primera vista que esta ciencia esté aun rodeada de tinieblas, cuando reúne circunstancias que debieran hacerla brillar con vivisima luz. Efectivamente, las necesidades sociales que dependen de aplicaciones hidráulicas son tantas y tan importantes, que aun sin conocer aquellas leyes ha sido preciso tratar de satisfacerlas desde la mas remota antigüedad, sin dejar un solo momento de ocuparse de ellas; y no hay nacion, provincia, ciudad ó particular, cuya prosperidad ó bienestar no dependa en gran parte de ese conocimiento. Si es preciso conducir el agua á nuestras habitaciones, guardarnos de sus estragos, mover poderosos artefactos que alivien nuestra debilidad, embellecer las ciudades, templar su ardoroso ambiente, trasportar productos de provincia á provincia ó de una nacion á otra, es necesario, so pena de esponerse á grandes desastres, tener principios seguros que nos sirvan de guia. El conocimiento de las leyes que sigue el curso del agua al través de los terrenos permeables, y por consiguiente en los manantiales naturales, en los pozos artesianos y absorbentes, en el saneamiento de

terrenos, en los filtros, es del mayor interés para la agricultura y para la industria, ya sea para aprovecharlas, ya para desembarazarse de ellas. Gran número de problemas relativos á la navegacion, y entre ellos la forma mas ventajosa de las carenas de los buques, no pueden prescindir de él si han de tener la conveniente solucion. Y sea que se trate del interesante problema del movimiento, resistencia ó desviacion de los proyectiles en el aire, sea que se trate de transmitir la accion de este, despues de comprimido, á largas distancias, de su accion en las máquinas, de la conduccion de gases, de la elevacion de grandes torres espuestas á los vendabales, es forzoso conocer las leyes del movimiento y resistencia de los flúidos aeriformes.

Si las ocasiones de observar y experimentar, y por consiguiente de llegar al descubrimiento de aquellas leyes, son tantas, tan frecuentes y tan distintas, pudiera, no obstante, haber faltado tiempo para alcanzar el deseado fin, á causa de ser muy recientes las primeras aplicaciones hidráulicas; mas no es así. Hace 35 siglos se inauguraban en Egipto trabajos de navegacion y riego de tal magnitud, que no dejan duda de que debieron ser precedidos de otros en menor escala. Trabajos tales que, de ser conservados con esmero, hubieran originado una profunda modificacion en muchas de las relaciones sociales que hoy existen, y que emprendidos con los recursos de nuestra época absorben la atencion de todas las naciones, siendo motivo de grandes esperanzas para muchas, y de no pequeños recelos para otras. Los innumerables canales y otras obras, que guiando y regularizando las inundaciones del Nilo, hacian de aquel país un prodigio de fertilidad, tambien son un notabilísimo ejemplo de trabajos hidráulicos en aquellos tiempos. No lo son menos los inmensos emprendidos en la China dos siglos antes de la Era cristiana, y continuados despues para la union de varios rios y la fácil comunicacion entre las provincias del Imperio; el gran canal del Eúfrates al Tigris, emprendido 5 siglos antes de la citada Era; los trabajos ejecutados por los Griegos y

Romanos para el riego, navegacion y abastecimiento de aguas; los magníficos legados por los Arabes, que hacen de algunas de nuestras provincias dilatados vergeles, admiracion y encanto del viajero, dejan conocer que no es la proximidad de las primeras aplicaciones la que ha impedido encontrar las leyes que debieron servir de segura guia para otras semejantes.

Los grandes nombres de Arquimedes, de Leonardo de Vinci, de Galileo, del inmortal Newton, de los Bernonillis, Euler, Lagrange y otros muchos, que hicieron de estas investigaciones un objeto privilegiado de sus estudios, hacen finalmente ver, que si no se han disipado las nubes que envuelven esta especie de conocimientos, no ha sido por falta de inteligencias superiores que hayan procurado dar cima á semejante empresa.

Si el tiempo para reunir observaciones, la frecuencia y diversidad de las ocasiones para hacerlas y los hombres eminentes para discutir las no han faltado, ¿cómo es que la hidráulica no ha progresado á la par de otros ramos del saber, cuando la aglomeracion de esas circunstancias era tan propia para conseguirlo? La principal causa de esta aparente anomalía, se encuentra fijando la consideracion en la diversa índole de los conocimientos humanos.

Hay unos que, apoyándose en ciertas propiedades del tiempo y del espacio, creaciones puras de nuestra razon, é independientes de toda esperiencia, siguen con seguro paso una serie de razonamientos que conducen á consecuencias tan incontrovertibles, como los principios de que partieron. Así ha podido formarse el magnífico conjunto que presentan las matemáticas modernas, poderoso y aun indispensable elemento de progreso para todas las demas ciencias. Otros, no obstante, que necesitan apoyarse en datos deducidos de la esperiencia, pueden adquirir un grado de perfeccion casi igual, porque esos datos tienen una certeza absoluta. Pero los que no están comprendidos en estas dos categorias necesitarian, para llegar á igual altura, el conocimiento de la constitucion íntima de la materia, dato que el hombre

está muy lejos de poseer. Y entre tanto si han de obtenerse resultados que puedan utilizarse para el bien general, es forzoso buscar otros caminos distintos del de los anteriores.

Es preciso observar con esquisito criterio los fenómenos que se presentan naturalmente al hombre, agrupándolos segun su índole, examinar detenidamente las circunstancias de que van acompañados, y luego ver de encontrar su mútua dependencia. Es preciso tambien en otras ocasiones provocar fenómenos, fijando un programa de experimentos à priori, y procurando luego deducir de ellos consecuencias que puedan servir de norma en determinado género de aplicaciones. Por este camino, sembrado de escollos, se han encontrado asombrosos resultados en la mayor parte de las ciencias físicas y naturales; pero otras veces se ha trôpezado con gravísimos inconvenientes, y se han hecho muy lentos progresos.

La hidráulica es uno de los ejemplos mas notables de las inmensas dificultades que se presentan en este género de investigaciones, para hacer brotar la luz entre el caos de numerosas observaciones y multiplicados experimentos, aparentemente contradictorios à veces, inesplicados no pocas, y en gran número de ocasiones interpretados erróneamente.

Su origen es enteramente moderno: ni era posible establecer una teoria matemática que tuviera visos de alguna exactitud, en tanto que las demas partes de la mecánica racional no estuvieron muy adelantadas ó casi terminadas; así es que el único escrito relativo à la mecánica de los flúidos que nos queda de la antigüedad, y puede darnos idea del estado de la ciencia en aquella época, es el tratado *Insidentibus humido* de Arquímedes, que floreció 287 años antes de la Era cristiana.

En ese tratado no examina mas que el equilibrio de los cuerpos sumergidos en el flúido, deducido de dos principios que consideró como confirmados por la experiencia. Estos principios se reducian à suponer que en un liquido, las partes menos comprimidas tienen tendencia à escaparse bajo el esceso de compresion de las que están contiguas, y que la

accion ejercida sobre los cuerpos sumergidos se verifica segun la vertical que pasa por el centro de gravedad de los mismos. Apoyado en ellos y en su superior inteligencia pudo fundar una teoria de los cuerpos flotantes, que aun es digna de consideracion.

A esto se redujeron durante muchos años todos los progresos relativos al equilibrio de los flúidos, ó por mejor decir, de los cuerpos sumergidos en ellos; y por mas que no fuese difícil, despues de lo que Arquímedes habia demostrado, determinar su presion sobre el fondo y las paredes del receptáculo que los contiene, fué necesario el trascurso de 19 siglos para que *Stevin* estableciese, en la obra que publicó en 1585, una teoria de este equilibrio, demostrando la paradoja hidrostática, de que un flúido puede ejercer una presion mucho mayor que su propio peso; haciendo al propio tiempo ver cuánta era la presion sobre cualquier parte de una superficie plana ó curva, sirviéndose para ello del método de los limites.

En este largo intérvulo son casi nulos los progresos de la ciencia que nos ocupa; porque si bien *Heron* y *Ctesibio*, como un siglo despues de Arquímedes, inventaron y pusieron en juego algunas máquinas hidráulicas muy ingeniosas, si bien los molinos de agua eran conocidos desde el tiempo de *Mitridates*, y si se hicieron trabajos hidráulicos importantes, no se ve que aquellos descubrimientos fuesen debidos mas que à la casualidad, ó à una especie de instinto mecánico. Tampoco encontramos que en las construcciones de canales ú otras obras se guiasen por principios mas seguros; pues aun cuando los Arabes, tan dedicados à las ciencias y à la construccion de canales de riego, y abastecimiento de aguas, escribieron algo de hidráulica, y muy particularmente *Alkindi*, nada digno de llamar la atencion se sabe que encontrasen en lo que se refiere al movimiento, sino lo poquísimo que se conocia en tiempo de *Vitrubio* y de *Frontino*; y en cuanto à la hidrostática, no hicieron mas que repetir lo que acerca de los cuerpos flotantes y sumergidos en un liquido, habia ya establecido Arquímedes.

Es verdad que Frontino, que entre los antiguos es el que mas ha dilucidado las cuestiones relativas al movimiento de las aguas y al caudal que suministran saliendo por diferentes orificios, vislumbraba la influencia que tienen en el gasto de estos, ciertas disposiciones, mas no supo determinar teórica ni experimentalmente el cuánto de esa influencia, y menos fijar reglas positivas para los diversos casos que suelen ocurrir en la práctica. Por eso se le ve enunciar que aquel gasto debe calcularse no solo por la superficie, sino que tambien por la altura del depósito sobre la boca de salida, sin fijar, no obstante, reglas que pudiesen servir para su exacta apreciacion. Sin embargo, esta aseveracion era importante y nueva para su época; y aunque parezca sencilla, ha sido olvidada en muchas ocasiones por autores y prácticos modernos.

Podemos, por consiguiente, asegurar que en el tiempo transcurrido desde *Arquimedes* á *Stevin* no pudo conseguirse otra cosa que pasar de una teoría bastante elemental, relativa al equilibrio de los cuerpos sumergidos ó flotantes en un liquido, á otra que tenia por objeto determinar las leyes del equilibrio del mismo liquido cuando está encerrado en un depósito; por lo que hace á las leyes del equilibrio de los fluidos sometidos á un sistema cualquiera de fuerzas, y á las que rigen su movimiento y las resistencias que encuentran en él, nada absolutamente se habia averiguado que pudiera fundarse en principios seguros.

¡Pero que mucho que esto aconteciese cuando todos los ramos del saber humano que habian de ilustrar este género de estudios, estaban tan atrasados, que ni aun podia emplearse en las nivelaciones un sistema capaz de hacer apreciar con la suficiente exactitud muchas de las causas que influyen en el citado movimiento! Los métodos usados por los Romanos y por los Arabes, lo mismo que los trabajos posteriores, eran demasiado elementales para conseguir aquel objeto; y hasta que *Picard* en 1674 puso en práctica otros mas propios para conseguirlo, con motivo de los proyectos de conduccion de aguas á Versalles, y hasta que

pudo emplearse el nivel que lleva su nombre, juntamente con los que casi al mismo tiempo inventaron *La Hire* y *Huygens*, no podian menos de cometerse errores notables, que tan lejos de ilustrar las cuestiones hidráulicas, habian de oscurecerlas.

No es pues de estrañar que el gran *Galileo* incurriese en notables equivocaciones al tratar del movimiento de los fluidos, no obstante que entre otros importantísimos trabajos y descubrimientos, se le debe la primera teoría general del equilibrio de los fluidos y de los cuerpos sumergidos en ellos, deducida del principio que le es propio, de las velocidades virtuales. Asi es que al tratar del movimiento de las aguas por los canales y rios, con motivo del informe que se le pidió por el gran Duque de Toscana acerca de varias reformas proyectadas en el rio Bisensio, emitió, entre algunas ideas luminosas, otras tan equivocadas como la de suponer que en dos canales de igual altura de caída, pero de distinta longitud, será igual la velocidad aunque el uno sea muy corto y el otro muy largo. Prueba es esta muy clara de la ninguna idea que tenia de las resistencias que encuentran las aguas en su curso, y que se guiaba únicamente por los principios que habia establecido acerca del descenso de los graves por diferentes planos inclinados.

No obstante esta confusion y atraso de los conocimientos hidráulicos se llevaban á cabo tanto en Italia como en Holanda, numerosos trabajos que debian servir para ilustrar la ciencia; y se ve un siglo antes de esta época á *Leonardo de Vinci*, si no inventar completamente las esclusas de compuertas que tan gran revolucion debian causar en la navegacion interior, por lo menos perfeccionar la idea y hacerla practicable, al paso que tambien se ocupaba del estudio de algunos fenómenos hidráulicos, tales como los que se refieren al movimiento orbicular que adquieren las moléculas en ciertos casos, con tal perspicuidad, que las observaciones hechas mas recientemente con medios de que no podia disponer aquel eminente ingeniero, confirman muchas de sus apreciaciones, y ponen de manifiesto que son una causa

notable de resistencia en la conduccion de aguas por cañerías y canales. Pero lo cierto es, à pesar de todo, que en tiempo de Galileo, ó sea hácia mediados del siglo XVII, la ciencia del movimiento de los fluidos no contaba con base alguna fija.

En tal estado de cosas, *Torricelli*, examinando los fenómenos que presenta el agua al salir de un recipiente por orificios muy pequeños, encontró el principio que hoy lleva su nombre, inaugurando por consiguiente esa ciencia. Este principio fundamental que estrihaba en la observacion y en las leyes que sobre el descenso de los graves habia establecido Galileo, no pudo, sin embargo ser demostrado rigurosamente por *Torricelli*, y se contentó con presentarlo como un resultado experimental al fin de su tratado de *Motu naturaliter accelerato*, publicado en 1643. Al mismo tiempo, confirmando con sus observaciones las ideas de *Galileo* sobre el peso del aire, probando que ese peso era efectivamente la causa del ascenso del agua en las bombas inventadas y puestas en uso 18 siglos antes, y midiendo finalmente el peso de la atmósfera con el barómetro que inventó, establecia las primeras bases que habian de servir en lo sucesivo para buscar las leyes del movimiento y resistencia de aquel fluido.

Algo mas de dos siglos han trascurrido desde esa época: en ellos han adquirido todas las ciencias y artes inmenso desarrollo, las aplicaciones que tienen relacion con el movimiento de los fluidos se han multiplicado, y han hecho ver cada vez mas palpablemente la necesidad de perfeccionar su teoria, los recursos de la análisis mas sublime, tan necesarios en estas investigaciones, son extraordinarios, y las privilegiadas inteligencias que han contribuido à este progreso, tan lejos de desdeñar los estudios relativos à la hidráulica, han formado empeño en perfeccionarla, sirviéndose de sus propios y admirables descubrimientos, y aun debiendo alguno de estos el afán de resolver cuestiones que à esa parte de la mecánica se refieren. Enumerar las teorías que se han tratado de aplicar, los experimentos que han te-

nido lugar, los aparatos inventados para efectuarlos, y la ocasion con que se han emprendido, seria empresa que necesitaria un grueso volumen, y que estaria ligada con el progreso de las matemáticas puras, de la mecánica, de la física y de gran número de artes. La sola conmemoracion de los hombres que, ya con sus teorías ya con sus experimentos, han rendido tributo en casi todas las naciones à esta especie de estudio, seria larguísima; semejante historia detallada y seguida de las reflexiones oportunas, creemos que tendria grande utilidad para el adelanto futuro de la ciencia. Mas aun suponiendo que nos creyésemos con fuerzas para hacer un trabajo de esta especie, no seria esta la ocasion oportuna, y habremos de concretarnos à reseñar rápidamente las principales tentativas que han hecho para adelantar en este periodo de tiempo.

Al recorrer esta série de trabajos, encontramos en primer lugar los de *Newton*, descollando sobre los de sus contemporáneos y abriendo nuevas sendas para sus sucesores, como en todos los demas ramos del saber en que ocupó su gran génio; pero fué poco afortunado en las teorías y demostraciones à que trató de sujetar los fenómenos relativos al movimiento y à la resistencia de los fluidos; hecho que bastaria para hacer patentes las inmensas dificultades que rodean semejante clase de estudios. Sus primeras observaciones sobre la salida por orificios, le dieron un resultado muy distinto del obtenido por *Torricelli*; pero bien pronto fué esto ocasion de examinar y estudiar la estructura de la vena fluida, y dar las primeras ideas sobre este fenómeno. Sin embargo, la demostracion que luego quiso dar del teorema de *Torricelli* no se fundaba en hipótesis admisibles, ó por mejor decir, las que estableció sobre la *catarata*, eran opuestas à uno de los principios fundamentales del equilibrio de los fluidos. Por primera vez tambien, estudió la resistencia de estos, deduciendo que era proporcional à las superficies y al cuadrado de las velocidades; pero obtenia dicho resultado apoyándose en dos teorías de las que la menos defectuosa suponía à los fluidos compuestos de

corpúsculos completamente libres, é incapaces de comunicar su accion á los inmediatos en un choque.

Despues, en un largo periodo no se encuentran esfuerzos aislados, teóricos ó experimentales, dirigidos á confirmar ó combatir estas ideas, pero que en último análisis siempre producian alguna luz ó nuevos hechos que explicar, hasta que Daniel Bernouilli estudiando el estado de la cuestion en su tiempo, recojiendo y analizando todos los hechos anteriores, y añadiendo algunas observaciones suyas, presentó por primera vez en 1785 una teoría general del equilibrio y del movimiento de los fluidos, que hizo cambiar el aspecto de la ciencia, y fué un poderoso auxilio para sus posteriores progresos. Tan notables resultados pudo conseguirlos aplicando el principio de la *conservacion de las fuerzas vivas*, debido á Huygens, y combinándolo con el del paralelismo de las capas. Mas como nunca es dado al hombre llegar de un golpe á la perfeccion, apreció mal la pérdida de la *fuerza viva*, particularmente cuando habia cambios repentinos de velocidad. Poco aceptado aún el principio de las fuerzas vivas, por no haber recibido una demostracion rigurosa, y dejando algo que desear los resultados y demostraciones de Daniel Bernouilli, trataron de completar y mejorar sus teorías Maclaurin y Juan Bernouilli, apoyándose únicamente en los principios generales de la mecánica, pero fueron poco felices, y dejaron todo su brillo y originalidad al trabajo que trataron de combatir ó mejorar.

Entre tanto, el espíritu de abstraccion y el afán de hacer depender todos los problemas hidráulicos de la resolucion de algunas ecuaciones, se iba apoderando mas y mas de los célebres matemáticos que tan poderosamente contribuyeron al progreso de la análisis, porque encontraban en esas cuestiones un vasto campo en que desarrollar todos sus conocimientos; así es que habiendo tratado la mayor parte de los géometras, con motivo de la figura de la tierra, de encontrar las leyes generales del equilibrio de los fluidos en el caso que todas sus particulas estuviesen sometidas á

cualquiera fuerza, y habiendo conseguido Clairaut establecerlas, si bien en el caso de considerar diferentes capas concéntricas y homogéneas, se pensó en deducir de ellas las que corresponden al movimiento. El conocido principio de *D'Alembert*, facilitó este tránsito, y en su ensayo sobre una nueva teoría de la resistencia de los fluidos, publicado en 1752, presentó las ecuaciones rigurosas del movimiento de los mismos, ya sean compresibles ó incompresibles ya elásticos. Pero perteneciendo estas ecuaciones á las conocidas con el nombre de diferenciales parciales, y no habiendo adquirido aun toda la generalidad y sencillez de que eran susceptibles, Euler, que puede considerarse como el verdadero creador de ese cálculo, es el que en realidad estableció las primeras fórmulas generales del movimiento de los fluidos, fundadas en las de su equilibrio, y redujo toda la mecánica de las mismas á una simple cuestion de análisis.

(Se continuará.)

PARTE OFICIAL.

27 de Junio. Real orden autorizando á D. Manuel Casajenas y Labrós para que continúe aprovechando las aguas del río Calders como fuerza motriz de un molino y en el riego de dos hectáreas, 30 áreas y 75 centiáreas de terreno que posee en el Manso Castell, término de Calders, provincia de Barcelona.

27 de Junio. Real orden autorizando á D. Francisco Espauella para que aproveche las aguas del río Ter como fuerza motriz de una fábrica de hilados y tejidos de algodón que intenta construir en el sitio denominado Puig Dulcet, del término de Manlleu, provincia de Barcelona.

2 de Julio. Real orden autorizando al marqués del Duero para que construya dos presas, una sobre el río Guadaira y otra sobre el Gualmanza, y aproveche todas las aguas que en el punto del emplazamiento de dichas presas llevan ambos rios, en el riego de 1.700 fanegas de tierra, ó sean 1.084 hectáreas.

11 de Julio. Real orden autorizando al Gobierno para otorgar la concesion del ferro-carril de Tardienta á Huesca, con arreglo al proyecto, tarifa de precios, etc., disponiendo que se anuncie la subasta de este ferro-carril con sujecion á lo prescrito en dicha ley y demás disposiciones vigentes.

9 de Julio. Real orden autorizando á D. Juan Guerrero para que aproveche las aguas subterráneas que puedan discurrir por bajo el alveo de la rambla llamada de la Sierra, construyendo á través de la misma una mina ó tajea, con el fin de aplicar dichas aguas al riego de las tierras que posee en el pago titulado del Aljivillo, término de la villa de Tabernas, en la provincia de Almería.