

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

ILMO. SR. D. MANUEL PARDO

el día 11 de Noviembre de 1894.



MADRID.—1894.

IMPRESA DE LUIS AGUADO

8—*Pontejos*—8.

DISCURSO

DEL

ILMO. SR. D. MANUEL PARDO.

Señores Académicos:

Costumbre tradicional es, al ingresar en esta docta Corporación, declararse indigno de recibir honra tan preciada, achacando sólo á excesiva benevolencia vuestra los sufragios obtenidos por el nuevo Académico; pero basta tender la vista por ese estrado, en que tienen asiento las personalidades más ilustres de la ciencia española, para demostrar que las frases que tantas veces habéis oído son hijas de esa modestia que tan bien se compadece con el verdadero mérito. Y por eso, yo, que me conozco, que sé cuán superior es á mis fuerzas la carga, no por honorífica menos pesada, que habéis echado sobre mis hombros, no encuentro palabras que hagan resaltar la ingenuidad de mi profunda gratitud por la distinción de que he sido objeto, y que jamás hubiera osado pretender. Al llamarme á vuestro seno, quizá hayáis pensado en el único mérito que puedo alegar: haber consagrado la mejor parte de la vida á la enseñanza en la Escuela de Ingenieros de Caminos, ministerio de que no me he apartado mientras no me lo vedó la falta de salud; pero este mérito, que, desgraciadamente para mí, sólo depende de un número harto crecido de años, no basta á justificar vuestra elección, que véome

precisado á atribuir á la indulgencia de amigos cariñosos, de sabios maestros, de aventajados discípulos.

Mi confusión sube de punto al venir á reemplazar en este sitio á un químico insigne, á D. Magín Bonet y Bonfill, que tan alto supo colocar su nombre en esta Academia, en la Cátedra de Análisis química de la facultad de Ciencias, en la de Química aplicada del antiguo Instituto Industrial, en tantos y tantos trabajos en que dió á conocer su saber profundo, sus condiciones excepcionales de hábil experimentador, sus poderosas iniciativas.

Pertenecía Bonet á esa raza de hombres que viven para la ciencia y que en ella cifran todas sus aspiraciones, prescindiendo cuasi en absoluto de cuanto no se relaciona con su disciplina: joven aún, el año 1857, mucho antes de sentarse entre vosotros, escribe una notabilísima Memoria sobre la *Fermentación alcohólica del zumo de la uva, é indicación de las circunstancias que más influyen en la calidad y conservación de los líquidos resultantes*; trabajo que le valió la merecida honra de ser premiado por esta Academia, galardón que me dispensa de elogiar una obra sobre la que ha recaído veredicto de tanta autoridad.

Notable mi dignísimo antecesor bajo muchos aspectos, sobresalía por la precisión y habilidad con que efectuaba las análisis químicas más delicadas: en este punto no es posible rayar á mayor altura. Ya se tratase de aguas naturales ó medicinales, de substancias orgánicas, de los minerales más complejos, la pericia de Bonet era indiscutible é indiscutida; todas sus análisis, en algunas de las cuales va su nombre asociado al de otro químico ilustre, con el que le unía amistad estrechísima, el inolvidable Sáenz Díez, son otros tantos modelos de corrección en los procedimientos y de exactitud en los resultados.

Vivía Bonet para la Academia, la Cátedra y el Laboratorio; á ellos dedicaba sus trabajos incesantes, mas sin

desdeñar otras labores que, si bien juzgó siempre secundarias, bastan para acreditar sus dotes de pensador, á la par que de hombre atento á los adelantos de las artes. Ora iniciando la fabricación del yodo y la de la sosa de algas en la costa de Asturias; ora reseñando, en corto número de páginas, las mejoras más salientes que en la preparación de productos químicos é industriales estudió el año 1856 en su viaje por Francia, Austria y Alemania, se ve siempre al hombre de criterio recto que, sin descuidar los pormenores, abarca el conjunto y da á conocer con claridad sus líneas generales. Al leer la Memoria que acabo de citar, escrita hace cerca de cuarenta años, sorprenden las noticias que se encuentran respecto de algunas industrias, muy conocidas hoy, pero que constituían verdaderos secretos en aquella época. Merece consignarse como ejemplo la rápida descripción que hace de la fábrica de Krupp, porque patentiza á la vez la tenacidad de carácter que distinguía á Bonet. Provéese de recomendaciones para el célebre industrial; va á Essen; llama á sus puertas, pero inútilmente; continúan cerradas, y con exquisita galantería despiden á nuestro químico, pues aquellos umbrales nadie los traspasa, á fin de que la publicidad no destruya la inmensa riqueza labrada por Krupp en la misma industria que arruinó á su padre. Cualquiera creería que Bonet dió por fracasada su empresa: no era hombre para cejar ante obstáculos de esa índole. Marcha á Dortmund, donde existe una fundición levantada sobre planos semejantes á la de Essen, por la Compañía del camino de hierro de Westfalia; pero no queda satisfecho, porque la fábrica sólo produce aceros de primera calidad, y sabe que Krupp prepara otros menos costosos. Visita entonces nuevos establecimientos; traba relaciones con íntimos del célebre alemán que, por favor especialísimo, penetraron en el templo de Essen; descorre el velo del san-

tuario y logra exponer en brevísimos renglones los fundamentos de los problemas industriales que perseguía. Y no creáis que señalo un arranque genial é insólito del gran químico: todo lo contrario; tal era su manera de ser, su *idiosincrasia*, como ahora se dice; y si en Alemania recurre á ardides, no son menos notables los que emplea en Francia para arrancar ciertos secretos de la fabricación de vinos en Burdeos. Estos hechos retratan de cuerpo entero á D. Magín Bonet.

Como pensador profundo se revela en sus escritos, que, no por ser de escaso volumen, carecen de substancioso jugo. Aun cuando sean bien conocidos de todos vosotros, debo citar dos de los más interesantes. Me refiero, en primer lugar, al discurso que, sobre *la constitución ó formación del individuo ó de la especie en Química*, leyó en este mismo recinto, al tomar la investidura de Académico de número, en Febrero de 1868, y al trabajo magistral acerca de *las relaciones que existen entre la Química analítica y las demás ciencias*, que sirvió de tema á su discurso de inauguración del curso de 1885 á 1886 en el paraninfo de la Universidad Central.

En cuantos encargos recibió del Gobierno, que fueron muchos, y algunos muy delicados, dió constantes muestras, no ya de incansable labor y de múltiples conocimientos, sino de una tenacidad que nada podía quebrantar y que no cedía ante ningún obstáculo. Para no citar más que un ejemplo, recordaré su gestión en la Comisión permanente de pesas y medidas: cuantos trabajos se han realizado por ésta en el larguísimo período de cerca de treinta años llevan la marca indeleble de su celoso Secretario, al cual se deben los resultados obtenidos, fruto de una envidiable asiduidad que no desatiende el pormenor más insignificante.

Y ya que, aunque en desaliñado estilo, haya procurado trazar los rasgos que distinguían á D. Magín Bonet como

hombre de ciencia y de administración, no estará de más que dedique brevísimos renglones á sus condiciones personales. De aspecto rudo, parco en palabras, de temperamento enérgico, incapaz de disimular sus ideas, cualquiera hubiera juzgado, dejándose guiar por las apariencias, que era Bonet hombre atrabiliario, de escasa sensibilidad y poco inclinado á la filantropía; cualidades que, por otra parte, es común atribuir á los que, como él, han permanecido siempre célibes. Error profundo: bajo aquella corteza áspera palpitaba un corazón sano y se escondían sentimientos delicados y de benevolencia. Modelo de amigos leales, se hacía querer de cuantos llegaban á tratarle en el seno de la intimidad; sus discípulos, que mientras lo eran, y como siempre ocurre con los profesores severos, se lamentaban de la rigidez y exigencias del maestro, que les obligaba á estudiar más de lo que apetecían, trocábanse en sus admiradores no bien había terminado el curso, y como á padre cariñoso le miraban, y como amigo á él acudían, encontrando fuente inagotable de buenos consejos y de enseñanza. Practicaba también mi insigne predecesor, no sólo sin jactancia, sino ocultándolo, la más augusta de las virtudes cristianas, la caridad: en persona llevaba el socorro material, á la par que el del espíritu, á las viviendas de los menesterosos: las lágrimas de los desvalidos han acompañado su féretro y han regado la tierra de su sepultura. ¡Feliz quien consigue alcanzar este tributo, de más alta estima que todas las pompas y honores mundanales!

Llegado el momento en que, por precepto reglamentario, he de molestar vuestra atención con algún asunto científico, permitidme ante todo que, de manera especialísima, solicite y hasta exija vuestra benevolencia: siempre la hubiera necesitado, y muy grande, para atreverme á di-

sertar ante Senado tan docto; pero en las circunstancias en que me encuentro, agobiado bajo el peso de una desgracia inmensa de familia, que sólo me da espacio para llorarla y pedir á Dios resignación, comprenderéis que cuanto produzca mi pluma ha de ser inconexo, ha de resentirse del estado de mi ánimo y no ha de poseer ninguna de las condiciones que teníais sobrada razón para reclamar desde el momento que me honrasteis con vuestros votos, cuando yo no divisaba aún la onda colosal de pena, que pocos días después había de anegarme.

Reemplazando en esta Asamblea á un químico, natural era que sobre Química versara mi trabajo, por más que sólo haya cultivado esa importante rama del saber como elemento auxiliar de las artes de construir; y, en mi calidad principal de ingeniero, lógico era que en Ingeniería me ocupase. Estas consideraciones me impusieron desde luego la materia acerca de la cual debería exponer algunos ligeros conceptos, la IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA EN LA CONSTRUCCIÓN. Claro es, y vosotros lo sabéis mejor que yo, que, en nuestra época, la influencia de la Química se hace sentir en todas las manifestaciones de las artes y de la industria, como no puede menos de ser, en la lucha sin tregua que caracteriza á esta edad. Producir cada vez más y más barato: tal es la divisa del artista y del industrial, que á aquella ciencia tienen que acudir frecuentemente, en demanda de nuevos métodos para preparar sustancias ó de perfeccionamientos en los ya conocidos.

Aun cuando mucho más modesto mi tema, basta enunciarlo para que comprendáis cuánto se prestaría, tratado por persona experta, á disquisiciones científicas no menos que á galanos períodos; pero seguramente el vulgo no lo creará así. ¡Importante para el ingeniero la Química, que nació ayer, pues no merecen tal nombre los procedimien-

tos empíricos aplicados por los antiguos á la Medicina, la Metalurgia, la Cerámica y otras industrias; ni los trabajos de los alquimistas y sabios que se sucedieron desde el principio de la Edad Media hasta fines de la pasada centuria! Y cuenta que entre ellos hay verdaderos genios y nombres tan ilustres como los de Alberto el Grande y Rogerio Bacon en el siglo XIII; nuestros insignes Alfonso el Sabio y Ramón Lull en el XIV; Basilio Valentín, Eck de Sulzbach y el célebre Paracelso en el XV; en el siguiente Libavio, que rebatió las teorías de aquél; el metalurgista sajón Jorge Agrícola, y los españoles Alonso Barba y Pérez de Vargas, autor este último de la obra *De re metallica*, que hizo conocer las propiedades del peróxido de manganeso y describió el temple del acero en paquetes, bajo la influencia de cuerpos orgánicos nitrogenados; y Bernardo Palissy, cuyo genio poderoso ilumina cuasi todo el siglo, ya confundiendo á los alquimistas, ya echando los cimientos de la constitución y cristalización de las sales y de la química agrícola, ya estudiando los esmaltes y asombrando al mundo con sus inspirados trabajos de cerámica. El siglo XVII señala la gran cruzada contra el charlatanismo de los anteriores: Van Helmont, Roberto Boyle, Glauber, Rey y Mayow, para no citar sino los principales, siguen las huellas de Agrícola y Palissy, acuden al método experimental y desbrozan la senda que con tanta gloria habían de recorrer, en el siglo XVIII, Stahl, á quien se debe la original aunque errónea teoría del flogisto; Bergmann, digno predecesor de los tres fundadores de la Química moderna, Priestley, Scheele y Lavoisier, que no sólo derrumbaron los artificios de Stahl, sino que aislaron cuerpos simples y demostraron, con auxilio de la balanza, el famoso aforismo de que nada se crea ni se pierde en la Naturaleza. Las doctrinas de Lavoisier siguen siendo la base de la Química, como juiciosamente sostenía Fremy: continuado-

res de la obra de aquel grande hombre son los químicos que ilustran el siglo actual y el precedente, sin excluir á muchos que viven todavía, y de quienes la ciencia espera nuevos y fructíferos adelantos. Largos resultan estos renglones, encaminados sólo á probar que, hasta época muy moderna, las investigaciones químicas habrán podido ser de utilidad práctica en la Medicina y en ciertas industrias, pero en manera alguna en las artes de la construcción: muy cortos serían si me hubiera propuesto reseñar la marcha que han seguido los conocimientos químicos, estableciendo siquiera los principales jalones, tarea muy distinta de la que me he impuesto, y á la cual, por otra parte, no alcanzarían mis fuerzas.

Pues bien, continuará diciendo el vulgo: si la Química, tal como hoy la entendemos, apenas cuenta un siglo de vida; si no puede negarse que en la antigüedad y en la Edad Media se elevaron monumentos, muchos de los cuales admiramos hoy todavía; si en Egipto, en Asia, en Grecia y en Roma tomaron las construcciones vuelo gigantesco, ¿qué importancia cabe atribuir á la Química, ciencia entonces completamente desconocida? ¿No sería más lógico admitir nuestra inferioridad y proclamar que en vano pretendemos llegar á la altura á que se colocaron nuestros maestros? Tales argumentos, sobre todo el último, se repiten sin cesar; y me habéis de permitir que, á fuer de ingeniero, rechace tal retroceso científico, no porque vosotros abundéis en semejante idea, sino para no dejar sin rectificación un error cuasi universal. Ya lo han combatido personas eximias, y aun recuerdo la satisfacción con que escuché la elocuente defensa que, bastantes años há, hizo de las construcciones modernas, fijándose sobre todo en las de caminos, un querido profesor mío y digno colega vuestro, D. Eduardo Saavedra, al tomar asiento en la Real Academia de la Historia. No podré acercarme á él en

la brillantez de exposición; pero, á lo menos, cumpliré un deber que me imponen mi profesión y el Cuerpo á que pertenezco.

Que los antiguos, y en especial los romanos, llevaron á cabo innumerables obras, y algunas de ellas gigantescas, es de todo punto evidente; no lo es tanto, y aquí empieza ya á viciarse el criterio de la generalidad, que las construcciones monumentales fuesen las corrientes en el vasto Imperio de Roma, ni que su solidez haya resistido sin quebrantarse al transcurso de los siglos. Ni todos los caminos se asemejaban á la famosa *Via Appia*, pues ni uno solo se encontraba parecido á ella fuera de Italia, ni aun á cierta distancia de Roma; ni se elevaban verdaderas obras de arte para salvar cualquier arroyo, que era común cruzar con toscos badenes; ni se acostumbraba alzar gallardos acueductos, como los de Segovia, Tarragona y Mérida, para no citar más que ejemplos españoles, en todos los abastecimientos de agua. No negaré, porque sería absurdo, que la *solidez* era la característica de las construcciones de los romanos, que en éstas, como en las artes y en la literatura, no hicieron sino imitar con perfección, y con genio á veces, las obras producidas en siglos anteriores por otros pueblos, y muy en especial por Grecia; pero de aquí á suponer que sus templos, sus puentes, sus acueductos, todos sus monumentos arquitectónicos, resistían incólumes á los embates del tiempo, media un abismo. Contadísimas son las edificaciones que en tal estado han llegado hasta nosotros; sólo ruinas quedan por lo común, suficientes, sin embargo, para reconocer la grandiosidad de aquéllas; y si en España nos envanecemos con los puentes de Mérida, Salamanca, Martorell, Alcántara y Orense; con el magnífico acueducto segoviano y con otros legados de nuestros antiguos dominadores, débese casi siempre á importantes reparos ó restauraciones realizadas en diversas épocas,

como ha ocurrido en nuestros días con el grandioso puente de Alcántara, que reconstruyó en parte el ilustre ingeniero de Caminos, D. Alejandro Millán.

No ofrecería dificultades técnicas construir en la actualidad con iguales garantías de solidez que en los primeros siglos de nuestra era; ningún procedimiento de los que entonces se empleaban desconocemos; todo lo contrario: materiales nuevos, grandes progresos en maquinaria, facilidad en los transportes, nos permitirían llegar más allá aún de donde llegaron nuestros ascendientes. Y no hablo aquí de la *belleza*, elemento indispensable de toda verdadera obra de arte, porque el alcanzarla no depende de los tiempos, sino del gusto é inspiración artística del arquitecto, sin que pretenda negar la marcada influencia que en él han de ejercer las corrientes é ideas de la época y el ambiente en que viva.

Los ingenieros modernos tienen en cuenta, al realizar sus trabajos, un factor de que prescindían los antiguos, la *economía*, principio que informa todas las manifestaciones externas de la vida contemporánea. En lugar de construir puentes de cantería para cruzar los ríos caudalosos ó los barrancos anchos y profundos, se prefiere reducir cuanto sea dable el número de pilas ó apoyos intermedios, corriendo largas vigas metálicas y salvando con pocos tramos longitudes asombrosas: así vemos aumentar de día en día el atrevimiento de las construcciones, como lo atestigua el puente del Forth en Escocia, con sus vanos de 518 metros, y oímos, sin considerarlo inverosímil, que los norteamericanos, deseosos de que nadie les aventaje, proyectan unir á Nueva York con Jersey por medio de un puente colgado, cuyo tramo central mediría nada menos que 850 metros de luz. Prodigios son éstos que no se hubieran llevado á término en el apogeo de la civilización romana, y que hoy se realizan, merced á los adelantos en el arte de

construir, que con tan notoria injusticia suelen negarse.

No se elevan hoy costosos acueductos, á pesar del afán con que se acometen obras para surtir de agua á las poblaciones: resérvanse aquéllos para cruzar las hondonadas relativamente pequeñas; que en las grandes depresiones es más rápido y barato tender en las laderas tubos de hierro, constituyendo los mal llamados *sifones*, con la carga necesaria para llevar el agua á las bocas inferiores. Ya conocían este sistema los romanos, y en Italia se han encontrado restos de tuberías de bronce y plomo; pero ni las aplicaron con frecuencia, ni podían reemplazar con ventaja á los acueductos, por el precio elevado de los metales y por la dificultad de fundirlos en tubos de diámetro algo considerable. El Canal de Isabel II, esa obra que ha permitido á Madrid doblar su vecindario en pocos años, sanear la población y hacerla entrar en el concierto de las capitales de Europa; esa obra que inmortalizará el nombre del insigne D. Lucio del Valle, de imperecedera memoria para cuantos tuvimos la dicha de conocerle, y que tan dignamente ostentaba la medalla de esta Academia; el Canal de Isabel II, repito, cuenta en su trayecto de 76 kilómetros varios sifones, habiendo tres de ellos, los de Bodonal, Malacuera y Guadalix, de 1.410, 845 y 325 metros de longitud respectiva.

Es muy cierto que ni los puentes de hierro durarán tanto como duran los de fábrica, ni contemplarán los sifones, tales como hoy se encuentran, los siglos venideros. Vigas y tubos habrán de renovarse con relativa frecuencia, y con mayor aún repararse; pero la ciencia económica así lo exige; porque menores sacrificios representan, en suma, los reparos y reconstrucciones á larga fecha que el crecidísimo capital estancado que suponen un puente como el de Alcántara, un acueducto como el de Segovia. El problema económico no lo debe perder de vista ni un solo momento el

constructor: fuera de algunos casos en que la solución adecuada es de todo punto evidente, en la mayoría de ellos no cabe fijar la naturaleza de los materiales, la disposición de las partes de la obra, los procedimientos que hayan de emplearse, sin una detenida análisis en que se estudie cuál es el proyecto menos dispendioso, habidas en cuenta todas las circunstancias del presente y de lo por venir. ¡Cuán diferente el problema así planteado del que se proponían los antiguos, atentos sólo á multiplicar en las canteras y al pie de obra los trabajadores, esclavos casi siempre, que con su vida habían de dar cuerpo á aquellas concepciones! En la Edad Media y en los comienzos de la moderna no se advierten grandes progresos en los sistemas de construir. Portentosas son esas catedrales de esbeltas columnas y elevadas ojivas, que cual misterioso imán atraen el alma á la contemplación de lo infinito; en las que la luz, filtrada á través de inimitables vidrios de colores, baña el espíritu en dulces efluvios de mística ternura; cuyas agujas de filigrana de piedra admiran al profano, hacen pensar al sabio y afirman la fe del cristiano: pero no despojéis al templo de su brillante ropaje; que, si tal hicieseis, veríais cómo se elevaron aquellos muros y pilares, cómo se voltearon aquellas bóvedas peraltadas, y apenas se concebirá que hayan permanecido en pie, durante siglos, resistiendo en equilibrio instable á los asientos de las fábricas, á la escasez de dimensiones en muchos casos, á los defectos de ejecución en cuasi todos. Asomaos á dos de nuestros monumentos más gloriosos, á las célebres catedrales de León y de Sevilla, y quedaréis atónitos ante la ciencia que han tenido y tienen que derrochar nuestros arquitectos para corregir faltas y errores antiguos y conservar esos templos á la piedad de los fieles y á la admiración de los artistas.

Como ejemplo de á cuánto alcanzan nuestros métodos de construcción, y para corroborar á la vez lo que acabo de

exponer, no resisto á la tentación de referir lo ocurrido en Francia, en la catedral de Bayeux. La torre central, construída en el siglo xv, se apoyaba en cuatro pilares románicos, que formaban la intersección de la nave y el crucero: los arquitectos hubieron de juzgar débiles los apoyos para resistir la carga, y aumentaron sí su diámetro, pero sobreponiendo cuerpos anulares de fábrica, mal ejecutados y sin trabazón con los pilares antiguos que se hicieron servir de núcleos; de suerte que, producidos con el tiempo asientos desiguales, la torre gravitó sucesiva y alternativamente sobre las columnas y sus refuerzos, aplastándolos por separado. Á mediados de este siglo, la situación no podía ser más crítica: la fábrica de los anillos estaba completamente deshecha; los pilares primitivos oponían alguna, aunque escasa resistencia; los muros y bóvedas del crucero y el ábside se hallaban agrietados en todos sentidos; la torre se derrumbaba por momentos, hasta el punto de que en un solo día llegó á advertirse un descenso de un centímetro. En circunstancias tan apremiantes, los arquitectos é inspectores de la diócesis votaron por unanimidad, y quizá prudentemente, la demolición de la torre, la cual se hubiera llevado á cabo, á no haber respondido el ingeniero Flachot, cuyo nombre figurará siempre en la historia de los ferrocarriles, de efectuar los reparos necesarios para conservar la torre, siempre que se le encomendara la obra sin pérdida de tiempo y se le otorgase, como era natural, completa libertad de acción. Aceptó la oferta el Gobierno francés, é inmediatamente el ingeniero Dion, propuesto por Flachot, dió principio á sus trabajos, tan notables como poco conocidos. El problema era difícilísimo: los arquitectos habían tratado de contener la destrucción de toda la parte central del templo, sosteniendo con andamiajes y cimbras las grandes bóvedas del crucero y el ábside, y rellenando con mamposería ordinaria todos los vanos de los muros adyacentes;

pero cómo no tuvieron la precaución de derribar los arcos inferiores, resultaba que transmitían en parte á los pilares el peso de la fábrica de relleno, agravando más y más el peligro de próxima ruina. Las primeras medidas adoptadas fueron rodear los pilares de un encofrado de madera, en el que se vació yeso hasta la altura de las grandes aberturas del crucero, con objeto de reforzar por el pronto las columnas, y retardar su total aplastamiento; demoliéronse los macizos de mampostería; al pie de cada pilar se establecieron cilindros de palastro rellenos de fábrica, cimentándolos en la roca, y destinados á ofrecer sólido apoyo á las cimbras y andamiajes, que al propio tiempo se ejecutaban; se combatió el agrietamiento de la torre, ciñéndola con barras de hierro colocadas á fuego; por último, instaláronse los aparatos necesarios para poder levantar en peso la torre y dejar libres por completo los pilares.

Gracias á estas medidas y á la firmeza de carácter de Dion, se vencieron todos los obstáculos: pocas semanas después, la torre, con su peso de unas 3.000 toneladas, descansaba tranquilamente en el andamio; se reconstruían los pilares y se dió cima, sin contratiempo alguno, á un trabajo que bastaría para perpetuar la memoria del ínclito ingeniero que tantas muestras ha dejado de su ciencia y de su infatigable actividad.

Las breves consideraciones que anteceden condensan las diferencias esenciales que existen entre las obras de nuestros tiempos y las antiguas; pero, además, hay que dejar sentado que hoy se acometen muchas que hubiera sido imposible realizar con los materiales y métodos de los siglos pasados. Es cierto que ya Julio César y los Emperadores Nerón y Calígula habían pensado en el rompimiento del istmo de Corinto, proyecto que apenas pasó de tal, y cuya realización estaba reservada á nuestros días: no es menos exacto que en la antigüedad llegó á construirse un canal

que enlazaba el Nilo con el Mar Rojo; obra comenzada por Ramsés II, según Plinio y Estrabón; por Necos II, según Heródoto, y terminada por Darío Histaspes, al decir de unos, y por Tolomeo Filadelfo, al de otros; mas este canal, llamado *de los cuatro Reyes*, no es seguro que se dedicase á la navegación comercial, y no cabe comparar su importancia con la que reviste el rompimiento del istmo de Suez, que aprovecha el tráfico hace veinticinco años, ni con la del proyectado canal de Panamá, cuyas obras están hoy paralizadas, por circunstancias puramente económicas, de todos bien conocidas. Algo semejante puede decirse respecto á las construcciones en el mar: si los antiguos ejecutaron trabajos en los puertos del Pireo, de Ostia, de Cartago, de Gaeta y otros varios, fué sólo en las aguas relativamente tranquilas del Mediterráneo, y en la escala reducida que reclamaban las exigencias del tráfico, tan escaso en aquellos tiempos, con barcos de poco calado y concentrado en pueblos de espíritu mercantil como los etruscos, fenicios y cartagineses. ¿Qué significan aquellas construcciones al lado de las que en el mismo Mediterráneo se han ejecutado en Argel, Orán, Marsella y Trieste, y de las que en España se realizan en Barcelona, Tarragona, Cartagena, Málaga y Almería? Mas las dificultades suben de punto en el Atlántico, donde la agitación de sus aguas y las grandes oscilaciones de las mareas requieren tal esmero en la elección de materiales, tanta perfección en su empleo, y capitales de tal entidad, que sólo los adelantos del día y el creciente desarrollo del comercio hacen posible, en el orden técnico y en el económico, la ejecución de los trabajos titánicos que han emprendido y emprenden las naciones europeas y americanas. Larguísima sería la lista de las obras que nuestra época puede citar con orgullo, y no molestaré con ella vuestra atención: basta para mi objeto apuntar las construídas en nuestro país

para la mejora de la ría y barra del Nervión, y las importantes que se están construyendo en el abra de Bilbao y en los puertos del Musel y Coruña.

Pues bien: si se consigue hoy realizar verdaderas maravillas, tanto en trabajos hidráulicos como en vías terrestres, la Química es en muchos casos la base, y en todos un auxiliar poderoso del constructor. La demostración de esta para mí verdad inconcusa, exigiría examinar una por una las múltiples ramas de la Ingeniería y escribir un libro voluminoso: no temáis que abuse de vuestra benevolencia, pues he de limitarme á exponer breves conceptos sobre puntos muy concretos y determinados, prescindiendo de algunos que quizá tuvieran la ventaja de hacer menos áridos estos renglones y contener la impaciencia de mi auditorio. Acuérdomé en este instante de las artes decorativas, tan interesantes para el arquitecto, y entre ellas de la fabricación de azulejos, industria que se desenvolvió exuberante en nuestro suelo durante el período de la dominación árabe, en el cual se crearon esos esmaltes inalterables, con reflejos metálicos de variadísimos colores, que admiramos en los monumentos que se conservan de aquella larga época, y muy principalmente en la Alhambra, ejemplar acabado del grado de perfección á que llegaron los artistas hispano-árabes en el siglo xv. Después de la Reconquista, y quizá de la expulsión de los moriscos, hubo de perderse el secreto de la preparación de aquellos esmaltes, y hasta estos últimos tiempos habían sido infructuosas cuantas tentativas se hicieran, basadas siempre, como es lógico, en experimentos químicos y sistemas de cochura. Hoy parece que se ha resuelto el problema: los azulejos que se fabrican en Cataluña, Valencia, Andalucía y Madrid tienen la apariencia de los antiguos, y se usan profusamente en la decoración, aun cuando cabe la duda de si los tonos y reflejos se mantendrán incólumes

ó se amortiguarán con el transcurso de los años. El renacimiento de esta industria parece, por ahora, un hecho, y justo será dejar consignado que uno de sus principales iniciadores fué un ingeniero de Caminos, D. José María de Sancha, que, después de muchas vigiliass y experimentos, obtuvo las cerámicas esmaltadas con que decoró frisos, cornisas y cenefas en varias de las quintas construídas por él en la Caleta de Málaga.

En obsequio vuestro no entraré en pormenores, y espigando el campo extenso y feraz de la Ingeniería, me fijaré únicamente en la importancia de la Química, en cuanto concierne á tres clases de substancias que se emplean á toda hora en la construcción, á saber: las argamasas, los aceros y los explosivos.

Desde la más remota antigüedad se conocen las argamasas comunes, compuestas de cal y arena, y puede asegurarse que, aparte de las proporciones en que entren ambos ingredientes, siempre se han preparado de igual modo: unos veinte siglos antes de nuestra era se elevaron las famosas Pirámides de Egipto; y ensayada la mezcla que se usó en la de Cheops, ha resultado semejante en un todo á nuestras argamasas ordinarias. No sucede lo propio con las hidráulicas; las que, en contacto con el agua, se endurecen ó *fraguan*, como dicen los constructores, y que tanto interés ofrecen en Ingeniería, ya se trate de cimentaciones en terrenos húmedos, ya de obras en ríos y canales, ya de construcciones en el mar. Los romanos emplearon siempre en sus morteros ordinarios cal purísima, que solían extraer de las canteras marmóreas de las islas del Egeo, y para los hidráulicos mezclaban la misma cal con el polvo de las rocas que, por la procedencia de las primeras que se explotaron en la bahía de Nápoles, se llaman *puzolanas*; rocas cavernosas y escoriáceas, propias de terrenos volcá-

nicos, y que todo hace creer fueron arcillas en su origen, modificadas más tarde por acciones geológicas: las mezclas hidráulicas de Roma eran, por tanto, lo que hoy conocemos con el nombre de *pastas puzolánicas*. Estas pastas han caído en desuso, reemplazándolas con gran ventaja por las argamasas de cal hidráulica ó de cemento, salvo contados casos en que razones económicas aconsejan su empleo, como en las obras del puerto de Trieste, donde se han usado con excelente éxito pastas preparadas con puzolana de la isla de Santorino, la antigua Thera, en el mar del Archipiélago. Las cales hidráulicas y los cementos, que han adquirido en la construcción importancia tan extraordinaria, no se han conocido hasta época muy reciente: Smeaton, el célebre ingeniero inglés del faro de Eddystone, fué el primero que se fijó en las propiedades de las cales extraídas de calizas arcillosas, y hasta fines del siglo último, en que obtuvo Parker privilegio del Gobierno británico para explotar las canteras calcáreas de las cercanías de Londres, con objeto de preparar un producto hidráulico *que no se apagaba como las cales*, no se tenía la menor idea de los cementos. Desde entonces se ha estudiado y sigue estudiándose con empeño cuanto se relaciona con la constitución de esas substancias, las causas de su endurecimiento, la resistencia que adquieren, las circunstancias que la aumentan y los métodos de fabricación y empleo: un químico ilustre, Berthier, y un ingeniero, Vicat, no menos insigne en su profesión que en Química, inauguran en Francia tan interesantes trabajos, cabiéndoles la gloria, en especial á Vicat, de que los resultados que obtuvo son aún, en su mayoría, la base de los conocimientos actuales; sin que por ello desmerezcan los notables experimentos de Rivot, Chatoney, Faija, Fremy, Grant, Le Chatelier, Landrin, Leblanc, Hervé Mangon, Candlot, Durand-Claye, Alexandre y tantos otros. Y no han dejado de contribuir al conoci-

miento de estos materiales los ingenieros españoles: Baldasano en Cartagena, Churruca en Bilbao, García Arenal en Gijón, Pelayo en Matagorda, han hecho ensayos interesantísimos. ¡Lástima grande que, por no haberse prolongado bastante tiempo unos, y por permanecer otros inéditos, no se saque de ellos todo el fruto que pudiera apetecerse!

Á Vicat corresponde la gloria de haber fabricado artificialmente las cales hidráulicas y los cementos, que antes se preparaban por la calcinación directa de calizas, creándose con ello importantes establecimientos industriales en cuasi todas las naciones de Europa y América, y sobre todo en ambas orillas del Canal de la Mancha. Por estos medios se logra retardar el fraguado rápido que caracterizaba á los primitivos cementos llamados *romanos*, obteniéndose productos que se endurecen con relativa lentitud, adquieren mayor cohesión y permiten hacer las manipulaciones en mejores circunstancias. Con los cementos artificiales se alcanza asimismo una ventaja de gran valía, la homogeneidad, tan interesante en ciertas obras delicadas, y que no se consigue con la calcinación directa, por no ser posible que la roca, aunque de la misma formación geológica, esté constituida de idéntico modo en todos los bancos ó en cualquier punto de su masa.

Si se supiesen con exactitud las reacciones químicas que se efectúan al fraguar las cales y cementos, el problema industrial se reduciría á mezclar los ingredientes, cales, arcillas, álcalis, agua, en las proporciones indispensables para producir las reacciones que se deseara y con la rapidez que fuese conveniente. Pero, por desgracia, no sucede así: las nebulosidades en que está envuelto el endurecimiento de los productos hidráulicos corren parejas con la claridad que reviste el fenómeno en las argamasas ordinarias al contacto con el aire: una desecación más ó menos

rápida del mortero, una carbonatación lenta de la cal hidratada, he ahí explicado el hecho de fraguar. En cambio, poco puede afirmarse respecto de las mezclas hidráulicas: que la cochura desagrega los elementos esenciales de la arcilla, sílice y alúmina, haciéndolos atacables por la cal; y que aquélla, la sílice, es cuerpo absolutamente necesario para determinar el fraguado, tales son los únicos principios admitidos sin discrepancia por químicos é ingenieros. En cuanto al papel que desempeña la alúmina, es muy discutido: por lo general se cree que, no pasando de cierta dosis, contribuye con la sílice á endurecer la masa; hay quien le atribuye cuasi tanta importancia como á aquélla, y quien la relega á funciones insignificantes; sostienen unos, apoyándose en experimentos, que la alúmina sola no hace fraguar bajo el agua á las cales grasas, al paso que Fremy y Le Chatelier han conseguido endurecer en iguales condiciones los aluminatos de calcio, si bien confesando su poca estabilidad. Y en cuanto á la influencia de la magnesia, los óxidos de hierro y manganeso, los sulfatos y sulfuros y otras substancias, los pareceres aun están más divididos; con la circunstancia de que alguna de ellas, como la magnesia, produjo vacilaciones y hasta cambio de opinión en espíritu tan sereno como el de Vicat: sólo parece probado que los álcalis fijos, en dosis muy reducidas, mejoran las propiedades de los cementos *de Portland*, es decir, de los de fraguado lento.

Con estos antecedentes, no hay para qué ponderar la disconformidad que reina en la explicación del endurecimiento, desacuerdo que se acentúa cuando los materiales se sumergen en el mar, por las complicaciones que nacen de las sales disueltas en sus aguas. Le Chatelier, cuya teoría, resultado de gran número de ensayos microscópicos y químicos con los cementos de Portland, está muy en boga en la actualidad, supone que los cementos, al salir del hor-

no, están formados esencialmente de un silicato básico de calcio, elemento activo del fraguado y que se produce por precipitación en un silicato múltiple fundido, el cual sirve de vehículo; que aquel silicato básico, en contacto con el agua, se descompone en otro y en hidrato cálcico, reacción fundamental del endurecimiento, y que á éste acompaña una cristalización producida por la distinta solubilidad de los cuerpos y la formación previa de disoluciones sobresaturadas.

Aun cuando quizá tenga sello menos científico, he admitido en la cátedra la explicación dada por Rivot bastantes años antes, por la circunstancia de ser la que con mayor claridad hace apreciar á los alumnos las diferencias características de las diversas clases de cales hidráulicas y cementos. Aquel químico asigna á la alúmina funciones activas; establece que las cales recién cocidas son mezclas de silicatos y aluminatos cálcicos y de cal libre: puestas en contacto con poca agua, las cales hidráulicas se reducen á polvo por la extinción de la cal cáustica que encierran; y, añadiendo más líquido, se hidratan los silicatos y aluminatos, formando sales insolubles que fraguan como el yeso por una especie de cristalización confusa. En los cementos no hay cal libre, y de aquí que no se apaguen y se endurezcan con más ó menos rapidez, según las proporciones relativas de sílice, alúmina y cal atacable.

Tantas dudas, tantas divergencias, tantas incertidumbres en la explicación teórica de fenómeno al parecer tan sencillo como el endurecimiento de los productos hidráulicos, y eso después de los valiosos ensayos de Fremy, Landrin, Merceron-Vicat y otros, lejos de apartarnos de las investigaciones de carácter especulativo, deben empeñarnos más y más en profundizar el arcano, y sólo el dominio de los principios y procedimientos de la Química puede conducirnos, aun á costa de nuevos ensayos, á deducir de una

manera sólida, definitiva y general los elementos, en calidad y cantidad, que deban entrar en las argamasas, según las circunstancias que concurren en su empleo. Entre tanto, ya que no sea posible adoptar un método analítico, se usa el sintético: la experiencia hace ver las composiciones adecuadas, sobre todo en los cementos de fraguado lento, que son los más interesantes por la naturaleza de las obras á que se aplican, y á esas observaciones prácticas se ajusta la fabricación, resultando uniformidad cuasi completa en las análisis químicas del Portland, cualquiera que fuere su procedencia, siempre que se trate de marcas acreditadas. Para alcanzar tal resultado, indispensables son continuos ensayos de laboratorio; químicos competentes han de ser quienes los efectúen, y á ellos acuden los fabricantes, no desdeñando, por ejemplo, el peritísimo Candlot estar al frente del laboratorio del establecimiento industrial de Boloña. Estos ensayos químicos no son propios exclusivamente de los productos artificiales á que me refiero: la cal hidráulica del Teil, la mejor tal vez de Europa, rayana con los cementos y universalmente reconocida como la más á propósito para la estabilidad de los morteros en las aguas del Mediterráneo; los cementos de escorias, muy de moda en la actualidad, y que con éxito excelente se emplean en las obras del puerto de Málaga; nuestro cemento de Zumaya, de gran renombre entre los naturales de fraguado rápido; todos ellos exigen ensayos frecuentísimos, en primer lugar, de las rocas de que proceden, y en segundo, de los cuerpos obtenidos en la cocción.

Por otra parte, no son suficientes los ensayos químicos, pues ciertas propiedades físicas ejercen marcado influjo en la calidad de los cementos, y por consiguiente en la resistencia que llegan á adquirir y en la rapidez con que á ella se acercan. No se daba antes gran valor á la finura del grano, y hoy se sabe, y unánimemente se reconoce,

que el núcleo de las partículas demasiado gruesas permanece inerte, sin que lleguen á él las reacciones: no hay ya tanta conformidad en las magnitudes ó diámetro que convenga adoptar; pero, para formarse idea de cuánto se han modificado las condiciones requeridas á los cementos de Portland, bueno será recordar que no hace muchos años establecía el ingeniero inglés Faija que los granos deberían pasar por un cedazo de 100 mallas en centímetro cuadrado, y no dejar residuo superior al 15 por 100 en tamices de 400 mallas: en los pliegos de condiciones modernos, por ejemplo, en varios de los redactados en España, se consigna que los cementos no habrán de dejar arriba del 3 por 100 en tamiz de 900 mallas, ni del 35 en otro de 5.000; guarismos que aun son algo superiores á los propuestos en el Congreso de ingenieros de Dresde y de Munich.

La finura de la molienda modifica, como es natural, el peso del metro cúbico de cemento sin comprimir: fijábase, diez ó doce años atrás, en 1.350 ó 1.400 kilogramos; mas, á medida que mengua el tamaño de los granos, disminuye también el peso, hasta el punto de resultar, por los ensayos practicados en Cartagena, que un cemento, cuando deja 20 por 100 en el cedazo de 900 mallas, puede pesar, sin comprimirlo, 1.370 kilogramos por metro cúbico, y reducirse á 1.015 cuando se ensaye el polvo impalpable que se escapa á través de un tamiz de 5.000 mallas en centímetro cuadrado.

Todas estas circunstancias, y muchas otras que omito en obsequio á la brevedad, muestran cuán delicada es la preparación de los cementos y demás productos hidráulicos, y cómo es la Química la llamada á esclarecer respecto de ellos cuestiones interesantísimas, que por desgracia no se han resuelto todavía, á pesar de los profundos estudios á que se han dedicado hombres eminentes. Sin embargo,

los adelantos conseguidos de poco tiempo á esta parte son bien notorios: se fabrican cementos de cuasi absoluta homogeneidad en sus condiciones físicas y químicas; y, merced á este resultado y á los perfeccionamientos introducidos en los hornos y en los métodos de cochura, la cohesión que se alcanza es muy superior á la de los antiguos productos hidráulicos. Los buenos cementos de Portland, amasados sin arena, y después de dos ó tres años de sumergidos, ofrecen una resistencia á la tracción que se acerca á 50 kilogramos por centímetro cuadrado, próximamente el doble que el cemento natural de Zumaya, y el triple de la resistencia que señalaba Vicat á los morteros de cales eminentemente hidráulicas.

No os molestaré con la enumeración de las aplicaciones de las argamasas en general, y en particular de las preparadas con cementos ó cales muy hidráulicas; pero permitidme que, aunque de pasada, recuerde que son la base del hormigón, y que con éste se construyen esos inmensos sillares artificiales, que á veces llegan á medir 50 metros cúbicos, y con los cuales, ora concertándolos, ora botándolos á modo de piedra suelta, se edifican esos espigones, diques y rompeolas, verdaderos trabajos ciclópeos que atestiguan la vitalidad de la ciencia y del comercio en el siglo XIX.

Mas, con ser asombrosas esas construcciones, no son, sin embargo, las que imprimen carácter á la época: las fábricas de enorme masa, aunque con distinta aplicación y de diferente modo constituidas, se conocen desde tiempos remotísimos. No nos admiran tanto esas moles destinadas á desafiar los embates de los más rudos temporales del Océano, como las obras esbeltas, ligerísimas, con calados de anchas mallas, que ora salvan, á alturas vertiginosas, ríos caudalosos y profundos abismos, dando paso

á los pesados trenes que arrastra la potente locomotora; ya cubren, sin apoyos intermedios, vastas galerías capaces de contener un museo completo de las innumerables máquinas que dan vida á la moderna industria; ya se elevan al espacio, empequeñeciendo á los antiguos colosos, pirámides, obeliscos y flechas de góticas catedrales; ora, artísticamente combinadas, forman delicadas labores polícromas, nuevo elemento decorativo que utiliza y utilizará cada vez más el arquitecto. El hierro dulce y colado, y sobre todo el acero, son los materiales que dan sello especial á nuestras construcciones; y se comprende que así sea, porque, á la par que reúnen los requisitos indispensables de solidez, rapidez en su empleo y economía, lo mismo se prestan á utilizarlos en la ejecución de grandes puentes, viaductos y armaduras, que en los edificios corrientes y en las acabadas líneas de la ornamentación. Verdaderos prodigios técnicos se han realizado con el hierro y el acero: los puentes de Glasgow, San Luis y Brooklyn en los Estados Unidos, y en especial el ya citado del Forth en Escocia; el viaducto de Garabit, cuyo tramo central tiene 122 metros de cota y lo sostiene un arco parabólico de 165 metros de cuerda; la notable galería de máquinas en la última Exposición Universal de París, con sus armaduras ojivales de 115 metros de vano; la torre de Eiffel, cuya cúspide domina el vasto territorio que se descubre desde una altura de 300 metros; muchos otros ejemplos que pudiera presentar, demuestran bien á las claras los problemas que la Química y la Mecánica han llegado á resolver. No estoy, sin embargo, conforme con el parecer del docto Van Drunen, profesor de la Universidad de Bruselas, que cree se ha realizado ya con los materiales metálicos la fusión de la ciencia y del arte, merced á los esfuerzos de ingenieros y arquitectos en el certamen parisiense: quizá influya en mi modo de ver, como indica

el ilustre catedrático, el que, acostumbrada la vista á la disposición y proporciones de los monumentos antiguos y medioevales, no se ha educado aún nuestro gusto, y admirando, como es debido, las grandes construcciones modernas, no experimentamos al contemplarlas la emoción que siente el ánimo ante la belleza artística: confieso paladinamente que ni los puentes atrevidos, ni las vastas galerías cubiertas, ni los adornos metálicos me causan impresión parecida á la que me producen tantos y tantos severos puentes de fábrica, elegantes pórticos, templos de todas edades, y el más insignificante alicatado de nuestra incomparable Alhambra. Á mi juicio, la generación actual ha hecho mucho, muchísimo; ha ganado grandes batallas á la materia, consiguiendo éxito completo en el terreno científico, y ha reunido todos los elementos necesarios para que un genio poderoso, otro Miguel Ángel, que aun no ha aparecido, pero aparecerá sin duda, los aproveche é inaugure una era arquitectónica, que no será ciertamente de *Renacimiento*, sino de *creación artística* de las construcciones metálicas.

Como quiera que la Química es la base de la Metalurgia y de los procedimientos siderúrgicos, no hay para qué encarecer el papel importantísimo que desempeña en la preparación y trabajo de los nuevos materiales, y en los estudios que con tanta perseverancia se prosiguen sobre su esencia y constitución. Para no hacer demasiado largo este discurso, nada diré de los hierros dulces y colados, limitándome á someras consideraciones sobre el acero. Á pesar de tanto como se ha discutido el asunto, ó más bien á causa de esto mismo, es difícil precisar lo que por *acero* se entiende: á fuerza de querer investigar la constitución de la molécula y las modificaciones que sufre durante el trabajo—tropezando con el atraso en que hoy se encuentra todavía la Física molecular, y por consiguiente, los cálculos de re-

sistencia,— se han expuesto multitud de teorías, fundamentadas en hipótesis más ó menos ingeniosas, y se han preparado muchos metales de composición diversa, de cualidades heterogéneas, todos ellos llamados *aceros*, y que no tienen más que un carácter general, el de hierros que adquieren por el temple mayor elasticidad y dureza. Aunque de las varias clasificaciones propuestas, y entre ellas la de la Comisión de Metalurgia en la Exposición de Filadelfia, ninguna ha llegado á tomar carta de naturaleza, se impone un acuerdo, que permita diferenciar en el lenguaje el acero del sutil muelle de un reloj, del de la fuerte barra de un ferrocarril ó de la viga de un puente, y del que se funde en grandes masas para piezas de artillería y blindar embarcaciones.

No hay conformidad entre los hombres de ciencia respecto á las substancias que comunican al hierro las propiedades que pueden llamarse *acerantes*, ni á si forman ó no con el metal verdaderas combinaciones químicas. Al paso que la hipótesis más corriente sigue siendo que los aceros son carburos de hierro con dosis variables de carbono, Chevreul no admitía tal combinación, y sí que el carbono no hacía más que modificar las propiedades físicas del hierro, aunque al fin y al cabo juzgaba aquel cuerpo como esencial para los fenómenos de la aceración. Más tarde Fremy, fijándose en los pormenores para obtener el acero cementado, establece que el hierro no se acera sólo por la acción del carbono, que ha de intervenir también el ázoe, y que el cuerpo resultante no es un carburo, sino un nitrocarburo de hierro; teoría que tuvo gran boga, pues la admitió el célebre químico Dumas, y no fué combatida rudamente más que por Caron, adversario decidido de Fremy, quien, en su obra ya clásica de Química, dió mayor amplitud á su pensamiento, exponiendo un principio fecundo, confirmado en parte por la experiencia, y que ha de ser

fuelle de notorios adelantos si sale del período de incubación y se convierte en verdad reconocida. Retractándose algún tanto de su opinión sobre la influencia decisiva del ázoe, afirma que cuasi todos los cuerpos simples, al actuar en el hierro, dan sucesivamente, conforme la dosis en que se empleen, aceros, hierros colados y compuestos definidos. Como comprobación de que el carbono no es el único cuerpo acerante, os recordaré algunos hechos: en 1867, la fábrica de Neuberg (Austria) preparó un acero que, con tres milésimas tan sólo de carbono y 10 de silicio, resultaba de análogas propiedades al acero duro ordinario con 10 milésimas de carbón; trabajos más recientes, hechos en Seraing (Bélgica), muestran que el acero puede recibir hasta 14 milésimas de silicio, rebajando á 16 diezmilésimas la dosis de carbono; en Brooklyn se liga al hierro una corta cantidad de cromo, y resultan aceros de excelentes condiciones y tenacidad cuasi doble que la común, con los cuales se ha construído sobre el Mississipi el soberbio puente de San Luis; el tungsteno acrece, como el cromo, la resistencia del metal; y en la fábrica de Terrenoire (Francia) se ha logrado, sin perjudicar las propiedades del acero, poder dejar hasta cuatro milésimas de fósforo en la masa, reduciendo á una la proporción de carbono, recurso que ponían en práctica desde 1869 dos establecimientos alemanes, poco menos que como falsificación inocente, para el suministro de carriles.

Aun ciñéndose al acero que proviene de la modificación del hierro por cortas dosis de carbono (0,50 á 1,25 por 100), se han emitido en estos últimos años nuevas y autorizadas opiniones. Refiérome, en primer lugar, á la teoría llamada *celular*, expuesta por Osmond y Werth, como fruto de sus notabilísimos trabajos en el Creusot, y basada en la Termoquímica y en ensayos microscópicos: admiten que el acero está constituído por granulaciones de hierro cubier-

tas de una cutícula de carburo, cuyo espesor varía con la dureza del metal y las condiciones físicas que determinan la agrupación molecular, y establecen que el acero se compone de hierro en exceso, carburo y carbono libre. Curiosas son asimismo la hipótesis de Karsten, que juzga que en los hierros carburados se halla el carbono parcialmente combinado, mezclado y disuelto; la de Jullien, que defiende la disolución total del metaloide; y la teoría del *temple*, preconizada por el ruso Tchernoff, según la cual las transformaciones moleculares dependen de las temperaturas y del enfriamiento, llegando el autor á marcar las condiciones para templar un acero de composición conocida con la eficacia máxima y la temperatura que no conviene exceder.

Fáltame espacio para resumir siquiera tantos y tan variados trabajos acerca de la constitución íntima de los aceros, y prescindiendo ya de lucubraciones teóricas para considerar la fabricación industrial, pasan los progresos conseguidos, que se traducen en una reducción en los gastos y una rapidez en los procedimientos que rayan en lo inverosímil. Así se explica el vuelo tomado por el uso del acero en la construcción, que tiende de día en día á reemplazar al hierro maleable: cierto que aun es superior el coste de producción de éste al de aquél; mas la diferencia decrece gradualmente, y como, á causa de las condiciones de resistencia del acero, puede disminuirse el peso de las piezas, se concibe bien que la sustitución de un metal por otro se imponga de manera decisiva en innumerables casos. Concretándome á los puentes, os citaré las conclusiones á que se ha llegado, pocos años há, con motivo de la construcción de un ferrocarril en Rumanía, que había de salvar el Danubio con siete tramos independientes de 165 metros de luz cada uno y 52 de 50 metros. Era dudoso si convenía emplear el hierro laminado ó el acero fabricado por el sistema de Martin-Siemens: no se pusieron de acuerdo los

ingenieros rumanos, y hubo de acudirse á una comisión de sabios extranjeros, la cual, después de pedir numerosos datos á los establecimientos franceses más acreditados, como Batignolles, Fives-Lille, el Creusot, Cail, Terrenoire, etc., y de estudiar minuciosamente los pliegos de condiciones de la Marina francesa y del Almirantazgo inglés, opinó que los grandes vanos debían salvarse con vigas de acero, y dejar en libertad á las fábricas que se presentaban al concurso para elegir el metal que hubiera de emplearse en los pequeños. En las actuales circunstancias, y á reserva de las modificaciones que introduzcan futuros adelantos, los constructores aceptan, por lo común, el mismo límite: concéptúan más económico el hierro para luces inferiores á 40 metros, el acero para las que exceden de 50, y para las comprendidas entre estos dos guarismos consideran que viene á compensarse la disminución de peso que permite el acero con el mayor coste de este último metal.

Desde los hornos establecidos en Sheffield, á mediados del siglo anterior, por Huntsman para fundir los aceros previamente preparados por cementación del hierro dulce ó afino del colado—que se usaron y usan todavía para obtener el metal con que se fabrica la famosa cuchillería, y sólo funden de una vez 30 kilogramos cada uno,—á los procedimientos que ahora se siguen en los vastos centros industriales, hay inmensa distancia. No describiré la fábrica de Krupp, donde se ha llegado á obtener el lingote de 52 $\frac{1}{2}$ toneladas que figuró en la Exposición de Viena; ni el método, muy seguido en Inglaterra, de agregar mena de hierro á un baño de este último metal fundido, el cual método se conoce con el nombre británico de *ore process* y fué entrevisto por Bréant hace setenta años; ni otros medios que no han adquirido aún gran desarrollo, ó que se han abandonado por imperfectos: sólo os recordaré brevemente los dos sistemas en uso para la preparación del

acero que se aplica á la Ingeniería, el de Bessemer y el de Martin-Siemens, que tienen la condición común de obtener directamente el acero fundido.

En el primero se inyecta una corriente de aire en el baño de hierro colado, contenido en el aparato llamado *convertidor*, especie de retorta truncada de palastro, vestida interiormente con una camisa de arena arcillosa de 25 á 30 centímetros de espesor, provista de toberas, también de arcilla, y que puede girar alrededor de un eje horizontal: no necesito entrar en pormenores bien conocidos de todos vosotros. Las reacciones que se efectúan dentro de la retorta son, en resumen, las mismas que determinan el afino de los hierros impuros; pero Bessemer ha sabido aprovechar la acción del aire, que, lejos de enfriar el baño metálico, aumenta su temperatura y le hace entrar en una especie de ebullición, gracias á ser marcadamente exotérmicas las reacciones, y al ingeniosísimo recipiente ideado por el autor. Al principiar el trabajo salta el silicio oxidado, desparramándose en lucientes chispas, al tiempo que el carbono libre del hierro, combinándose con el metal, transforma en hierro blanco el colado gris; luego, en el segundo período, ilumina la boca del convertidor la llama brillante producida por la rápida oxidación del carbono, reemplazada en el tercero y último por los humos del manganeso, rojizos como celajes del sol saliente; agrégase entonces al baño hierro colado manganeso en estado líquido ó en barras candentes, para que parte de este manganeso reduzca el hierro oxidado. Veinte minutos no más dura la operación, y el aspecto de la llama y de los humos da á conocer su término. Para proceder con entero rigor, llamas y humos se analizan, pero no en eudiómetros ni en retortas, sino con la simple observación del espectroscopio, ese maravilloso instrumento con el cual se descubre la composición de los astros y se mide la velocidad con que algunas es-

trellas se apartan en sentido radial del centro de nuestro sistema, prodigios sin disputa superiores á los muchos con que se envanece nuestra época. La espectroscopía permite seguir paso á paso la marcha de las reacciones en el convertidor de Bessemer, observando los productos que de él se escapan, y los silicatos fusibles, que formando escorias sobrenadan en el baño metálico, completan el examen, por el color de las muestras que de tiempo en tiempo se sacan.

El método de Bessemer, modelo de sencillez, como suele ocurrir con todos los grandes inventos, causó honda revolución en la industria; mas adolece aún del defecto de no eliminar en el afino el fósforo y no pequeña parte del azufre. Thomas y Gilchrist idearon el procedimiento *básico*, con el que se logra desfosforizar totalmente el hierro: reemplazo de la camisa arcillosa con otra de dolomía, sola ó aglutinada con un aceite mineral; introducción en la retorta de fuertes dosis de cal y óxido de hierro; unos cuantos minutos más de inyección de aire para que las reacciones se terminen; talen son, como sabéis, los fundamentos de este sistema que va reemplazando al antiguo, llamado por contraposición *ácido*, en la mayor parte de los grandes centros fabriles.

Al salir el acero líquido de los convertidores, parece un río de fuego que se precipita en las grandes calderas móviles que, despidiendo un surtidor de chispas por todo el ámbito del taller, vierten el metal en los moldes ó lingoteras, que desprenden humeantes el vapor de agua que todavía contienen, y después de cinglarlo se le somete ya á la acción de las prensas, martinets y laminadores que han de darle forma definitiva.

Los antros iluminados por el resplandor de las fraguas en el fondo del Etna, donde fantasearon los poetas que Vulcano y sus Cíclopes forjaban los rayos de Júpiter y el escudo de Aquiles, son pálida imagen del grandioso espec-

táculo que ofrece una gran herrería moderna. Parece como si la industria humana hubiera dado realidad tangible á los Titanes de la fábula, cuyos rudos troncos remedan, vomitando llamas, los elevados cubilotes que respiran estruendosamente con las potentes máquinas sopladoras, adelantan cien brazos de grúas y pescantes por toda el área de la fundición, y dan isócronos latidos en los émbolos de los motores. Para animar todos aquellos complicados organismos, para que cada cual cumpla sus funciones como el más delicado miembro, no ha ido Prometeo á buscar al cielo un destello de su lumbre; el hombre ha burlado la vigilancia de los avarientos Cabiros, y del fondo de la tierra saca los tesoros de lumbre solar que allí encierran las capas carboníferas.

No he de hablaros de cuánto embarga el ánimo la contemplación del colosal martillo de vapor que obedece sumisamente á la voluntad de un niño; de las serpenteantes barras encendidas que las ranuras del laminador una y otra vez domeñan; del silencioso, preciso y acompasado trabajo de tijeras, cepillos, sierras, hornos y alisadores, que el tiempo apremia, y no lo tengo ya ni para reseñar el procedimiento rival del de Bessemer, el de Martin-Siemens, nombre en que aparecen asociados los del oficial de artillería que lo discurrió y el de los hermanos á quienes tanto debe la industria moderna en muchas de sus múltiples manifestaciones. Básteme recordar que la base del sistema es fundir el hierro colado en la plaza de hornos regeneradores y disolver hierro dulce en el líquido; graduando bien las proporciones y eligiendo metales de carburaciones adecuadas, cabe obtener aceros de composición determinada de antemano.

Tanto los de Bessemer como los de Martin-Siemens son excelentes, y rivalizan en sus aplicaciones á la Ingeniería; la elección está subordinada solamente á la influencia que las circunstancias locales ejerzan en los precios res-

pectivos. Por fortuna, en este ramo interesantísimo de la industria no se ha quedado España á la zaga de las demás naciones, pues en Asturias, y en Vizcaya sobre todo, prepárase el acero con extremada perfección y empleando los métodos más acreditados. Nada dejan que desear las instalaciones siderúrgicas hechas por varias Compañías particulares, mereciendo también que se cite con encomio la notable fábrica de Trubia, á cargo del Cuerpo de Artillería.

Si en verdad asombra el considerar adónde se ha llegado en la obtención y empleo del hierro y del acero, sobre todo de este último, cuyas aplicaciones eran hasta hace poco tan restringidas, no se crea que hemos alcanzado ó estemos á punto de alcanzar el *desideratum* en materia de construcciones metálicas. Nada de eso: la Química no detiene un solo momento su marcha rapidísima; y cuando aun se discute cuál sea la esencia íntima del acero, y se estudian perfeccionamientos en los métodos de producción, ya surge del laboratorio un nuevo material llamado á recibir variadísimas aplicaciones, el aluminio. Metal de inapreciables ventajas por su resistencia, maleabilidad, inalterabilidad y poco peso específico; tan profusamente esparcido en el globo, que no se concibe cómo se puedan agotar sus abundantísimos veneros: conocíase tan sólo como curiosidad científica hace años, sin que se pensara en utilizar tan preciadas condiciones, por lo difícil que era aislarlo de los cuerpos con que se halla íntimamente combinado, y el elevado precio á que, por tanto, resultaba. Pero las circunstancias van variando: Sainte-Claire-Deville, en 1856, funda la metalurgia del aluminio, consiguiendo que el precio del kilogramo baje desde 1.000 hasta 300 francos, y esto nada significa en comparación con lo que más tarde se ha conseguido; pues, gracias á los esfuerzos de Cowles, Hell, Heroult, Kiliani y Minet, los progresos son tan enormes, que el precio se

ha reducido á 44 francos en Londres, en 1888; á 18, en 1889; á 8,25 en París, en Noviembre del 92, y á 6,25 en Junio del 93. La estadística no basta llevarla ya por meses, es preciso llevarla por semanas, y comprenderéis que no me falta razón al prever que antes de mucho tiempo la Ingeniería sacará de los barrizales que dan el toscó ladrillo ó la transparente porcelana, un material que, si bien no al hierro ni al acero, reemplazará al cobre, al plomo, al cinc y á otros cuerpos que exigen, á igualdad de resistencia, masas mucho más considerables.

La influencia de la Química se extiende, no sólo á los materiales que se emplean en las obras, sino á los que se usan en las grandes operaciones auxiliares de explotación y voladura de rocas. Nada diré de la aplicación de los ácidos á la apertura de barrenos en formaciones calizas, porque bastan, para llenar las pocas páginas que me restan, algunas palabras acerca del explosivo más usado aún que conocido, *la dinamita*. El agente eficaz de esta substancia, la nitroglicerina, resulta de la acción del ácido nítrico sobre la glicerina, ó sea el alcohol, tipo de la serie triatómica, y, por tanto, entre los éteres debe clasificarse; descubrióla Sobrero en 1847, en el laboratorio de Pelouze; pero su preparación industrial sólo data de 1863, en que el ingeniero sueco Alfredo Nobel montó las fábricas de Estocolmo y Hamburgo. La nitroglicerina se forma con muy poco desprendimiento de calor; sus componentes conservan cuasi íntegra su energía, y esto demuestra, á juicio de Berthelot, gran pontífice de la Química moderna, la intensidad con que se manifiestan sus propiedades explosivas cuando se provoca la combustión interna, sometiéndola á un choque violento. ¿Qué reacciones se verifican entonces? No pueden precisarse, y varían mucho, según las circunstancias. El ilustre autor de la *Mecánica química* aclara, hasta donde es

factible, tan delicado punto. Él hace ver, en párrafos henchidos de doctrina, cómo la fuerza viva del choque se transforma en calor, en las primeras capas de líquido que lo sufren, y ocasiona la formación repentina de gases, que determinan otro choque más violento en las capas inmediatas; y propagados rápidamente fenómenos análogos por toda la masa, con reacción inicial y velocidad que dependen de la magnitud del choque, la terrible disgregación de las moléculas sigue caminos distintos, y muchas veces imprevistos, y no es raro ver que un mismo explosivo origine efectos bien diversos, según el sistema que se emplee para inflamarlo.

Bien que la composición química de la nitroglicerina y de otros cuerpos de propiedades semejantes se conozca con toda exactitud, no sucede así con la agregación molecular, que, sin duda alguna, se halla en un equilibrio tan estricto, tan inestable, que el menor esfuerzo lo destruye y se derrumban con fragor los edificios archimicroscópicos, pero sin que puedan precisarse los efectos de la ruina, como no se precisa la del elevado castillo de naipes al soplo del niño, ó por la trepidación del suelo. Leed los artículos notabilísimos que en un periódico literario (1) acaba de publicar mi insigne maestro D. José Echegaray, que lo es en tantas y tan variadas manifestaciones de la cultura, y veréis materializada la inestabilidad de los explosivos, con esa brillantez que distingue al ínclito vulgarizador de las ciencias más abstrusas.

Los efectos que con la nitroglicerina pueden alcanzarse son extraordinarios: á igualdad de peso, produce tres veces y media más gases que la pólvora de caza, y seis á igualdad de volumen; su acción, esencialmente quebrantadora, la hace muy á propósito para las voladuras,

(1) *La España Moderna*, 1894.

aunque inútil para las armas de fuego. Pero tiene un defecto de tal importancia, que ha habido que renunciar á emplearla sola: es de difícilísimo manejo, estalla con el menor roce, y, cuando encierra impurezas, se descompone espontáneamente y prodúcese la explosión, quizá por el esfuerzo que ejercen los gases al no encontrar salida.

Conservar la fuerza detonante de esta substancia, haciendo desaparecer ó aminorando sus inconvenientes, era problema de demasiada importancia industrial para pasar inadvertido á los ojos de los hombres científicos; y el mismo Nobel dió en 1866 la clave del procedimiento que todavía se sigue. Mezclando la nitroglicerina con cantidades variables (25 á 75 por 100) de un cuerpo inerte que tenga gran potencia de absorción, resultan las *dinamitas*, la *pólvora de gigantes*, como dicen los ingleses. Las materias pasivas pueden ser sílice, alúmina, polvo de ladrillo, trípoli, cenizas de carbón ó hulla, escorias de fragua y de hornos altos: en Alemania se usa con preferencia el *kieselguhr*, especie de polvo farináceo, compuesto de sílice cuasi pura, que abunda en Hanóver, cerca de Unterlås; en Francia, en la fábrica de pólvora de Vonges, se incorpora la *randanita*, roca proveniente, según parece, de la descomposición de feldspatos por aguas minerales aciduladas; pero suele agregarse sílice, subcarbonato magnésico, creta, ú otras materias, á fin de modificar la capacidad de saturación de la mezcla absorbente. Por lo común, en el comercio se encuentran tres clases de dinamitas, que se distinguen por números, según la dosis que encierran de cuerpo inerte: á la de cada número corresponde, por tanto, diversa energía y distintas aplicaciones. Las dinamitas no son líquidas, como la nitroglicerina, á la temperatura ordinaria; preséntanse en estado sólido y con textura semejante á la del azúcar terciado; al aire libre y en contacto con una llama arden con pasmosa tranquilidad; nadie creería la enorme fuerza ex-

plosiva que tienen almacenada, y que se revela en cuanto se las somete en vasos cerrados á la acción del calor, ó á la de un choque violento entre cuerpos duros. La dinamita se transporta y maneja con mucha más facilidad que la nitroglicerina; mas, por desgracia, dista bastante de inspirar garantías absolutas. De cuando en cuando se registran explosiones aterradoras, y hay que señalar en los anales días nefastos, como el 3 de Noviembre de 1893, que todos tenemos en la memoria, y que espantó al mundo entero, cubriendo de luto y desolación á la hermosa capital de la pintoresca Montaña. La horrible catástrofe de Santander, ocasionada por la explosión de la dinamita cargada en el vapor *Cabo de Machichaco*, es ejemplo harto notorio de los peligros que ofrecen las substancias detonantes. Sin datos bastantes para analizar las causas del terrible accidente, no es aventurado asegurar que éste y todos los análogos provienen, ora de un choque enérgico, que pudo producirlo en aquel caso la explosión de la caldera del buque, ora de la descomposición espontánea de la dinamita; pues aun cuando más estable que la nitroglicerina, no lo es tanto que la impida siempre, sobre todo si el elemento activo se congela y se separa del cuerpo que lo absorbía. Á veces la descomposición de la dinamita se efectúa con lentitud, y la materia queda, sin embargo, con tal inestabilidad que basta la conmoción más ligera, la producida al abrir una puerta, para ocasionar el estallido.

De todo lo que acabo de apuntar se desprende que cuantas precauciones se observen en el transporte y uso de la dinamita son pocas, y que incumbe á los químicos prestar señalado servicio humanitario dedicándose á estudiar el modo de corregir más y más los inconvenientes de los explosivos de aplicación corriente. Pero de aquí á renunciar á emplearlos, como pretenden ciertos espíritus encogidos, hay enorme distancia. Raro es el progreso rea-

lizado por la civilización que no esté sujeto á graves contingencias; los caminos de hierro, los aceites minerales, el gas de alumbrado, la misma electricidad, los elevadores hidráulicos, todas las conquistas de nuestros tiempos, y cuenta que lo mismo acontece con las de épocas anteriores, van acompañadas de séquito de desgracias si no se utilizan con prudencia y discreción; y no obstante, nadie piensa en suprimir los viajes cómodos y rápidos, ni en que se proscriba la iluminación clara á la par que económica de nuestras viviendas, ni en prescindir de las muchas comodidades que nos proporcionan, directa ó indirectamente, agentes y substancias que exigen precauciones minuciosas. Es más: las mismas personas que muestran sensibilidad tan exquisita ante peligros eventuales, y que en su mayoría se evitan con tacto y observando prudentes reglas, no tienen una palabra de protesta para industrias como la del beneficio del cinabrio, el pudelaje del hierro y otras muchísimas, en que se sabe, sin género alguno de duda, que se ha de destruir la salud y acortar la vida de los infelices operarios que á costa de ella ganan el sustento de sus familias. ¡Contrastes de que está llena la historia de la humanidad!

Todavía es causa de otra censura más agria contra los explosivos el uso criminal que de ellos hacen en estos tiempos los mal avenidos con el orden social, y que no hallan medio más adecuado para el logro de sus aspiraciones que hacer tabla rasa con lo existente, sin respetar, no ya la propiedad y las instituciones más venerandas, pero ni siquiera la base de todas ellas, la familia. No encuentro palabras bastante duras para condenar tan absurdos propósitos; mas sí rechazaré la idea de que á los progresos científicos é industriales de nuestra edad hayan de achacarse los reprobados medios de acción que se ponen en planta ni los delincuentes son químicos consumados, ni en sus bombas destructoras se encuentran, por lo común, los

explosivos que se utilizan en las artes y en la Ingeniería, ni nunca les faltarían elementos, si éstos no existiesen, para llevar á la práctica sus descabellados intentos de asolación y ruina.

En lo que hay que insistir hasta la saciedad es en que no se omita requisito alguno para transportar, almacenar y emplear los explosivos con cuantas precauciones aconseje la prudencia más exagerada, á fin de prevenir, hasta donde pueda alcanzarse, los desastres que se temen. Dignos son de elogio los esfuerzos que en este sentido se hacen; los constructores, ante la vital importancia que reviste la cuestión, reglamentan las operaciones más insignificantes, y contribuyen con su celo á evitar los temibles accidentes: prueba de ello acaban de dar los ingenieros de Caminos de la provincia de Cádiz, redactando una bien pensada Instrucción con motivo de la voladura de los escollos *Los Cabezos* en el Estrecho de Gibraltar.

El tema que he elegido es inagotable: no he hecho sino desflorar tres puntos, y la pluma ha corrido de tal modo que, á pesar de vuestra exquisita benevolencia, estoy seguro de que os impacientáis de no ver el término de mi disertación. No temáis que siga abusando: los ejemplos que he aducido, los innumerables que pudiera presentar dirigiendo el pensamiento á la preparación de cualquiera de los cuerpos que se usan en las construcciones, demuestran clara y palpablemente que la Química comparte con la Mecánica el imperio de las ciencias que sirven de base al arte de edificar. Así se comprende la importancia, cada día más saliente, que se da á aquélla en las Escuelas de Ingenieros de todos los países; los libros especiales que se escriben para facilitar su estudio; el afán con que las naciones analizan sus materiales naturales y artificiales, completando los ensayos químicos con los tan interesantes de resisten-

cia, y formando estadísticas valiosas, que sirven de guía segura al redactar los proyectos y ejecutar las obras. El alcance que se reconoce á estos trabajos es tan grande, que ocupa seriamente á los ingenieros la idea de unificarlos, sometiéndolos á un criterio racional y constante, de suerte que los resultados sean comparables con facilidad y puedan utilizarse, con no pocas ventajas técnicas y económicas.

Pero, aun cuando me duela, he de consignar que nuestro país es triste excepción en esta tendencia: en vano buscaréis en la Escuela de Ingenieros de Caminos, tan notable en otros conceptos, ni en ninguna de las demás en que se cultivan las ciencias de la construcción, laboratorios químicos destinados exclusivamente al ensayo de materiales, como el de Berlín; como el que á tanta altura han colocado en París, en la Escuela de Puentes y Calzadas, los ilustres ingenieros Hervé Mangon y Durand-Claye; como los que se han instalado en cuasi todas las naciones, hasta en alguna de las más modestas Repúblicas de la América del Sur. Y observad que lo mismo, absolutamente lo mismo, sucede con los experimentos mecánicos de resistencia: si algo, que es bien poco, conocemos respecto á nuestros materiales, débese á esfuerzos aislados de ingenieros y arquitectos que, encontrándose al frente de trabajos importantes, han practicado ciertos ensayos, limitados, en general, á las substancias que se proponían emplear; fuera de esto, puede decirse que ignoramos la composición y resistencia de los materiales más comunes de nuestro suelo. Poner de relieve el sensible atraso en que nos encontramos, no es falta de patriotismo, antes bien el verdadero amor patrio consiste en buscar remedio eficaz á los males del país, y tal es el fin que me propongo en este solemne acto, confiando, no en la débil resonancia que han de tener mis palabras, sino en que personas competentes y dotadas de la

autoridad de que carezco eleven su voz y consigan que salgamos de nuestro marasmo, excitando á los Poderes públicos, hasta ahora indiferentes á las súplicas que repetidas veces se les han dirigido. Si antes de morir logro ver funcionando el Laboratorio de Química y las máquinas de resistencia de materiales en la Escuela de Caminos, donde aprendí primero y enseñé más tarde lo poco que sé, en esa Escuela á que rindo verdadero cariño filial, creed que habré satisfecho una de mis vehementes aspiraciones.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. ALBERTO BOSCH

Señores Académicos:

Acabáis de escuchar el brillante discurso de D. Manuel Pardo. ¡Cuán gratamente ha sonado en mis oídos! Me trae á la memoria las explicaciones que suelen darse en la Escuela de Ingenieros, explicaciones en que sorprende la precisión científica y la claridad del lenguaje. Escribe el Sr. Pardo con elegancia, con estilo jamás difuso y siempre conciso, sin duda porque la difusión es patrimonio de los espíritus débiles y la concisión patrimonio de los espíritus superiores.

Aplazaré un instante el estudio del tema escogido por el Sr. Pardo para rendir un tributo piadoso á D. Magín Bonet y Bonfill.

Nació D. Magín Bonet y Bonfill en Castellserá, provincia de Lérida, en 28 de Mayo de 1818. Su educación fué clásica, profunda y sólida. Terminados sus estudios clásicos siguió la carrera de Farmacéutico. Cedió, por último, á su vocación y se dedicó á la enseñanza. En la Universidad de Oviedo, en la Escuela de Ingenieros industria-

les de Madrid, en la Universidad Central, resonó la elocuente palabra de este profesor insigne.

Los trabajos del Sr. Bonet merecieron grandes honores. Premiada fué por esta Real Academia, como recordaba el Sr. Pardo, la *Memoria acerca de la fermentación alcohólica del zumo de la uva*. La *Memoria acerca de la fermentación alcohólica del zumo de la uva*, con el examen de las circunstancias que más influyen en la calidad y conservación de los líquidos resultantes, escrita en 1857 por D. Magín Bonet, es más de lo que su título revela. A pesar de que sólo tiene 192 páginas, parece una obra de consulta. Desde el año 57 la ciencia enológica ha progresado de una manera sorprendente. En el extranjero se publican libros voluminosos acerca de este asunto. El *Tratado de la Vid*, de los Sres. Portes y Ruysen, obra de tres tomos de 700 páginas cada uno, constituye una maravilla de erudición y de ciencia. Pero el Sr. Bonet se adelantó á su tiempo. Vivimos en el año 1894: han transcurrido desde el año 57 cerca de cuarenta años, y no se citará, de seguro, un principio teórico ó una experiencia práctica que no se apunte en la Memoria del Sr. Bonet. Bueno será que conste, ya que tantas veces se menosprecian los trabajos de nuestros compatriotas, que en el ramo de que incidentalmente me ocupo, en el estudio de la vid y de sus derivados, tenemos dos verdaderos monumentos: en ampelografía *Las variedades de la vid común*, de D. Simón de Rojas Clemente, y en enología, la *Memoria* de D. Magín Bonet y Bonfill.

Dedicó el Sr. Bonet sus talentos á la Academia y á la Cátedra. Era tenaz, como lo son los hombres que no abrigan más que un propósito. Su carácter se forjó en la soledad del estudio: sencillo, ingenuo, cándidamente rígido y rígidamente cándido.

No le faltaban envidiosos, pues la envidia ocupa lugar

preferente en la historia de los hombres de mérito y hasta de los hombres vulgares. Ya lo dijo nuestro D. Pedro Calderón de la Barca en su comedia *Saber del mal y del bien*:

«En los extremos del hado
No hay hombre tan desdichado
Que no tenga un envidioso,
Ni hay hombre tan venturoso
Que no tenga un envidiado».

Pero la envidia es tan supersticiosa, que se desvanece en las tumbas. Murió D. Magín Bonet. Cubramos de flores su sepulcro. Meditemos las obras del gran químico, y veneremos al que tanto amó á la ciencia y sirvió á la patria.

La Academia ha designado para sustituir al Sr. Bonet á D. Manuel Pardo y Sánchez-Salvador, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Ingresó el Sr. Pardo en la Escuela de Caminos el año 1855 y terminó los estudios en 1861. En todos los años de la carrera fué el primero de su promoción; salió de la Escuela con la nota de *Sobresaliente por unanimidad*. Desempeñó el servicio del Cuerpo en la provincia de Murcia, donde intervino en la construcción de muchos faros. Trabajó tambien en las obras públicas de la provincia de Madrid. Profesor de la Escuela durante veintisiete años, explicó *Cálculo infinitesimal, Química, Hidráulica teórica, Abastecimiento de aguas, Economía política y Derecho administrativo aplicado á las obras públicas, Materiales de construcción y Carreteras*. Fué Secretario de la Escuela diez y nueve años. Se le confió la redacción del plan general de ferrocarriles y la inspección de las obras y liquidaciones de la nueva Casa de Moneda. Reveló sus conocimientos administrativos como Oficial de la Secretaría del Ministerio de Fomento, Inspector de Hacienda, Director general interino de Obras Públicas, y de Agricultura, Industria y Comercio.

Estuvo el nuevo Académico al frente de la construcción y explotación de la red de ferrocarriles de la provincia de Tarapacá en el Perú. Construyó las obras de abastecimiento de aguas de Sanlúcar de Barrameda. Suyos son el proyecto de abastecimiento de Trujillo y el de mejora del Puerto de Santa María. Con los ingenieros D. Rogelio de Inchaurreandieta y D. Miguel Martínez de Campos redactó el proyecto de reconstrucción del pantano de Puentes, que se publicó por el Gobierno y forma uno de los tomos de los *Anales de Obras Públicas*. Con el ingeniero D. Mariano Carderera ha proyectado muchos centenares de kilómetros de ferrocarriles y algunas construcciones especiales. Los méritos y servicios del Sr. Pardo no se prestan á una enumeración sucinta. Ha escrito además el señor Pardo el tratado de *Materiales de construcción* que sirve de texto en la Escuela de Caminos, en la Universidad de Montevideo, en la Academia de Ingenieros del Ejército y en la de Ingenieros de la Armada, y el de *Carreteras* que sirve de texto en la Escuela de Caminos y en la Universidad de Montevideo.

El tema escogido por el Sr. Pardo es la importancia de la Química en la construcción; tema natural en el hombre que fué largos años profesor de Construcción y de Química; asunto vastísimo que requiere el talento, la erudición del Sr. Pardo, y cierta tranquilidad que ha sentido perturbada el nuevo Académico por la muerte de uno de sus hijos. En estas desdichas no hay más consuelo que la Religión, que trae á los creyentes coronas tejidas por la esperanza. El Sr. Pardo ha tenido bastante fuerza de voluntad para abstraerse del dolor, y para escribir y leer una preciosa síntesis de las artes útiles.

Debo yo contestar á esa síntesis, *resumir* lo que es un magistral *resumen*, exponer algunas consideraciones que despierta el discurso de nuestro ilustrado compañero. Des-

empeñaré mi cometido con temor, pero con gusto. Discípulo del Sr. Pardo, ayudante de su Cátedra de Química, enlazado con él por el compañerismo, ya que pertenecemos ambos al Cuerpo de Ingenieros, y por una sincera amistad, con sus triunfos estoy de enhorabuena, y, al tomar en sus victorias alguna parte, me hago la ilusión de que contribuyo á alcanzarlas.

En el mundo el equilibrio se mantiene por la destrucción. Persiguen ciertos espíritus extraviados el movimiento continuo, sin sospechar que la Mecánica demuestra, por medio del teorema de D'Alambert, que la gran cuestión del incremento espontáneo de la fuerza es una de las obcecaciones del hombre.

Si cupiera ese incremento no habría espectáculo que le igualara. ¡Pues qué! El movimiento continuo, ó, como he dicho antes, el incremento espontáneo de la fuerza, ¿no sería misterio más tenebroso é indescifrable que el incremento ó creación de la materia? En cambio, si descendemos ó ascendemos, que las dos cosas podríamos decir propiamente, del campo de la Metafísica á la realidad, y contemplamos el Universo, lo imposible no es el *movimiento* continuo, sino el *reposo* continuo: Muévense los astros, se trasladan, giran; ondula el éter, y sus ondas esparcen el calor, la luz, la electricidad, delicados efluvios de la materia; combínanse los átomos, y, como se ha repetido cien veces, nada se pierde ni se crea; pero todo cambia. Corona ese movimiento continuo la Química, esto sublime de una destrucción implacable y eterna.

Ya que está el hombre condenado á vivir en el seno de la destrucción, y que la destrucción universal nos arrastra, estudiemos las leyes que presiden la gran catástrofe en que somos actores. Estudiemos, en suma, las leyes de la Química. Estudiémoslas para resistir cuanto sea posible la destrucción de la humanidad y el hombre. La historia demues-

tra que podemos arrancar á las Ciencias naturales, y sobre todo á la Química, secretos para que vivan más y mejor, de siglo en siglo, las presentes y las futuras generaciones.

Los fenómenos químicos constituyen un enigma. Por las ideas de la molécula y del átomo nos llevan á las de divisibilidad y continuidad de la materia: en una palabra, á investigaciones abstrusas y delicadas.

Por otra parte, como la Química estudia los fenómenos que alteran la composición ó esencia íntima de los cuerpos, aparece en la mayor parte de las obras humanas. ¡Cómo no ha de aparecer en el arte de las Construcciones!

La Construcción es el arte de las artes: las reúne todas. Su molde será siempre la Mecánica racional, y especialmente aquella parte de la Mecánica racional que, fundada en el cálculo de variaciones, determina los máximos y los mínimos de las cantidades. No hay un solo problema de construcción que no se resuelva por medio de un *máximo* ó de un *mínimo*. Sintetiza el arte de la Construcción esta fórmula: *obtener la resistencia máxima con el coste mínimo*.

Por lo demás, las Bellas Artes aparecen donde la construcción se levanta, y, al aparecer la Construcción en la escena de las Bellas Artes, surge la Arquitectura.

La Arquitectura toma de la Naturaleza los elementos de sus construcciones, los idealiza; pero sólo de la Mecánica obtiene las leyes con que hacerlas sólidas y racionales.

A propósito de la solidez de las obras, el Sr. Pardo plantea una cuestión que merece un examen detenido. ¿Es cierto, como algunos afirman, que el arte de construir no alcanza en el siglo XIX el adelanto que se revela en los monumentos asirios, griegos y romanos? ¿Es cierto que hasta en el Nuevo Mundo, pueblos cuyos orígenes se pierden en remotísimas edades, construyeron fábricas enormes, que seríamos incapaces de construir ahora? Tocante al mundo

antiguo, hálbase de las pirámides de Egipto, de los palacios de Babilonia, de los templos de Grecia, de la Vía Appia, de los acueductos de Segovia, Tarragona y Mérida, de los puentes de Orense, de Alcántara, del famoso de Martorell, que la tradición llama del Diablo, para dar á entender el atrevimiento de sus luces, y de muchas obras cuya enumeración sería demasiado extensa.

Menos conocidas, aunque, á la verdad, admirables, eran las construcciones americanas. Dedicaron los Incas al Sol templos magníficos. El que hicieron en la capital causó asombro á los españoles. De inmenso perímetro, estaba guardado por un fuerte muro de cantería: en lo alto, como por friso, coronábale una cenefa de oro de una vara de ancha. La puerta miraba al Oriente y abría paso á una espaciosa nave. Planchas y clavos de oro guarnecían la puerta y las paredes interiores. Por el testero de Occidente extendíanse la imagen del Sol y sus rayos de oro, con incrustaciones de turquesas y esmeraldas. Al pie del Sol estaban las momias de los Incas. Detrás de la nave alzábase un claustro que conducía á cinco santuarios, donde se daba culto á la Luna, á las Estrellas, al Arcoiris, al Trueno, al Relámpago y al Rayo.

No deja de sorprender la magnificencia de los Mound-Builders, túmulos gigantescos que recuerdan las obras de los celtas. Y ¿qué diremos de los subterráneos de Mixtecapan, en que oraban los creyentes? Conducía, señores Académicos, al misterioso templo un camino entre peñascos, arbustos y estatuas de las divinidades de los mixtecas. Un ancho pórtico, formado por la Naturaleza, daba acceso á un salón primorosamente cincelado. A la tenue luz cenital se veía en sillas de piedra los cadáveres de los Pontífices y de los Reyes. En otras salas descubriánse los archivos de la nación y las estatuas de los dioses.

Los viajeros describen con entusiasmo los monumen-

tos de los quichés y de la república de los chiapanecas. Grandiosos eran sus palacios; sus líneas llenas de majestad y elegancia; sus muros con figuras de relieve en los paramentos. No conocían el arco vertebrado ni nuestro sistema de bóvedas. Hacían las bóvedas adelantando los sillares de los dos muros unos sobre otros. Ni faltaba originalidad á muchas viviendas. Construían, por ejemplo, los nutkas sus casas de 100 pies de longitud por 40 de anchura, y en ellas alojaban toda una tribu. La construcción de tales albergues era extraordinaria: una larga hilera de postes, altos de 15 pies, sobre los cuales sentaban un caballete. En cada lado, á la distancia de cinco y aun de ocho varas, hincaban en el suelo otra hilera de postes más cortos, en que bajaban á descansar, desde lo alto del caballete, gruesas vigas. Entre las vigas del techo y entre los postes de las paredes encajaban tablas movedizas de cedro, de tres á ocho pies de anchura.

Donde quiera que tendamos la vista, aquende y allende los mares, contemplaremos obras dignas de profunda meditación y detenido estudio. ¿Necesitaré, con este motivo, recordaros una vez más las bellezas de las catedrales góticas? Corresponden á los misterios sublimes de la Religión, para que fueron concebidas: bajo sus arquivadas retumba, de una manera que parece sobrenatural, la voz de las oraciones y de los cánticos.

¿Habrá que rendirse, pues, á la opinión de los que sostienen que el arte de construir estaba más adelantado que entre nosotros entre las generaciones que nos han precedido?

Contra esa opinión protesta el Sr. Pardo, y aduce argumentos de gran peso. No repetiré lo que el Sr. Pardo expone, que de seguro estará presente en vuestra memoria. Tengo acerca de la cuestión que nos ocupa ideas singulares, que desarrollaría con amplitud si fuera oportuno el momento para desarrollarlas.

A mi juicio, el espíritu del hombre llega rápidamente, por inducción, á sentir la belleza y á representar la belleza sentida; pero no llega sino tras de largas meditaciones al conocimiento de las leyes de la Mecánica racional, de la teoría de la elasticidad, del cálculo de la resistencia de los materiales. Y ¿qué puede ser la Construcción sin estas últimas nociones? ¿Una ciencia? No: sin esas nociones, será un *oficio* cuando se limite á satisfacer las necesidades de la vida ordinaria, y un *arte* cuando la belleza incruste sus joyas en las construcciones ó luzca sus esbeltas líneas: un oficio ó un arte; jamás una ciencia.

Admiro el arte; admiro esa voluptuosa abstracción que nos eleva por encima del mundo de la realidad sensible. Le admiro tanto más cuanto que crea un ambiente en que no caben las decepciones. Apenas mira lo que existe para recrearse en lo que inventa: es la creación del genio. Quizá por eso mismo aparece en toda su plenitud en Grecia y en otras naciones cuya vida se pierde en las brumas de la Historia. Por eso mismo no hay progreso en el arte, ni puede haberlo, porque la espontaneidad no progresa: dejaría de ser espontaneidad si progresara al compás del estudio acumulado por la sucesión de las generaciones. Las estatuas nuevas se hacen con los pedazos de las estatuas antiguas.

En cambio, la Ciencia requiere una elaboración indecible. La razón ha sometido al análisis el Universo. Para comprenderlo ha necesitado un largo estudio: no de pronto, ni en virtud de una inspiración como la que brota del Arte, sino tras serias meditaciones, ha descubierto las *leyes de la forma*. Del concepto del número asciende al de las cantidades abstractas y continuas; toma vuelo en la región de las extensiones; explica cómo se engendran las formas en el espacio; combina el espacio y el tiempo, esos dos grandes reguladores de la vida, esas dos fases del orden, el orden de las cosas que coexisten y el orden de las existencias

sucesivas; descubre, por último, en el movimiento vibratorio la unidad que preside á los fenómenos de la Naturaleza.

Hay, por lo tanto, Sres. Académicos, una *Metafísica de la forma*. Todos los cuerpos, naturales ó artificiales, tienen por algo y para algo la forma que revelan, la forma que los determina. Pues bien, los antiguos desconocieron esa metafísica de la forma: yo la proclamo reina de las artes de construir en la civilización contemporánea.

Los paramentos de los muros que sostienen el empuje de los terraplenes ó de las presas que sostienen el empuje de las aguas, son á veces planos, á veces curvos: no proyectan los ingenieros una ú otra forma caprichosamente, sino que la deducen de un conjunto de condiciones con una precisión matemática. Las bóvedas, los acueductos, los canales se construyen ahora como *deben* construirse, esto es, con los materiales necesarios y suficientes, agrupados de manera que alcancen la forma adecuada al servicio de cada obra y á los esfuerzos á que está sometida. Envuelve la forma algunos caracteres distintivos ó esenciales de la materia. La forma de los cuerpos es un discurso pronunciado en la lengua de la Geometría. El que conoce esa lengua entiende lo que significan las formas de la Naturaleza y del Arte. Los que ignoran los principios de la Geometría y de la Mecánica miran con indiferencia las formas racionales. Véalas por esto con indiferencia el mundo antiguo. La solidez y la belleza: he aquí la aspiración de los constructores que desconocían el arte del ingeniero. La belleza es compatible con las fábricas que construimos, y la solidez, cuando excede á los esfuerzos que reciben las obras, lejos de merecer el aplauso, merece la censura de la sana crítica. He aquí, Sres. Académicos, el punto capital de la cuestión que debatimos. Si se me preguntara qué es un ingeniero, yo contestaría que un *constructor de sólidos de igual resistencia*. Nuestros predece-

sores en el Arte desconocían la Mecánica racional y la Mecánica aplicada. Esto, sin contar con que no hay que fiarse mucho de la Historia, y con que algunas descripciones que se nos hacen de monumentos casi desconocidos son cuentos de hadas deliciosos, pero no muy verídicos. Alfonso Karr llama á Herodoto Padre de la historia y de la mentira. No vamos á creer á Plutarco cuando nos cuenta que Vitelio, en una batalla contra los sabinos, sin tener una baja, mató 13,000 hombres. Alguien ha dicho que la historia más interesante para el filósofo es la historia de la credulidad humana. No seamos demasiado crédulos al leer los libros que ponderan esas obras de las que sólo ha llegado á nosotros algún que otro montón de ruinas. A nuestro sistema de construir, que se funda en el cálculo, corresponde una manifestación especialísima del arte: no es racional suponer que la belleza, que derrama sus encantos sobre las construcciones antiguas, los niega á las construcciones que levantan los ingenieros. Afortunadamente no existen líneas divisorias entre la Ciencia y el Arte. Una y otra se compenentran en la unidad de las obras humanas. Convendría perseguir y castigar á la Ciencia que se emancipa del Arte, y al Arte que se emancipa de la Ciencia, como se persigue y castiga á los desertores.

Demostrada queda la importancia de la Mecánica racional en el Arte del Ingeniero. No había que demostrar, sin embargo, la importancia de la Mecánica racional, sino la de la Química. Parecerá, pues, que me he separado del tema. No, ciertamente. En las construcciones modernas, la Mecánica racional dicta las leyes, y la Química las ejecuta: la Mecánica racional es el *Poder legislativo*, y la Química el *Poder ejecutivo*.

Somos ahora más utilitarios que en otros tiempos. Nadie se entretiene en hacer, y mucho menos en costear, los colosales edificios que adivinamos entre deplorables es-

combros. Esos monumentos corresponden á lo que puede llamarse la Mitología de las construcciones. Hoy todo se mide, se pesa y se calcula. Por el Cálculo infinitesimal, aplicado á la Mecánica, determinamos las formas de los elementos de las construcciones: cada uno de esos elementos ha de ser un sólido de igual resistencia. Casi adivinaban las formas de éstos sólidos los constructores de la antigüedad, como por instinto. Y es que hay diversos procedimientos para llegar á las ideas. Stern dice que la mujer llega á la idea por la pasión. Los constructores de la antigüedad se aproximaban á la idea por la belleza: nosotros llegamos á la idea por el cálculo.

Pero deducida por el cálculo la forma de una construcción ó de alguno de sus elementos, es indispensable realizarla, hacer que el ideal que dictó la Mecánica y enunció la Geometría encarne en la materia. De esa misión se ha encargado la Química, y la cumple con extraordinario acierto.

Para demostrar su tesis aduce el Sr. Pardo dos órdenes de materiales entre los muchos que pueden traerse á la memoria. Estudia las argamasas y los aceros: se ocupa después de los explosivos. Al recorrer esta serie ha querido, sin duda, tratar de la construcción propiamente dicha y de la *destrucción*; pues, aunque parezca á primera vista extraño, constituye el arte de destruir un capítulo importante del arte de construir, á que los ingenieros nos dedicamos. Dejando por ahora los explosivos, y fijándome en los materiales de construcción, es claro que, al analizar el nuevo Académico las argamasas y los aceros, ha pensado resumir en estas palabras dos estados del arte de construir, uno antiguo y otro moderno. No por eso aspiro á sostener que las construcciones de nuestros días hayan prescindido en absoluto de los materiales sobre que se levantaron los edificios concebidos por las generaciones que nos precedieron

en el mundo. Dígase lo que se quiera, no hay en el libro de la Historia páginas dobladas para siempre. Empleaban los antiguos las argamasas: desconocían el acero. Por esta razón, si hubiera de dar algún nombre al arte de construir tal como aparece en nuestro siglo, yo diría que hemos alcanzado en la historia de las construcciones la época de la *revolución del acero*.

Aunque conocidas las argamasas desde la más remota antigüedad, encontradas en las pirámides de Egipto, y, aun allende los mares, en las fábricas de los pueblos americanos anteriores al descubrimiento del Nuevo Mundo; aunque descubiertas en los templos esquimales y dacotas, puede asegurarse que no se han empleado hasta fecha muy reciente las cales hidráulicas, á que se deben procedimientos de construcción antes desconocidos, y, á la verdad, ni remotamente sospechados. Es muy cierto, como hace advertir con un gran sentido práctico el discurso á que tengo el honor de contestar en este instante, que las mezclas hidráulicas de Roma eran lo que ahora llamamos puzolanas, que no otra cosa podía en efecto resultar de la mezcla de *la cal procedente de la calcinación de los mármoles de las islas del Egeo con el polvo de las rocas de la bahía napolitana*. ¿Cómo acertaré yo á exponeros las vicisitudes por que ha pasado el descubrimiento de las cales hidráulicas, de una manera digna, no sólo de vosotros, sino del discurso del Sr. Pardo, lleno de datos interesantes y de copiosa doctrina? Renuncio á esa tarea. ¡Triste conclusión se deduce del peregrino estudio de nuestro distinguido compañero! Ahí están, en el terreno de los hechos, las observaciones de Smeaton en el faro de Eddystone, acerca de las propiedades de la cal estraída de calizas arcillosas: ahí está la sorpresa de Parker al advertir que las canteras de Londres ofrecen un producto hidráulico que no se apaga como las cales. Ahí están, no en el terreno de los hechos, sino

en el de la Ciencia representada por el químico Berthier y por el ingeniero Vicat, estudios y más estudios acerca de las reacciones que se efectúan al fraguar las cales hidráulicas y los cementos. Y ¿qué se desprende, señores, de todo? Que nada sabemos acerca de la esencia íntima de los fenómenos químicos, ó simplemente moleculares, que producen la dureza de los productos hidráulicos. Admiten los químicos y los ingenieros que la cochura desagrega la sílice y la elimina de la arcilla, que les hace atacables por la cal, y que la sílice es un cuerpo indispensable para el fraguado; pero ¿dónde está la demostración de tales asertos? Y de todas maneras, ¿por qué la cochura produce la desagregación de los silicatos de alúmina, y por qué la sílice provoca el fraguado? Ni siquiera sabemos si la alúmina endurece con la sílice la masa, y autoridades dignas de respeto mantienen ó impugnan la influencia de la magnesia y de los óxidos de hierro en las cales hidráulicas. Ignoramos cómo y por qué fraguan las cales hidráulicas y los cementos en el agua dulce: ignoramos cómo y por qué fraguan en los mares. En medio de esta confusión, permitidme que aporte algo más de lo que dicen los libros; permitidme que aporte algo de mi personal experiencia, y, para ello, haré un resumen de mis observaciones acerca de la apertura de pozos artesianos en los terrenos triásicos.

Ha servido para mis estudios el páramo del sistema triásico que, apoyándose en las pizarras silurianas de la sierra de Alcaraz, se extiende hasta el Tomelloso, Munera, Lezuza y Balazote. El espesor de la formación pasa de 200 metros. Las rocas más abundantes son margas irisadas arcillosas, con yesos en bolsas irregulares, lechos de calizas pizarreñas y areniscas en capas de poco espesor, y calizas magnesianas cavernosas de textura compacta y marmórea. Ese conjunto geognóstico, así como los frecuentes aglomerados de la *Núcula gregaria de Munster*, re-

velan que el terreno en que he practicado mis ensayos corresponde á la zona media del sistema triásico. Este horizonte se presenta, en suma, formado por calizas que descansan sobre las areniscas rojas.

Creí desde luego que, si atravesaba la sonda las calizas y margas hasta llegar á las areniscas, era probable conseguir aguas ascendentes.

Aunque no habría que llegar á profundidades de 570 ó de 1.021 metros, como las de los pozos de Passy y de Vitoria, había que llegar mucho más lejos que en el Artois, donde hay un pozo artesiano delante de cada casa, y que en nuestra provincia de Murcia, donde suplen las aguas artesianas la insuficiencia del río Segura. La profundidad media de los pozos artesianos de la provincia de Murcia es de 35 metros.

Para rehuir los gastos enormes que los pozos artesianos exigen cuando la profundidad excede de 100 metros, abrigué la idea de aprovechar la estructura cavernosa de las calizas triásicas. Es frecuente que tras de la capa superficial de esas calizas, compacta y marmórea, se entrelacen cavernas que, superponiéndose de una manera más ó menos regular, alcancen hasta las rocas permeables y constituyan una especie de sondas naturales que llegan hasta las capas acuíferas. Se comprende las ventajas de tropezar con una de esas sondas naturales. No es el caso tan fortuito como á primera vista parece; pues, sobre todo en su zona media, las calizas triásicas presentan una encrucijada de conductos y oquedades. En algunas ocasiones esa estructura resulta contraproducente para el objeto que se persigue: tal es la inevitable exposición del procedimiento que describo.

Por este sistema he descubierto ya dos pozos artesianos en las regiones llamadas el Moral y los Parreños. La sonda abierta en el interior de la caliza ha de completarse

hasta el nivel del suelo, y para esta operación se requiere el concurso del arte de construir y el empleo de las cales hidráulicas. En virtud de las experiencias que requería mi propósito, he podido convencerme de que para evitar las filtraciones deben asentarse, alrededor del manantial de las aguas ascendentes, tres muros cilíndricos y paralelos: el central, de arcilla fuertemente apisonada; y los otros dos, de cemento romano con arena. Las pequeñas grietas de los morteros endurecidos y expuestos al aire se tapan por el muro de arcilla. Ningún material reemplaza con éxito esa combinación de las arcillas con el cemento; con el cemento que se llama impropiaemente romano. Por lo demás, he confirmado que, cuando la alúmina acompaña á la sílice, aumenta la hidraulicidad de las cales.

Si el ingeniero es un constructor de sólidos de igual resistencia, deberá elegir entre los materiales aquellos que reproduzcan con exactitud las formas geométricas que se obtengan fácilmente, y que presenten la solidez que la teoría de la elasticidad reclame.

Hállanse en este caso el hierro dulce y colado, el acero y el aluminio. Por eso el Sr. Pardo se detiene en el examen del acero, del hierro y del aluminio. Con el hierro se vencen las dificultades de la construcción. No basta, sin embargo, vencer: es necesario aprovecharse de la victoria. Ya que el hierro satisface las condiciones que la Mecánica impone, ¿satisfará también las que impone el Arte? La utilidad y la belleza son dos nociones irreductibles. No cabe cambiar una por otra; pero cabe enlazarlas en una síntesis. Tienen, por de pronto, el hierro y el acero la ventaja de que no se *labran*, sino que se *fabrican*. Sus piezas se hacen á la medida, con la rapidez de los procedimientos industriales. El estilo arquitectónico del hierro es un estilo de *fábrica*. Las construcciones de hierro son el ideal de las construcciones.

Explica el Sr. Pardo con maestría incomparable, en brevísimas palabras, la fabricación del acero Bessemer y del acero Martin-Siemens; señala sus ventajas y sus inconvenientes. Describe las curiosas vicisitudes por que ha pasado la fabricación de los carburos de hierro. Se detiene en las teorías acerca de las propiedades acerantes. Cita las grandes obras que se han hecho en Europa y en América con el hierro y con el acero; discute los casos en que el acero resulta más económico que el hierro y los casos en que sucede lo contrario.

Y aunque, á la verdad, las leyes de la Mecánica deben sobreponerse en el arte de construir á las leyes de la Estética, se ocupa de las aplicaciones de las Bellas Artes á la decoración del hierro.

El acero y el hierro se prestan á todas las formas, abrazan extensas luces, despliegan un atrevimiento sublime. Uno y otro han hecho pedazos los antiguos moldes de la Arquitectura. Era tiempo de que el arte de construir rompiera su crisálida y apareciese con los vivos colores de la Industria y de la Ciencia. Pero á materia nueva corresponden ideales artísticos en que palpita el sentimiento de novísimas creaciones estéticas. No han aparecido todavía esos ideales, pero aparecerán; porque, así como la flor se presenta en el término de la vegetación del tallo, el Arte se presenta en el término de la evolución científica. La Química elabora la materia. La Ciencia señala su forma. La Industria realiza el dictado de la Ciencia: el Arte surgirá como término de la evolución de las construcciones metálicas.

El Sr. Pardo cierra la lista de sus ejemplos con los explosivos. Precioso ejemplo: gran conquista del arte de construir. Sin ella no hubiera sido posible llevar á cabo algunas obras. Una explosión, el choque, las transformaciones misteriosas de la fuerza viva, resumen los descubrimientos de la Termodinámica.

¡Cuánta obscuridad, sin embargo, rodea la inestable agrupación molecular de la nitroglicerina y de otros explosivos análogos! Para moderarla están los procedimientos de Nobel, el *polvo de guijarros* de los alemanes, y los feldspatos descompuestos por aguas acídulas. Ni aun con estos reguladores se han evitado á veces las catástrofes producidas por los explosivos. ¡Qué hemos de hacer, señores Académicos! Las desgracias son el accesorio inevitable de las grandes ideas y de los descubrimientos humanos. No podemos extrañar los percances de la dinamita. La Industria ha adelantado mucho en el camino de prevenir los accidentes de los explosivos: en absoluto no se evitarán nunca, porque la previsión humana no es infinita.

El trabajador lucha con la Naturaleza, y en estas batallas hay y habrá siempre heridos y muertos. La moderna teoría de Derecho, de carácter socialista, que pretende exigir responsabilidades á los patronos por los accidentes del trabajo industrial de que son víctimas los obreros, es absurda. Tanto valdría exigir responsabilidad criminal y civil á los Gobiernos ó á los Generales de los ejércitos por cada soldado herido.

Aprovecha la ocasión nuestro digno compañero para oponerse á la devastadora corriente de la anarquía. La palabra anarquía tiene tres acepciones diversas: una política, otra económica, y otra de actualidad ó de momento. En el orden político, anarquía es aquel estado de discordia entre los partidos que conduce á la inestabilidad de los Poderes públicos. En el orden económico es la sustitución de la idea de poder por la de contrato. En la tercera acepción, en la corriente, en la que sobre todo alarma, la anarquía es un delito cuyo autor se propone la destrucción de la riqueza, y cuyas víctimas son indeterminadas y anónimas. La anarquía nada tiene que ver con los productos químicos ni con los materiales de construcción de

que nos ocupamos. ¿Por ventura engendra el delito alguna de las substancias explosivas? Los que se lanzan á tomar la riqueza por asalto ¿han descubierto la nitroglicerina ó los explosivos á que da origen? No. El delincuente se apodera del instrumento que cree más á propósito para sus designios: una hoz, un puñal, un cartucho de dinamita. El instrumento no cambia la esencia del atentado.

Por otra parte, la ignorancia del anarquismo, no menor por ventura en las ciencias físicas que en las ciencias morales, es una garantía de la causa del orden. Me guardaré muy bien de indicar los medios de destrucción que los descubrimientos de la Historia Natural y de la Química han puesto en manos de la Ciencia.

Con eso y todo, Sres. Académicos, no hay motivo para que la humanidad se alarme. Podrán unos cuantos desequilibrados llevar el luto al corazón de algunas familias, pero no destruir la cultura elaborada á la sombra de leyes providenciales. No: no podrán destruir la espontánea labor de la Historia.

Siento, Sres. Académicos, que la pendiente inevitable de la asociación de las ideas me haya llevado por este áspero camino. Estamos en la Academia de Ciencias Exactas y no en la de Ciencias Morales. Apartémonos de las cuestiones candentes de la política social, y volvamos al estudio de la Mecánica y de la Química.

He llegado al epílogo del discurso de nuestro ilustre compañero. Reconoce el epílogo la importancia que en el arte de construir tienen la Química y la Mecánica. No creo que haya quien lo dude: la Química y la Mecánica son las dos ciencias con que el hombre ha logrado el cetro de la Tierra. Existe ya una enciclopedia de aplicaciones de la Química al arte de construir, aunque derramada en libros especiales, en folletos, en artículos de revistas y

otros periódicos. Penetran las máquinas-útiles ó máquinas-herramientas en los estratos, y cargan sobre vagones la piedra que ha de servir para la ejecución de las obras. Pero no la recogen y la cargan indistintamente y al acaso. Antes de recogerla y cargarla, el ingeniero ha escuchado al químico. No basta, no, conocer la dureza, la tenacidad, la cohesión, la fractura, las propiedades mecánicas y físicas de las piedras, ni someter los sillares á ensayos para averiguar si son heladizos y se desmoronan por la pertinaz y constante acción de los agentes atmosféricos. Estos agentes no actúan con la sencillez que se creía no hace muchos años. Algo más que agua que se hiela entre los poros de los materiales de construcción y que destruye á modo de cuña, á la vez penetrante y resbaladiza, hay que notar en los sillares que se deshacen. Algo más que la descomposición del feldespato de los bloques de granito hay que advertir en los puentes de Segovia y de Toledo, que lentamente se denudan, y que día tras día dejan caer sus partículas de cuarzo sobre las arenas del Manzanares. Algo más que el desprendimiento de foraminíferos incrustados hay que ver en ciertas dovelas desconchadas.

En los materiales de construcción entra en juego á cada paso y por todas partes la Química.

¡Cómo extrañar que el Sr. Pardo eche de menos en la Escuela de Caminos ensayos de materiales como los que Hervé Mangon y Durand-Claye practican en la Escuela de Puentes y Calzadas! Desea el nuevo Académico que se erija un Laboratorio en que se analicen los materiales de construcción y se estudie la resistencia de los materiales con arreglo á un plan científico. Yo uno mi voz á la suya, y en esta sesión extraordinaria solicito de la Real Academia que recabe de los Poderes públicos el establecimiento de un Laboratorio que proporcione á la teoría de la elasticidad los medios indispensables para el cálculo de los

coeficientes y de las *constantes*; porque, sin las cifras que representan las constantes y los coeficientes, las fórmulas que el ingeniero deduce carecerían de valor en la práctica.

Claro es que, para que los consejos de la Academia no fueran estériles, convendría que encontraran eco en las regiones oficiales. Indudable sería el anhelado progreso de la nación española si apartáramos de las esferas del Gobierno el charlatanismo y lo sustituyéramos por la Ciencia, representada por hombres de cultura.

Cuatro años ocupó en Francia el Ministerio de la Gobernación el célebre químico Juan Antonio Chaptal, y en ellos, cien reformas útiles brotaron de su poderosa iniciativa. Estableció Chaptal, al lado de las Cámaras de Comercio, Cámaras industriales; levantó la primera Escuela de Artes y Oficios; introdujo los talleres en las prisiones; reglamentó la explotación de las aguas minerales; creó el vivero de Ampelografía de Luxemburgo; perforó el Mont Cenís, y cruzó de canales el territorio de su patria.

Y es que, cuando hombres como Chaptal, que han cultivado la ciencia, que han convertido su laboratorio en vestíbulo del taller y de la fábrica, que no sólo han *hablado*, sino que además han *hecho*, se consagran á la dirección de su país, tienen la preparación que inútilmente se buscaría en otros. El que gobierna ha de estar por encima del nivel medio de sus conciudadanos.

Hechos, señores, es lo que necesitamos, á la altura á que ha llegado la Ciencia; no *hipótesis*.

Censuran muchos lo que llaman rutina, sin advertir que, en la mayor parte de las ocasiones, la despreciada rutina es el sentido práctico, que no quiere admitir como verdades científicas lo que no ha tomado carta de naturaleza en la realidad y se cierne sólo, á la manera de nebulosa, en la imaginación de los filósofos. Miradlo bien, y veréis que la rutina no es una esfinge inmóvil á través de la His-

toria: la rutina progresa. El hombre de nuestro siglo más apegado á la rutina hubiera sido un revolucionario audaz entre los hombres de la Edad Media. Si no abrigara el temor de escandalizar vuestros oídos con una paradoja reaccionaria, yo diría que la Ciencia es la última palabra de la hipótesis, y la rutina la última palabra de la Ciencia.

Recojamos hechos, que son las diferenciales de la observación y de la experiencia, para integrarlos después: no pretendamos integrar una diferencial desconocida. Aprovechemos el impulso vigoroso que el espíritu crítico de la época imprime á las ciencias positivas; pero no nos embriaguemos con las hipótesis, ni descubramos con leyes quiméricas un mundo fantástico. Vamos de delirio en delirio: ayer deliraban las escuelas idealistas, hoy las materialistas. Y delirio por delirio, prefiero el idealista al materialista: es menos desconsolador sin duda. Hasta aquí, las hipótesis materialistas no han acertado más que á maldecir del hombre, de quien hacen una víctima sin esperanza.

Si ésa es la Ciencia, podríamos aplicarle aquellos versos de D. Juan Ruíz de Alarcón en *Los favores del mundo*:

«Dándome bellos despojos,
Llegas con rostro de paz,
Para arrojarme el agraz
En las niñas de los ojos».

Estad seguros, Sres. Académicos, de que la Ciencia que se levanta sobre los hechos es consoladora, y encamina á lo permanente y eterno.
