

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

EXCMO. SR. D. EDUARDO ECHEGARAY

el día 17 de Marzo de 1901.



MADRID

IMPRENTA DE L. AGUADO

Calle de Pontejos, 8.

1901

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR D. EDUARDO ECHEGARAY

Señores:

Grande es el compromiso en que me encuentro, al tener la alta cuanto inmerecida honra de ingresar en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, dados mis escasos méritos y limitado saber; y si no retrocedo, asustado de mi atrevimiento, es porque confío en la bondad de mis compañeros, que con sus claras luces iluminarán mi camino. Pero, por grandes que sean mis esfuerzos, siempre la Sección encontrará un vacío que no podré llenar: el que dejó al morir D. Justo Egozcue y Cía, notable académico por su inteligencia y su saber.

Fué en vida Ingeniero de Minas, llegando á Inspector general de este Cuerpo. Director del Mapa Geológico de España, Profesor de Geología y Paleontología de la Escuela del mismo nombre, y de Matemáticas y Mineralogía en la de Capataces de Almadén, su muerte ha sido para esta Academia y para la Ciencia española una dolorosa é irreparable pérdida.

Debía, en esta ocasión, trazar la biografía de tan eminente sabio; pero me limitaré á dar una ligera idea de su vida, pues ya otra pluma, mucho más hábil que la mía, lo

hizo en este mismo recinto con notable acierto, en momentos más felices para el Sr. Egozcue.

Nació en Pamplona, el 28 de Mayo de 1833. Tenía, pues, al morir, sesenta y siete años. Estudió en el Instituto de esta población, con gran aprovechamiento, el Bachillerato, indicando ya lo que más tarde había de ser. Desde muy temprano sus aficiones le llevaron hacia los estudios científicos, y al venir á Madrid se preparó para ingresar en la Escuela Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos, en donde entró, tras brillantes exámenes, que le colocaron entre los alumnos más notables de dicho establecimiento.

Después de dos años de asiduo trabajo, en que su inteligencia se perfeccionó con la gimnasia intelectual que llevan consigo los estudios matemáticos, pasó á la Escuela Especial de Minas, en donde bien pronto acabó por distinguirse por su espíritu de observación y la madurez de su juicio, ingresando en el Cuerpo de Ingenieros de este nombre el 13 de Junio de 1858, á la edad de veintitrés años.

Terminada su carrera, fué destinado primero á las minas de Almadén, después al distrito de Ciudad Real, y más tarde volvió al citado establecimiento, encargándose de la clase de Matemáticas y Mineralogía en la Escuela de Capataces, que el Gobierno tiene establecida en dicha población.

Durante siete años trabajó con afán, pero su espíritu estudioso no estaba contento con aquella vida; su poderosa inteligencia, su afán de saber necesitaban más ancho campo en que poder desarrollarse, y, tras una corta estancia en el distrito de Málaga, vió cumplidos sus deseos al ser nombrado Profesor de la clase de Geología y Paleontología en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, y desde este momento entregóse por completo al estudio de la ciencia. Siempre laborioso, no tardó en publicar las brillantes lecciones que daba á sus discípulos, con aquella

clara explicación que les hacía agradable la estancia en clase: y después, sucesivamente, la *Descripción geológica minera de la provincia de Cáceres*, la obra titulada *Noticias geológicas y paleontológicas*, y la relativa á las *Versiones y comentarios á los principales trabajos referentes á España, publicados por los geólogos extranjeros*; pero tanto y tanto trabajar tuvo fatales consecuencias: su salud se alteró, teniendo que abandonar la cátedra y salir de Madrid para restablecerse.

Mal repuesto todavía de su grave enfermedad, volvió á esta corte y se encargó de la Subdirección del Mapa geológico, dedicándose á su estudio con la aplicación que le era característica. En 3 de Diciembre de 1890, la Academia de Ciencias premió sus continuos afanes nombrándole académico numerario, con destino á la Sección de Ciencias Naturales, en la vacante producida por la muerte de Don Angel Guirao, verificándose su recepción el 14 de Mayo de 1893. En este solemne acto, Egozcue leyó un notable discurso acerca del tema «Concepto de la Especie y sus límites naturales»; problema que, como dice este ilustre académico, aunque tratado desde muy antiguo por los naturalistas, es siempre nuevo, pues no se han podido poner aún de acuerdo. ¡Hermoso trabajo! Digna cima de una vida toda dedicada al estudio y á la observación: si Egozcue no hubiera producido otra obra, sólo por esta merecería la justa fama que hoy tiene.

En 1895, y por muerte de D. Manuel Fernández de Castro, ascendió á Director del Mapa Geológico, y más tarde, por antigüedad, á Inspector general de Minas.

Tantas horas de trabajo y tantos días de desvelo concluyeron por cansar aquellos ojos que habían arrancado su secreto á las entrañas de la tierra, y Egozcue quedó ciego. Fué, sin duda, muy grande la pena y la angustia que se apoderaron de su ser al contemplarse en estado tan triste:

sus dolencias se agravaron y murió, rodeado del respeto y la consideración de todos, el 24 de Marzo del pasado año.

Dirijamos un último y cariñoso adiós al que fué vuestro compañero de Academia, y al que tengo la honra de suceder, aunque no podré sustituirle.

Obligado á cumplir con la formalidad reglamentaria de leer en este día un discurso de carácter científico, pensé que nada podía hacer mejor que hablar de la importancia de las Ciencias Naturales para el Arte de construir; pero como este asunto era demasiado extenso tratándose de una pequeña memoria, tuve que elegir entre ellas la que había de ser objeto de mi discurso; problema difícil de resolver, pues todas presentaban ancho campo de estudio.

En Botánica habría podido hablar de los árboles que producen las maderas de construcción, explicando la marcha que ha seguido en la tierra la creación de los vegetales, cómo están constituidos, de qué manera funcionan sus órganos, y de qué modo emplea dicho material el Ingeniero en sus obras y el Arquitecto en las suyas.

Y aquí la curiosidad teórica se antepone á la aplicación práctica. ¿Cómo se creó el vegetal? La verdad es que el hombre no conoce más que algunos peldaños de tan larga escala, los que en cierto modo constituyen momentos de reposo de la Naturaleza, pues han desaparecido todas las formas que se podían considerar de transición. Sucede con la historia de la creación lo que con las ruinas de los antiguos templos; sólo se conocen diseminados fragmentos de ellos: aquí el derribado fuste de una columna, más allá el roto capitel de otra, no lejos los restos de la estatua que

los pueblos de los pasados siglos adoraron como Dios, y es preciso que, con estos escasos datos, la inteligencia del hombre adivine lo que los tiempos destruyeron.

De aquel monera, formado en el fondo de los mares laurentinos, surgieron, por acción desconocida, la célula vegetal, la animal y una tercera de carácter mixto, de la que más tarde se desprendieron esos seres que el botánico rechaza y que el zoólogo no admite en su reino.

De la célula vegetal se formó por justaposición el primer vegetal policelular, del cual se desprendieron más tarde las algas, los líquenes y los hongos. De las algas, seres casi uniformes en su constitución, arrancan los musgos, que dieron después lugar á los helechos, vegetales todos pertenecientes á las plantas criptógamas.

En este instante de la vida vegetal se verificó un cambio notable en el modo de ser de las plantas, modificación que indudablemente debía venirse preparando desde hacía mucho tiempo: la aparición de los vegetales fanerógamos, de los cuales salieron prontamente los quinnospermos, tomando inmenso desarrollo sobre nuestro globo las coníferas. De estas últimas, y después de transformaciones sucesivas, se engendraron las plantas angiospermas con sus divisiones de monocotiledóneas y dicotiledóneas, de quien tomaron nacimiento los vegetales diapétalos y, finalmente, los gamopétalos. Esta teoría podrá tener errores de detalle, pero es indudablemente exacta como idea general.

Para indicar cómo están constituídos los vegetales, hubiera tenido que empezar por la célula, misterioso ser que, aunque casi infinitamente pequeño, por su multiplicación forma los corpulentos árboles que se ven en los montes, las plantas que cubren las praderas y las flores que con sus brillantes colores matizan los campos y jardines.

Habría sido preciso describir la membrana que la envuelve, el protoplasma que la forma y el núcleo que con-

tiene; los tejidos que de ella se derivan, los aparatos que éstos engendran, y, por último, los órganos que nutren y reproducen los vegetales; y, ya en este camino, marcar los esfuerzos realizados para descubrir los secretos de la vida de las plantas.

¡Qué hermoso estudio! Admira ver cómo las raíces absorben del suelo las materias minerales, y las partes aéreas del vegetal el oxígeno y el anhídrido carbónico de la atmósfera, cómo las corrientes de savia le nutren, y cómo respira por función clorofítica.

También el vegetal digiere, así como el animal; pero esta operación no está localizada en un órgano determinado, sino extendida por toda la planta. Hay, sin embargo, algunas en que las hojas hacen papel de estómago, y hoy sostienen muchos naturalistas que este fenómeno es más general de lo que se supone.

Al mirar las plantas, se cree que no se mueven más que en virtud de agentes extraños: el aire que las agita, y el animal que las empuja; y, sin embargo, la ciencia moderna reconoce á las plantas movimientos especiales, pequeños en las de orden inferior, y más marcados en las superiores. Movimientos, repetimos, tanto en los tallos como en las hojas y las flores, pues hay algunas de estas últimas que se dirigen al amanecer hacia el Saliente, al Sur al medio día, por la tarde al Poniente, y miran al cielo cuando el Sol se pone. Al llegar este momento, también hay plantas que duermen, cambiando de posición para pasar la noche, como el hombre inclina la cabeza sobre la almohada para descansar de los trabajos del día.

Y ¿quién, al llegar aquí, no habla de los amores de las plantas, amores encerrados en el cáliz de una flor, y, como consecuencia, quién no habla del fenómeno de la fecundación, del que resulta el fruto, con su pericarpio y semilla, destinada esta última á la reproducción del vegetal? Y lue-

go solicita nuestra atención la manera como ésta germina, desarrollándose el embrión, la raíz y el tallo, y de éste el tronco de los árboles que contienen la madera que el constructor emplea en sus obras; parte del vegetal formado por la médula en el centro, la verdadera madera alrededor, y cubierto el conjunto por la corteza. Troncos que unas veces se elevan directamente hacia el cielo y otras se ramifican á cierta altura, y al cubrirse de hojas forman esas hermosas copas de los árboles, á cuya sombra es tan dulce descansar en las ardientes tardes del estío.

El vegetal, como el animal, muere unas veces de vejez, otras de enfermedad y muchas á mano airada, bajo el hacha del leñador ó por el fuego del cielo. La herida que se le hace al arrancar una rama ó un pedazo de corteza, la savia detenida, el frío, el calor, el agua que se filtra en su interior, el hielo que le resquebraja, las hierbas parásitas que le invaden, el aire que le agita, los animales que le atacan, son otros tantos orígenes de males, que unas veces le matan y otras hacen inútil su madera para la construcción.

Y, pasando á las aplicaciones, debería explicar cómo el constructor distingue las maderas cuando el tronco está desprovisto de ramas, raíces, hojas, y muchas veces de corteza; cómo se crían los montes maderables y se explotan; de qué manera se transporta la madera por agua y por tierra; cómo se la escuadra, aserra, conserva, inyecta, colora, petrifica, y se la hace incombustible; y, en fin, de qué modo el carpintero la da las formas convenientes y el constructor la coloca en obra.

He aquí, señores, la lista de materias en que hubiera podido fundar este discurso al haber tomado la Botánica como base de mi trabajo.

También la Zoología y la Biología me hubieran podido prestar valiosos elementos, y entre ellos el importante tema

de considerar al animal como máquina viviente, como motor animado; asunto que interesa al constructor en general, y más especialmente al Ingeniero de Caminos, pues los motores animados arrastran los pesados carros y las voluminosas diligencias sobre las carreteras, y los coches de viajeros en los tranvías de sangre; y si entre dichos motores se incluye al hombre, como no puede menos de hacerse, sería preciso estudiar al obrero, que con la fuerza de sus brazos ayuda al Arte á construir las obras que concibe.

A la persona no versada en los secretos de la Ciencia le costará trabajo comprender que ese monstruo de músculos de hierro, que el hombre del siglo XIX ha creado, cuyo aliento es negro humo y que arroja llamas por la boca, como el dragón de la fábula; que se alimenta con carbón y bebe cantidades inmensas de agua y que se denomina máquina de vapor; que unas veces arrastra, sobre cintas de acero, largas filas de vagones, y otras pone en movimiento, en el interior de las fábricas, numerosos útiles del trabajo, unos que taladran, otros que cepillan gruesas planchas de hierro; ó que mueve, sobre la agitada superficie de los mares, esos colosos que la guerra moderna denomina acorazados,—no difiere en su manera de funcionar, en los principios físicos en que está fundado, de ese otro que la naturaleza ha creado con materiales más débiles y que se llama animal; del caballo que arrastra pesadas cargas por los caminos; del obrero que, agarrado á un torno, hace subir grandes piedras á lo alto de una elevada construcción, ó, armado de un pico ó de una pesada barra, desmonta el suelo ó abre un barreno en el fondo de una mina para abrirse paso en las entrañas de la tierra.

He dicho y vuelvo á repetir que la máquina animada no difiere en esencia de la de vapor, y pudiera demostrarlo con largos y científicos razonamientos; pero no me atrevo; no

sólo porque emplearía un tiempo que debo dedicar al objeto principal de mi discurso, sino porque otras plumas, mejor cortadas que la mía, han tratado, con notable acierto, este delicado asunto. Pero tanto me agrada, que no puedo prescindir de dedicarle algunas líneas, aunque no sea más que pensando que en su resolución intervienen á la vez las ciencias exactas, las físicas y las naturales.

¿Qué se ve en una máquina de vapor, en una locomotora por ejemplo? Lo primero una voluntad representada por el maquinista que la dice: «marcha», y en seguida, sumisa, se pone en movimiento. «Detente», y sin réplica alguna, sin más que el tiempo preciso para vencer su velocidad, humilde se detiene. Después, un hogar en donde se depositan grandes cantidades de carbón, y en su fondo una rejilla, por cuyos espacios vacíos se precipita el aire, empujado por la atmósfera, y atraído por la alta chimenea. En esta rápida carrera se precipitan los átomos de oxígeno sobre los de carbón, y al choque se desprende calor, como sucede cuando el martillo golpea el yunque ó la piedra desprendida desde elevada altura llega al suelo. Calor que antes existía en estado latente, dedicado á separar los átomos de los cuerpos, y que cuando éstos se acercan se pone de manifiesto, y por su acción se produce la brasa y las llamas iluminan la caja del hogar. Encima de éste se encuentra la caldera, que contiene agua, la que, al ponerse en contacto con el calor que se escapa del hogar, se dilata, transformándose en vapor, que oprime con fuerza las férrreas paredes que le encierran, como queriendo romperlas, para volar por el espacio; pero halla un camino libre, el que le conduce al cilindro, y una vez en él empuja al émbolo, el cual, al moverse, aumenta el espacio en que se encierra el vapor. Es decir, que, hasta este momento, la citada máquina se compone de una voluntad que la manda, de un hogar en que se produce calor, de un cuerpo que se

dilata y, al aumentar de volumen, produce un movimiento que se comunica por medio de bielas, manivelas y ruedas dentadas al operador, que en la locomotora, que se ha tomado como tipo de comparación, son las ruedas, y en las demás máquinas el útil que transforma la materia inerte en el objeto que se desea construir.

He aquí en pocas palabras lo que es una máquina de vapor; pues bien, una cosa análoga es la viviente. En ella existe una voluntad encerrada en esa caja mágica que el animal lleva en la cabeza, notable transformador, según el sabio Cajal, que le manda ir adelante ó detenerse en su camino, y que transmite sus órdenes no dando vueltas á una manivela, sino por un complicado sistema que se denomina nervioso; de un hogar, el estómago, en donde se acumula carbón por medio de los alimentos; de una rejilla, el pulmón, por donde penetra el aire, y de un hogar, el sistema arterial, por donde corren reunidos el carbón y el oxígeno arrastrado por la sangre. En un momento dado la voluntad quiere hacer un movimiento, y entonces transmite la orden á los músculos, por medio del sistema nervioso, que se agita cual si estuviera atravesado por una corriente eléctrica. ¿Quién engendró esta energía? Difícil es saberlo, pues la Ciencia no ha podido hasta ahora descubrirlo.

Fácil les será á los sabios explicar, una vez creada dicha energía, por pequeña que sea, cómo hace entrar en acción otra mucho mayor; pero la dificultad es siempre la misma. ¿Cómo se formó la primera? Idéntica pregunta me hice al estudiar la obra del matemático francés Boussinesq sobre el libre albedrío. Comprendo que la molécula que recorra como trayectoria la curva que representa una integral particular de la ecuación diferencial que expresa la ley del movimiento pueda, por medio de la integral singular, pasar á otra de las de la primera especie, y seguir el cami-

no que la voluntad creyera más conveniente; pero siempre existe para mí la misma dificultad, pues esto no se puede hacer con una fuerza nula, sino con un trabajo pequeño ó grande que es preciso crear. ¿De dónde sale? ¿Quién lo engendra? He aquí el misterio que perturba á los hombres y sobre el cual todavía no han podido ponerse de acuerdo. Transmitida la orden, sea como quiera, los átomos de oxígeno se lanzan sobre los de carbón, al choque se engendra calor, su acción obra sobre los músculos, que están constituídos para esta función, y que cambian de volumen, como se ve prácticamente cuando el gimnasta se eleva en el trapecio, y esta variación de volumen engendra un movimiento que se transmite á las diversas partes del cuerpo por medio de los tendones; entonces el animal mueve sus extremidades y arrastra la carga, y el hombre levanta los brazos y maneja, ya el útil del trabajo, ya el arma de la guerra.

Lo mismo en la máquina de vapor que en la viviente, todos estos órganos se apoyan en un sistema resistente: el bastidor de hierro en las primeras; y el esqueleto del ser, formado de un armazón de huesos, en la segunda. No hay, pues, más diferencia entre unas y otras sino que, en la máquina de vapor, la voluntad es independiente de ella, y en la viviente forma parte de la misma. La industria humana ha podido imitar las obras de la Naturaleza creando seres, por decirlo así, grandes y fuertes, con músculos de acero, que corren en la tierra y en el mar con vertiginosa rapidez, ó que trabajan sin cansarse horas y horas; pero no ha podido crear una voluntad; contra ello se han estrellado sus esfuerzos y su inteligencia.

Si al ser humano se le pregunta cómo se construye una máquina de vapor, podrá contestar describiendo paso á paso las transformaciones que experimenta la materia desde que sale de las entrañas de la tierra hasta que funciona

en el interior de un taller ó corre por las líneas férreas; pero, si se hace igual pregunta respecto á la máquina viviente, su respuesta será más vaga, menos precisa; aunque podrá contestar, sin temor á equivocarse, que se engendró en virtud de esa ley universal que se llama transformismo, y que domina cuanto nos rodea, pues nada es hoy igual á lo que fué ayer, ni será mañana idéntico á lo que es en estos momentos.

El cuerpo que nos sostiene está, por decirlo así, atravesado por una corriente continua de materia que nos va transformando lenta y paulatinamente, no sólo en lo físico, sino en lo moral, pues rara vez piensa el viejo como lo hace el joven. El agua transporta al fondo de los mares la cima de las montañas, y disuelve los elementos que forman las rocas, cambiando su modo de ser, así como la atmósfera las desgasta á su vez. El viento arrastra las arenas del desierto, y forma montes donde no los había. La tierra continúa la lenta pero continua reconcentración de sus moléculas, y tal vez, como se pedía á la piedra filosofal allá en la Edad Media, convierta en los futuros siglos unas materias en otras, si aciertan ciertos sabios modernos: por ejemplo, el plomo y el hierro en amarillo oro. Los volcanes vacían, por decirlo así, el interior de la tierra, arrojando sus productos en forma de lava sobre la superficie de la misma, en donde corre como ríos de fuego. Las masas que constituyen nuestro globo cambian de postura, ya por su propia pesadez, ya por la atracción de los astros que le rodean, y, en fin, por otras mil causas, unas pequeñas, otras grandes, que creo inútil enumerar.

Tampoco el cielo que nos cubre se libra de la lenta pero no interrumpida transformación que es ley ineludible del universo: hay astros que en un instante dado no son más que revuelta masa de materia cósmica; después brillante sol; más tarde estrella que se apaga, y cuya luz cambia de

colores, según las fases de su existencia; luego planeta templado en que se desarrolla la vida, y, por fin, masa fría que rueda por los espacios estelares. Pues bien; dada la íntima relación que une al mundo inorgánico con el orgánico, si uno se transforma, ¿cómo el otro puede permanecer estacionario? Imposible.

Si se pregunta cómo en el animal se ha verificado el fenómeno del transformismo, la respuesta no es más fácil de dar. Podría contestarse con Goethe, que el hambre y el amor hicieron el milagro; ó con Darwin, que fué la selección natural en la lucha por la existencia; ó con algunos autores modernos, que la fuerza transformista estaba latente, por decirlo así, en el interior de la primera célula animal, que por misterioso efecto apareció en la tierra, y que después, por acciones externas, se fué desarrollando: fenómeno que la ciencia no puede rechazar, sobre todo si se recuerda lo que sucede en el fondo del espermatozoide; ó, por último, pudiera sostenerse, con aquellos que cambian la tesis, que el transformismo se ha producido por causas posteriores al nacimiento del primer ser. Entre ellas citan, como las más poderosas, la modificación de la temperatura de nuestro globo, que va continuamente enfriándose; la variable distribución de mares y continentes; el agotamiento ó cambio de producción del suelo; la aparición súbita, por emigración, de enemigos feroces que persiguen con encarnizamiento á ciertos seres, y les hacen abandonar el país donde viven; la necesidad de adaptar sus órganos al medio en que el animal habita, fenómeno que hace que aquellos que lo consiguen sean más aptos para vivir que los que permanecen en su primer estado, y que, en virtud de la lucha por la existencia, son víctimas de los que están en mejores condiciones para alimentarse y reproducirse, por la herencia y por otras mil causas que creo inútil enumerar, pero que se hallan

comprendidas en lo que se denomina selección natural; y, por fin, por algún elemento desconocido que el sabio persigue, pero que todavía no ha podido descubrir.

Mas sea de esto lo que quiera, lo cierto es que el animal se ha desarrollado de una manera lenta, pero continua, desde el monera hasta el hombre, por una escala creciente, de la que sólo se conocen algunos peldaños, al través de un número de siglos tal que las fechas que recuerda la Humanidad parecen rápidos instantes en la existencia de nuestro globo.

El estudio mineralógico de los materiales de construcción tambien hubiera podido ser objeto de este discurso; pero no entro en detalles sobre él, porque se va haciendo demasiado larga esta introducción, y necesito, para no molestar demasiado tiempo vuestra atención, empezar ya con el tema que ha de ser el verdadero objeto de mi trabajo, y que se refiere á la **IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN EL ARTE DE CONSTRUIR.**

Con enunciar el tema anterior se comprende la importancia que la Geología tiene para el constructor en general, y especialmente para el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, pues se trata de conocer la base sobre la cual ha de levantar sus construcciones y las causas que constantemente las modifican, trabajo no interrumpido desde el principio de los siglos, para evitar que puedan comprometer la estabilidad de aquéllas, como sucede cuando los terremotos hacen oscilar el suelo y lo agrietan; el agua lo desnuda, y el viento empuja con violencia las altas torres de los faros.

También el arte de construir tiene que estudiar la Geo-

logía desde otro punto de vista: aquel que se refiere al origen, condiciones y punto en donde yacen los materiales de construcción, pedazos de las rocas que forman nuestro globo, pues casi todas ellas, cuál más, cuál menos, rinden tributo al constructor. Y me atrevo á decir que la tierra se divide en dos partes: una que explota el minero buscando con afán los metales, masas perdidas entre la materia pétreo, y otra que pertenece, por decirlo así, al Ingeniero, pues de ella saca los elementos necesarios para ejecutar sus obras.

Ancho campo tengo, pues, para redactar esta memoria, sin más que estudiar estos dos puntos de vista, con el detenimiento que su importancia requiere. Para ocuparme del primero indicaré la intervención que la Geología tiene en la construcción de algunas obras.

Cuando el Ingeniero dibuja sobre el terreno la traza de un camino de hierro, por ejemplo, encuentra muchas veces masas inmensas de terreno que ocultan el horizonte y cierran el paso. Entonces lucha por seguir adelante, ya salvando el obstáculo por algún collado, ó ya contorneándolo; y, cuando esto no es posible, se resuelve á atravesar las montañas, abriendo un túnel en el interior de ellas, á profundidades, en muchos casos, á que apenas llega el minero; pues el Mont-Cenis tiene una carga de más de 1.600 metros, el San Gotardo de 1.700, y el Mont-Blanc de 3.000.

¡Qué de dudas asaltan al Ingeniero cuando se encuentra cara á cara con uno de estos problemas! ¿Qué habrá en el interior de los Alpes?, se preguntarían los Ingenieros encargados de perforar esos largos y oscuros callejones que hoy atraviesan la enorme masa; y, aunque en menor escala, la misma pregunta se dirigirían los Ingenieros españoles al querer pasar la cordillera asturiana-pirenaica por debajo del Puerto de Pajares. ¿A quién recurrir para

obtener algún indicio? La contestación es fácil: á la Geología; esta ciencia dirá, con bastantes probabilidades de acierto, si han de encontrarse terrenos flojos, fáciles de perforar; ó terrenos duros, cuyo avance se reduzca á algunos decímetros por día; si el techo de la galería se hundirá sobre la cabeza del trabajador y será preciso sostenerlo con costosas y difíciles entibaciones, ó si el obrero ha de marchar cubierto con el férreo escudo, como los romanos atacaban las murallas de sus enemigos bajo la sólida tortuga.

Ella averiguará si la obra se podrá ejecutar en seco, ó si, á causa de la permeabilidad del terreno, el agua brotará por todas partes, haciendo el trabajo tan molesto como enfermo; si hay el peligro de que al estallar el barreno, ó al destacarse alguna piedra, bajo el rudo golpe del zapapico se abra una brechâ en las paredes de un lago interior que inunde los trabajos y comprometa la vida de los obreros; si las rocas que hay que atravesar pueden exhalar vapores irrespirables, que hagan precisa una ventilación y un alumbrado especial; si las paredes y la bóveda del túnel pueden permanecer al descubierto ó hay necesidad de revestirlos. Otra cuestión de verdadera importancia en los túneles profundos y de grandes dimensiones resuelve también la Geología, ó por lo menos ilustra al Ingeniero, y su acción se ha hecho sentir en los túneles que atraviesan los Alpes. Me refiero al calor en el interior de los subterráneos, el que muchas veces hace imposible el trabajo, porque el obrero enferma al poco tiempo de estar sometido á tan sofocante temperatura, que en algunos casos ha llegado hasta 50 grados. Ante tal temor ha sido preciso algunas veces cambiar las alineaciones del túnel, para impedir el desarrollo de este importante fenómeno térmico.

Casi todos los geólogos lo achacan al calor central; pero ésta es cuestión dudosa y discutible, y cabe suponer que depende por una parte de la mayor ó menor conductibili-

dad de las rocas que atraviesa el túnel, y que además influye otra causa general, no interrumpida, desde que la Tierra era nebulosa, hasta nuestros días, y que continúa su marcha indefinidamente, á saber, la contracción de la materia.

El Ingeniero Stapff dió una fórmula empírica que da el calor probable en el interior de un túnel en función de la carga en el punto que se considera, ó de la distancia del mismo á la superficie del terreno, contada en el perfil longitudinal de la obra.

Esta fórmula, sin embargo, no siempre ha dado resultados exactos, á causa, en mi concepto, de que es incompleta, porque atendiendo sólo á la Física se ha prescindido en ella de la Geología y no se ha tenido en cuenta un factor importante, sin el cual no es posible encontrar la verdad: el grado de conductibilidad de las rocas que se perforan, y la clase de terreno que se atraviesa.

Voy á indicar, aunque sea muy á la ligera, porque el tiempo apremia y ya estaréis cansados de escucharme, algunas faltas cometidas en la construcción de túneles por no haber tenido en cuenta la constitución geológica del terreno, y, por el contrario, éxitos alcanzados por haber recurrido á dicha ciencia en la perforación de otros.

Desde 1803 á 1828 se abrió un túnel importante en el canal de San Quintín (Francia), de 5.678 metros de longitud. Empezado á perforar en un terreno permeable, apoyado en otro que no lo era, se encontró un verdadero lago interior, que era preciso atravesar; trabajo que los Ingenieros juzgaron, si no imposible, al menos muy difícil; mas, por fortuna, cuando se comprendió el error, aún era tiempo, y se salvó el obstáculo, bajando tres metros el nivel del canal.

Una falta análoga se cometió en el túnel de Chalifert, aunque no fué tan fácilmente remediada. También el te-

rreno estaba formado de una serie de capas permeables apoyadas en otra bastante gruesa de margas verdes, absolutamente impermeable; pues bien, si se hubiera dejado ésta intacta, sirviendo de techo al túnel, éste se habría podido construir completamente en seco, pero no fué así; se atravesó la citada capa con los pozos de ataque, y el agua inundó el túnel; y aunque después se le hizo descender tres metros, la obra hubo de construirse mediante largos y costosos trabajos.

Por el contrario, al perforar el túnel de Mont-Cenis, más adelantado el arte del Ingeniero en la construcción de esta clase de obras, un estudio geológico del gran macizo de los Alpes facilitó en extremo la ejecución de la obra. La ciencia dijo que toda la formación pertenecía al Lías; que sus capas, empujadas por el gneis inferior, formaban un ángulo de 50 grados con el horizonte, y que, por tanto, el túnel las perforaba oblicuamente; que éste encontraría primero terreno antrocífero, compuesto de areniscas y pudingas; después cuarcitas; luego yeso; más tarde caliza compacta, y por último, del lado de Italia, esquistos calcáreo-talcosos; y terminaba su predicción diciendo que, probablemente, la capa calcárea estaría replegada sobre sí misma, por lo cual sería fácil encontrarla dos veces; además, algunos sostenían, con gran alarma por parte de los Ingenieros, que una cosa análoga sucedería con la cuarcita.

Los trabajos empezaron bajo esta amenaza; y, en efecto, al concluir de atravesar las areniscas y pudingas, el útil perforador comenzó á rebotar contra una masa dura y casi impenetrable, lanzando chispas en todos sentidos, que causaban un aspecto mágico en el fondo de aquel obscuro callejón. La cuarcita, pues, no se había hecho esperar, y el avance, que hasta entonces había sido relativamente grande, quedó reducido á algunos decímetros diarios. Los Ingenieros, ante el temor de que la masa de

cuarcita fuera considerable, acudieron á la Geología para saber cuál era su espesor; y ésta, penetrando, por decirlo así, con los ojos de la ciencia en el interior de la tierra, contestó que tendría próximamente 384 metros de extensión. Al cabo de dos años de incesantes trabajos, y cuando el útil llegó á golpear la materia yesosa que se ocultaba tras la temida cuarcita, se vió que ésta tenía un espesor de 381 metros: la ciencia, pues, sólo se había equivocado en tres metros.

El túnel no encontró la masa anunciada de caliza compacta; se conoce que el punto más bajo de la ondulación de sus capas quedó más alto que el techo de la obra, y no se volvió á atravesar la cuarcita, lo que dió la razón á los que sostenían que su estratificación era rectilínea en su forma general.

Al tratarse de túneles, no se puede pasar en silencio ese camino subterráneo que, partiendo de la estación de Wergenal, sube al alto vértice del Jougfrau, en los Alpes suizos, desde donde, haciendo la competencia al Righi, se ve media Europa. A partir del citado punto, en la región ya de los Glasieres, no era posible ir por las laderas á cielo abierto, por estar constantemente ocultas bajo el hielo, que en algunos puntos tenía, como en el collado de Jongfranjoch, de 70 á 100 metros de espesor. Sin un estudio geológico detenido del terreno, no era posible aventurarse á obras tan difíciles, que muchos aún dudan al verlas casi construídas; pero la ciencia, cuyas predicciones no ha contradicho la práctica, dijo que se encontrarían terrenos buenos para la construcción del sinuoso túnel; y, en efecto, el Ingeniero sólo tropezó con esquistos laminares, calizas compactas, tanto claras como oscuras, correspondientes al terreno jurásico superior; esquistos cristalinos, atravesados por filones graníticos y por macizos de gneis, en los cuales, sin grandes trabajos, se están construyendo las

obras de este ferrocarril subterráneo, que se puede decir que termina en medio de las nubes. A partir de su extremo, se asciende al vértice del alto Jougfrau por medio de un elevado ascensor, y desde este piso el hombre puede contemplar su pequeñez, y la grandeza de las fuerzas naturales.

Hechos análogos podría citar de los demás túneles que perforan los Alpes, y de los que en España atraviesan los Pirineos en las provincias vascas y en Asturias bajo el Puerto de Pajares. Del de Argentera, en la línea del ferrocarril directo de Barcelona á Zaragoza, de cerca de 5.000 metros de longitud y de 317 de carga; del de Hornos, en la alta divisoria del Tajo y del Ebro en el ferrocarril de Madrid á Zaragoza, y, por fin, de otros muchos que creo inútil enumerar.

De lo expuesto se deduce que la construcción de un túnel no se puede hacer científicamente, sin continuos estudios geológicos del terreno.

Si es grande la importancia de éstos en los túneles, mucho mayor lo es en los pantanos; esos inmensos depósitos de agua destinados, unas veces á fertilizar los campos por medio del riego, y otras á abastecer las poblaciones; como el de Mangirón en el Canal de Isabel II, verdadera obra maestra, de los tiempos modernos. Pues si, en los túneles, un error geológico obliga en muchos casos á ejecutar difíciles trabajos, en los pantanos puede producir terribles catástrofes, como las acaecidas en Bouzay (Francia) en 1895, y en Mezalocha (España) en 1766, ó el abandono completo de la obra, con las pérdidas consiguientes: recordemos el Pontón de la Oliva, en el citado Canal de Isabel II, que, como toda obra de inmensa importancia, ha tenido sus desgracias al lado de grandes éxitos.

Desde tres puntos de vista son necesarios los estudios geológicos en la construcción de los pantanos: uno al calcular el agua que se podrá recoger; otro para averiguar la

impermeabilidad de la base del depósito; y el último para conocer el terreno sobre el cual se ha de apoyar la presa y deducir la fundación que es conveniente emplear. Teniendo siempre en cuenta que esta clase de obras llevan consigo un enemigo poderoso, el agua; pues, á causa de la gran presión que ejerce sobre el terreno, unas veces rompe capas de roca demasiado delgadas, y otras arrastra grano á grano el terreno en que la presa se apoya, y la deja en el aire, en eminente peligro de ruina; catástrofe que á veces se retrasa, pero que al fin llega, como sucedió en 1802, en el pantano de Lorca, después de once años de existencia.

No basta conocer la extensión de una cuenca, la altura media de agua que cae durante un año en ella, para calcular el caudal que en este plazo ha recorrido su cauce principal, y, por tanto, la cantidad de agua que en el mismo será posible recoger por medio de un pantano. En esta cuestión intervienen á la vez la ciencia agronómica, la meteorológica y la geológica: la primera le dice al Ingeniero el agua que absorberán las plantas; la segunda, la que por evaporación volverá á la región de las nubes; y la tercera, la que se escapará al interior de la tierra, según la mayor ó menor permeabilidad del terreno.

Si del estudio hecho se deduce que en él dominan, por ejemplo, terrenos cretáceos y oolíticos, y se encuentran cauces secos por todas partes, se puede asegurar, con probabilidades de éxito, que su superficie es permeable; que el agua, en lugar de correr por ella, penetra en el interior del terreno y forma grandes depósitos, que muchas veces constituyen lagos, y hasta verdaderos ríos.

De estos encierros sale, unas veces por fuentes y manantiales, volviendo á correr por cauces abiertos; otras, por misteriosos y desconocidos caminos va al mar, y en muchos casos cae tan baja que no vuelve á brillar á la luz

del sol. En este caso, la cantidad de agua de que el Ingeniero puede disponer es una fracción pequeña de la total, y tan corta puede ser, que le haga renunciar á la construcción del pantano.

Si, por el contrario, las formaciones que abundan en las cuencas son, por ejemplo, las primitivas, las liaciacas, etc., entonces se verá correr el agua por los barrancos y arroyos, las fuentes escasearán, el terreno será relativamente impermeable, y se podrá contar para la obra con una parte grande del agua de lluvia. Pero nada de esto es absoluto; tiene mucho de accidental, de local, por decirlo así, y, por tanto, de variable de un punto á otro, como sostienen los autores que se han ocupado en esta cuestión. No es posible, pues, dar al Ingeniero reglas fijas y seguras acerca de dicho punto; sólo un continuo estudio de la localidad le podrá guiar en su trabajo, siempre bajo el temor de equivocarse, y de que una dislocación del terreno, que no ha visto, una caverna escondida en un repliegue del terreno, haga inútiles sus largas horas de vigilia.

Una cosa análoga hay que tener presente al estudiar la base del depósito, pero con más detalle, y más profundidad, pues además de averiguar las condiciones generales del terreno, para saber si es ó no permeable, si hay que luchar con granitos, margas compactas, arcillas, esquistos, ó calizas del período terciario; ó, por el contrario, con masas de arena, con calizas cavernosas de la época cretácea, es preciso hacer un estudio profundo de la estratificación de las capas, buscar su dirección, su buzamiento; ver si existen dislocaciones, fallas, roturas ó fracturas de todo género; investigar si, bajo capas impermeables en apariencia, se encierran otras que no lo son, y que, á causa del pequeño espesor de las primeras, pudieran romperse bajo la presión del agua, dejando ancha boca por donde ésta se escape. ¡Cuántas dudas! ¡Cuántas dificultades antes de resolver

el problema! ¡Cuán fácil es criticar *á posteriori*! ¡Cuán difícil conjugar el verbo hacer, como decía un ilustre Ingeniero de Caminos, D. Lucio del Valle!

Tan necesario como en los casos anteriores es el estudio geológico del cauce del río, para poder fundar con acierto la presa que cierra el pantano; las faltas cometidas en este punto han sido la causa principal de las catástrofes, que han producido esta clase de obras.

Si las laderas que forman el estrechamiento del río, donde se trate de construir la presa, son de la misma formación; si sus capas son concordantes, entonces el cauce estará abierto por denudación, y hay esperanzas de que, atravesando la capa de acarreo, sobre la cual corre el agua, se pueda llegar á la zona que las enlaza; y, si ésta tiene espesor suficiente, fundar sobre ella el muro que cierre el pantano, como se ha hecho en la moderna presa de Puentes, en el distrito de Lorca, después de grandes trabajos y numerosos reconocimientos.

También la altura de la obra está sujeta muchas veces á las condiciones geológicas del terreno, pues éste puede ser aceptable, hasta cierto punto, y completamente inadmisibles, á partir de él; de cuyo fenómeno podrían presentarse numerosos ejemplos; pero no lo hago, porque se va haciendo demasiado largo este discurso.

En resumen: como para los túneles, ó más todavía, creo haber demostrado que el estudio de la Geología es necesario para proyectar y construir los grandes pantanos.

Esta ciencia no sólo es necesaria para las obras que se acaban de citar, sino que su importancia se extiende á todas las que abraza el arte de construir, no desde el punto de vista de la edad relativa de los terrenos, sino bajo el aspecto de sus condiciones mineralógicas y estratigráficas, estudio que muchos autores denominan Geología propiamente dicha.

También el Arquitecto tiene que apoyarse en ella al fundar los grandes edificios, como le sucedió al que levantó en nuestras antiguas posesiones de Filipinas la Catedral de Manila, pues era preciso fundarla sobre un suelo constantemente agitado por fuertes terremotos, que agrietaban ó destruían las más sólidas construcciones; y asimismo al que ejecuta esas galerías subterráneas que tanto contribuyen á sanear las poblaciones, llamadas alcantarillas, así como los grandes colectores que las complementan.

El Ingeniero de Caminos, por su parte, al trazar las vías de comunicación, con sus profundos desmontes, sus altos terraplenes, sus puentes y viaductos, no puede avanzar en sus trabajos, sin hacer constantemente estudios geológicos del terreno que tiene que atravesar.

De continuo tienen que elegir los Ingenieros, entre las dos laderas de un barranco, aquella por donde debe ir la traza de un camino; pero cuando el cauce está abierto por la acción de las aguas, y los estratos de ambos lados son concordantes, entonces la elección, en general, no es dudosa; la estratigrafía da la solución, se debe adoptar aquella en que el buzamiento de las capas no se dirija al vacío, sino al interior del terreno, para evitar probables corrimientos.

Con frecuencia hay que modificar el trazado, ya para evitar desmontes en rocas duras, como el granito compacto, ó la cuarcita; ya para impedir que por lo incoherente de las tierras, como en el caso en que son arenas sueltas, las laderas se corran y rellenen la trinchera, y que para sostenerlas sea preciso construir costosos muros de contención; ó, finalmente, que, roto el equilibrio natural del terreno por la obra construída, el suelo se levante y ciegue el desmonte ó la colina en que se hubiere abierto, deslice sobre un plano inferior al camino, y en masa descienda hacia el fondo del valle.

Todos estos accidentes no los puede evitar el Ingeniero si no estudia cuidadosamente las condiciones mineralógicas y estratigráficas de la zona en que trata de construir la obra. Respecto á este punto, nunca debe darse por satisfecho, pues cada vez que visite el terreno y lo mire con los ojos de la ciencia, encontrará nuevos datos dignos de tenerse en cuenta. Por esto la Administración exige, en todo proyecto, un estudio geológico del terreno, aunque para ello sea preciso el uso constante de la sonda.

Si la Geología es útil al Ingeniero de Caminos cuando se trata de obras de explanación, más lo es cuando se han de construir obras de fábrica, como puentes y viaductos, para las que es preciso encontrar terreno firme en que fundarlas. Entonces hay necesidad imprescindible de echar mano de aquella ciencia para averiguar lo que existe debajo de esa masa de aluvión que cubre en general el cauce de los ríos; y para ello, tras de los datos que proporciona la sonda, hay que estudiar la estratigrafía de las rocas que forman las laderas y el fondo del valle, cuyo estudio facilita la resolución de este importante problema.

Pocos ejemplos me bastarán para demostrar este aserto. Supóngase que un río corre por el fondo de un valle formado por capas replegadas: entonces será fácil averiguar, por procedimientos matemáticos, la profundidad probable á que se encontrará el terreno firme; la cosa no será tan fácil si en ambas laderas aparecen capas horizontales y concordantes. Estos trabajos se deben hacer con gran detenimiento; es preciso conocer el punto en que se va á construir un puente, por ejemplo, con gran detalle, dedo á dedo, como se dice vulgarmente, porque en muchos casos, con triste frecuencia, en un sitio se puede fundar un pilar con facilidad, y á los pocos metros es difícil ó imposible hacerlo; habiendo sido en España y en el extranjero la

causa de la ruina de muchas obras el no haberse tenido en cuenta el anterior precepto.

No debe prescindirse de la citada ciencia al construir canales de navegación ó riego, estudiando por el contrario las condiciones de permeabilidad del terreno; ni al encauzar un río y defender sus márgenes, teniendo en cuenta la acción corrosiva de su corriente; ni al luchar con el mar al construir las obras marítimas; ni cuando, finalmente, se elevan las torres de los faros en las costas, ya sean éstas planas ó escarpadas, para cuyas obras entra por mucho la estratigrafía de las rocas que les han de servir de asiento.

Por último, también necesita el Ingeniero de la ciencia geológica cuando busca en las entrañas de la tierra el agua que no encuentra en su superficie, ya permanezca como dormida bajo el suelo, ó ya oprima con fuerza los conductos por donde marcha en el interior de aquélla.

Sin aquella ciencia no podría conocerse en dónde brotan los manantiales, ni seguir las reglas indicadas por Paramelle, que, aunque acusadas de empíricas por algunos, todas se fundan en principios altamente científicos. Esta idea es aún más verdadera cuando se trata de pozos artesianos, pues sin su auxilio no habría modo de saber si en la localidad hay capas permeables comprendidas entre otras que no lo son; si á las primeras llega agua en bastante cantidad para saturarlas y establecer una corriente capaz de transmitir presiones moleculares, convirtiéndola en una especie de conducción forzada; y si el nivel de dicha masa de agua es suficiente para que la superficie de carga se aproxime á la del terreno, ó la exceda en algunos sitios.

Al llegar á este punto, doy fin á la primera de las dos partes en que he dividido mi discurso; no porque la materia esté agotada, sino porque temo haberos fatigado con

mi largo relato; y paso á la segunda, tal vez más interesante que la anterior y que trata de la **IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA RESPECTO Á LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.**

¿Qué son los materiales con que el hombre construye sus obras? Fragmentos de las rocas que forman la tierra. ¿Cuál es el origen de esas rocas que sirven de base al suelo del planeta que por los espacios nos lleva? No es fácil contestar á esta pregunta; pero lo haré, como lo hice en otra ocasión, empezando por decir que el globo en que vivimos consta de un armazón, ó esqueleto, cubierto de una serie de capas que forman la costra sobre la cual habitamos, y el origen del uno y de la otra es probablemente el que voy á indicar en pocas palabras, para no hacer demasiado largo este discurso.

En una época que se pierde en la noche de los pasados siglos, tan distantes de nosotros, que miles de años desaparecen, en los abismos del tiempo, como los granos de arena en el ardiente desierto de Sahara; en un lugar cercano al de esa blanquecina faja que cruza nuestro cielo, de todos conocida con el nombre de Vía láctea, y rodeada de hermosos y brillantes soles, de los cuales alguno ya no existirá, apareció una ligera nebulosa, primera concentración de la materia cósmica; nula casi si se compara con el espacio infinito; inmensa si se pone en relación con nuestra pequeñez.

Esta gran masa de materia cósmica marchaba por el espacio con un movimiento de traslación al mismo tiempo que giraba alrededor de un eje central, y se concentraba, aproximando los unos á los otros, sus átomos y moléculas.

Fruto de estos encontrados movimientos, y por razones puramente mecánicas, la nebulosa iba desprendiendo en su camino anillos de su masa, que, libres ya, formaban á su vez otros de más pequeñas dimensiones, los cuales, con el tiempo, formaron la luna y acaso ciertos bólidos que giran alrededor de la Tierra; pero llegó un instante en que la concentración de la materia fué tan grande, que cesaron los desprendimientos, y desde entonces puede decirse que empieza la vida individual de nuestro globo, moviéndose sobre su órbita, bajo la forma de una nebulosa; análogamente á lo que sucede en el sistema solar.

La enorme bola que entonces formaba dicha nebulosa, mucho más grande en volumen que el sólido esferoide que hoy la constituye, empezó á perder poco á poco su primitiva transparencia, proyectándose en los cielos como ligera niebla escapada de un río al despuntar de la aurora, y se convirtió en masa inmensa de apiñadas nubes que, obedeciendo á las corrientes de calor que en el interior del globo se engendraban, se movían en encontradas direcciones con vertiginosa rapidez.

Un importante fenómeno empezó, sin duda, en estos momentos á verificarse en la Tierra: la materia cósmica, al condensarse, engendró los cuerpos simples que hay en la Naturaleza. ¿Serían éstos los mismos que ahora se conocen con este nombre? Tal vez sí; tal vez no. ¡Quién puede saberlo! Los que hoy se consideran como tales, unos resistirán á los futuros medios de descomposición que invente el hombre; otros, por el contrario, cederán; pero, sean cuales fueren estos elementos, ellos son los primogénitos del mundo.

Al encontrarse estos cuerpos simples los unos en presencia de los otros, empezaron á unirse y á formar los compuestos que constituyen las materias que se acumulan á nuestros pies, ó que flotan á nuestro alrededor en la at-

mósfera que respiramos; y como por lo general en toda combinación química se desarrollan, con mayor ó menor intensidad, luz, calor, electricidad, la masa de vapores que formaba nuestro globo se vería surcada en todos sentidos por la chispa eléctrica, iluminada por la rojiza luz del relámpago, é interrumpido su silencio por atronadores ruidos que resonarían en el seno de este gran laboratorio.

¡Qué grandioso caos! ¡Qué espectáculo tan admirable! Pero muy pronto la combustión debió hacerse general, y entonces la Tierra brilló en el espacio, convirtiéndose en una estrella, probablemente de poca luz, pero de intenso calor.

La segunda faz de la vida de nuestro globo es indudablemente la más bella, pues aparece en el espacio como radiante y luminosa estrella, formada por la combustión de grandes masas de vapores; pero la decoración debió variar muy pronto, pues fruto, ya de las combinaciones químicas, ya de las grandes presiones que experimentarían los gases internos, ya, por fin, á causa de pérdidas notables de calor, debidas á la radiación, las materias que formaban el astro empezaron á liquidarse.

Torrentes, pues, de hierro fundido, de plomo derretido, de sílice líquida y de otras muchas materias correrían por el interior del globo. Lluvias ardientes se desprenderían de las encendidas nubes, aumentando con su bello resplandor el brillo de la nueva estrella. Y formaríase en su centro un gran núcleo de materia fundida, de forma esférica, al cual rodearía una atmósfera luminosa: algo parecido á lo que debe existir en el Sol que nos alumbrá.

Mas, con la concentración de la materia, y con la radiación del calor continuo, la fotoatmósfera se fué apagando, la esfera líquida se enfrió, y la materia tomó lentamente el estado sólido.

Aquí empieza la parte más difícil del estudio que me he propuesto hacer, pues son muchas y variadas las opiniones

que los geólogos sostienen sobre la constitución de nuestro globo. ¿Cuál de ellas es la verdadera? ¡Difícil es saberlo! Pero, cumpliendo con la misión que me he impuesto, voy á tratar de explicar, aunque sea muy á la ligera, tal cual yo lo entiendo, guiado tan sólo por la clara luz de la ciencia física, lo que debió ser la consolidación de la Tierra.

Es casi evidente, que la materia líquida se colocaría por capas de densidad creciente de la superficie al centro, y que las temperaturas seguirían el mismo orden de magnitud. Sujeta la zona exterior á la continua radiación del calor, sería la primera en enfriarse; así es, que parte de su masa tomaría el estado sólido. No toda, como pretenden algunos, sino trozos de ella; pues no habiendo identidad de condiciones en sus diversos puntos, por razones fáciles de comprender, y que no señalo por no alargar demasiado este relato, sería imposible lo que aquéllos suponen. Las masas solidificadas aumentarían en densidad, como es la regla general; lo contrario es la excepción, y se hundirían en el mar líquido que tenían debajo, hasta detenerse en la capa inferior ó en otra más profunda y densa; entonces, encontrándose aquéllas en un medio más caliente, le robarían calor y volverían á su primitivo estado líquido. Esta pérdida, frecuentemente repetida, alteraría la temperatura de la segunda capa, la cual, para restablecer su anterior estado, quitaría calor á la inmediata inferior, ésta á la siguiente, y así hasta el centro, que, no teniendo de dónde reparar sus pérdidas, se enfriaría.

Este fenómeno, repetido un día y otro, un siglo y otro siglo, reduciría la temperatura de lo que se puede llamar núcleo central á un estado tal que permitiera á las grandes masas sólidas, formadas en la superficie, descender hasta el centro y apoyarse las unas en las otras, rodeadas por todas partes de la materia que aún permanecía líquida.

Sobre esta primera base caerían después nuevas masas, que, sosteniéndose sobre las anteriores, dejarían probablemente en ellas enormes cavidades, encerrando bolsas inmensas de materia fundida. Sobre esta monumental escollera, arrojada en un mar de lava, que constantemente tiende á solidificarse, se apoya, sin duda, el suelo que nos sostiene.

La inmensa escollera que formaba el corazón, por decirlo así, de nuestro globo, estaba en continuo movimiento, buscando á cada instante nuevas posiciones de equilibrio; y aun hoy, que tantos y tantos siglos han pasado, todavía no ha podido encontrar su equilibrio definitivo. Díganlo si no esos fenómenos, que unos conocéis por triste experiencia y otros de nombre, pero que todos llamamos terremotos, y que no son otra cosa que rápidos cambios de postura de la movediza tierra. Para aducir más pruebas de esta verdad, traed á la memoria esos continentes que poco á poco se van hundiendo en el fondo de los mares, ó que, por el contrario, se elevan sobre ellos lentamente.

Si estos movimientos son hoy harto frecuentes, más lo eran en la lejana época á que me refiero, en que nuestro globo no había adquirido todavía el grado de solidez que ahora tiene.

Gracias á ellos y á que la materia continuaba contrayéndose y consolidándose, la escollera empezó á levantar su cabeza por encima de la materia líquida, y á presentar puntos de apoyo, contra los cuales, como si aquélla estuviera en un crisol, al enfriarse formó la costra sólida que constituye la superficie de la tierra. Debajo de ella se ocultan, pues, lagos inmensos de materia todavía líquida, y tal vez grandes masas de vapores, almacenadas en las cavidades del centro de la tierra, que pugnan por romper su pétrea cárcel.

Tal es, probablemente, el origen del armazón ó esque-

leto del mundo en que habitamos, formado por lo que la ciencia geológica llama terrenos primitivos.

A partir de aquí, un nuevo elemento va á intervenir en la formación del vestido que cubre lo que he llamado esqueleto de la tierra; me refiero, como es fácil comprender, al agua, acerca del cual se puede preguntar si existía desde antiguo, contribuyendo á la formación de las rocas primitivas, ó si, por el contrario, necesitó una gran disminución de temperatura para ponerse de manifiesto y producir los asombrosos resultados que el geólogo estudia en la formación de nuestro globo. Podrían darse largas explicaciones acerca de dicho punto, pues materia sobrada hay sobre tan importante problema; pero su estudio me llevaría fuera del marco en que he encerrado mi discurso, y me limito á decir que, después de muchos y variados fenómenos, el agua empezó á correr sobre la superficie de la tierra, á denudar su costra y á acumularse en las partes bajas de ella, formando los precursores de los actuales mares, y arrastrando en sus corrientes los elementos de esos terrenos que la Geología llama sedimentarios, creando el primer escalón de la época arqueolítica sobre la cristalizada base de nuestro planeta. Tras de esta época, con sus períodos laurentino, cambriano y siluriano, vino la edad paleolítica, con sus divisiones devoniana, hullera y permiana. Después apareció, acompañada de grandes trastornos en la superficie de la tierra, por causas que me abstengo de recordar, la época secundaria, con sus períodos triásico, jurásico y cretáceo, en los cuales la tierra tuvo, por decirlo así, un momento de inmenso delirio creador, produciendo seres de enormes dimensiones. Más tarde, la época terciaria tomó asiento en el curso de los tiempos, con sus divisiones de eoceno, mioceno y plioceno, y tras ella aparece la cuaternaria, con su notable período glacial, no de frío, sino de calor, que por primera vez cubre

de canas la tierra que nos lleva; hielos de muerte que al través de los siglos, y en este mismo momento, avanzan lentamente desde los Polos al Ecuador, para hacer morir allí á los últimos supervivientes de nuestro globo. Y, por último, llegó la época moderna con sus períodos diluviano y de aluvi6n.

En cada una de las innumerables capas así formadas, y hasta en el mismo esqueleto, encuentra el constructor materiales para sus obras, de cuya distribución voy á hacer una pequeña reseña. En los terrenos eruptivos se encuentra el granito, los basaltos y las lavas litóideas, que, aunque difíciles de labrar, se han empleado en obras monumentales, y las variedades esquistas en construcciones comunes, como sillarejo desbastado ó como mampuesto.

En los paleozoicos, así como en casi todas las rocas metamórficas, no abundan los buenos materiales de construcción; sólo las pizarras se emplean con ventaja para cubrir los techos. Cuando en estos terrenos se presentan calizas, que no son muy frecuentes, á causa de estar influídas por el metamorfismo, suministran en general buenas piedras de construcción; aunque existe el temor de que la acción del calor las puede haber agrietado: de todas maneras, de ellas se pueden sacar excelentes cales grasas, que sólo tienen el inconveniente de salir un poco caras, porque resisten mucho á la cocción.

Los terrenos secundarios son abundantes en calizas de todas clases y de areniscas de cementos variados. Las calizas del grupo jurásico son las mejores, y las del triásico están acompañadas por margas y arcillas y por abundantes criaderos de yeso. En el jurásico dominan las calizas eolíticas, que proporcionan magníficos sillares, así como las del terreno crétaceo, aunque éstas son mucho menos resistentes que las que las precedieron.

Los materiales que ofrecen los terrenos terciarios no di-

fieren mucho de los del período anterior; las calizas, sin embargo, son más flojas; hay abundancia de areniscas y conglomerados, de arcillas plásticas y figulinas, de que tanto uso se hace en la construcción; y, por último, se presentan grandes capas de yeso.

En el terreno cuaternario se hallan escasos materiales de construcción: realmente ha sido poco favorecido por la naturaleza desde este punto de vista; pues, salvo la arcilla, no encuentra el constructor otro elemento que le ayude á realizar sus obras.

Fácil es, después de lo expuesto, comprender que el estudio geológico de la localidad indica al constructor los materiales que en ella puede encontrar, y le guía en el descubrimiento de las canteras que necesita explotar, mucho antes de preguntárselo á los prácticos del país.

La verdad es que la Geología hasta indica al hombre las condiciones sociales de cada país, pues hay una relación íntima entre el suelo y las construcciones que sobre él se elevan.

En efecto, si se recorre una grande y árida planicie que no proporcione otro material que la creta, substancia porosa y poco resistente, las habitaciones serán pobres y miserables, y los monumentos, antiguos y modernos, escasos y de poco valor. Si abunda la arcilla y falta la piedra, los edificios se construirán de ladrillo; pero como, en general, este material no se presta á grandes efectos de arquitectura, las bellas construcciones serán poco comunes. Por el contrario, en el país en donde abunden los buenos materiales, y sobre todo las piedras calizas, probablemente las casas tendrán condiciones artísticas, y se encontrarán templos, palacios, arcos, puentes y acueductos. Gracias á esta circunstancia, grandes ciudades de la antigüedad construyeron magníficos monumentos; que de otro modo, las artes arquitectónica y escultural, por mucho que hubieran vali-

do los artistas, no habrían brillado con el esplendor con que lo hicieron.

Creo, pues, haber demostrado la importancia que tiene la Geología respecto al Arte de Construir: de esta verdad se convenció, hace más de medio siglo, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y por ello, desde tan lejana época, en su Escuela Especial se estudia esta asignatura con preferente atención. El Profesor que fundó, por decirlo así, esta cátedra, fué el ilustre Ingeniero de Minas Sr. Amar de la Torre, al que consagro en este momento, tan dichoso para mí, un cariñoso recuerdo, pues guió mis primeros pasos en el estudio de la ciencia geológica. Después explicaron esta asignatura Ingenieros de Caminos cuyos nombres siempre han figurado entre los más notables del citado Cuerpo, usando en su enseñanza los mejores textos que existían en los diversos períodos de tan larga época. Hoy que la enseñanza de la Escuela Especial de Caminos, al mismo tiempo que conserva su carácter teórico, se va convirtiendo en eminentemente práctica, se obliga á los alumnos á ejecutar numerosos trabajos en el indicado sentido. Tienen á su disposición un Museo con muchos miles de ejemplares perfectamente clasificados en colecciones de minerales, de rocas, de fósiles, de geología dinámica, de terrenos generales, de litología hispana, de terrenos clásicos españoles, entendiendo por tales aquellos que presentan en nuestra Península el total de sus pisos y la mayor riqueza posible de fósiles; y, por fin, numerosas placas preparadas para el examen al microscopio.

Durante el curso, el alumno está obligado á estudiar todos estos ejemplares, hasta que adquiere un verdadero dominio sobre ellos, á preparar placas para su examen al microscopio, y á aprender el manejo de este instrumento.

Al principio de cada verano, y bajo la dirección del Profesor de la asignatura y de un Ingeniero Ayudante, hacen

el reconocimiento de una localidad, recogiendo el mayor número de datos posible; y por último, al volver de vacaciones, y antes del 15 de Septiembre, tienen que presentar un trabajo personal del mismo género, con los comprobantes que pueda recoger del país en donde pasó el resto del verano.

De este modo el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos tiene la base necesaria para cumplir lo dispuesto por el antiguo Ministerio de Fomento en los formularios correspondientes, los cuales le obligan á que en todo proyecto haga un estudio geológico del terreno sobre el cual se ha de levantar la obra: de esta manera, si tiene afición á la ciencia, podrá convertirse en un verdadero geólogo.

Voy á concluir, y os doy gracias por la paciencia con que habéis escuchado mi discurso; trabajo que no tiene la pretensión de exponer altas lucubraciones científicas, sino únicamente la de demostrar la importancia que en la práctica alcanzan las ciencias naturales respecto al Arte de Construir.

DISCURSO

DEL

Excmo. Sr. D. AMÓS SALVADOR Y RODRIGÁÑEZ

Señores:

Nuevamente recibo el encargo y el honor de contestar, en nombre de la Academia, á un discurso de recepción, y nuevamente tengo que manifestarme agradecido por tan señalada merced.

Pero, expuestas en ocasión reciente mis ideas sobre lo que deben de ser, en mi sentir, estas contestaciones, puedo ya descartarlas y acomodarme á ellas con mayor facilidad, para lograr el fin de ser breve.

¡Y acaso, como veréis, me expongan á serlo en este momento demasiado!

Hace ya siete años que me presentaba á vosotros, en acto semejante, mi antiguo y queridísimo maestro, orgullo de esta Academia, y aun de la España entera, D. José Echegaray; y en este día he de tener yo el honor de presentaros á otro Echegaray y á otro profesor mío.

Era natural lo primero; pero no así lo segundo.

Para recibir dignamente á un profesor, como sucedió aquí con el Sr. Morer, es preciso que se llame el discípulo D. José Echegaray.

Que tome de la mano un maestro, y de las condiciones de bondad que todos reconocemos en nuestro insigne compañero, á un antiguo discípulo suyo, totalmente desconocido por su escaso valer, y lo presente como conocido de antes, exagerando el elogio por cortesía, por benevolencia y aun por el cariño que debe de sentirse hacia los alumnos, no podrá dejar de parecer universalmente cosa natural y sencilla, porque natural y sencillo es que estos segundos padres, que forman nuestro entendimiento y nos dirigen y ayudan para que lleguemos á tener una carrera académica, no nos abandonen ya más y estén dispuestos á guiarnos en la más larga y difícil carrera de la vida. Pero que el discípulo se encargue de hacer cosa parecida con sus profesores, no podrá menos de parecer á todos extraño.

Lo que desde luego me parece inexcusable es el que yo lo tome en la medida de lo posible, que no lo será mucho, por modelo, y vosotros juzgaréis del ejemplo que me dió de rapidez en el contestar, por lo que ahora os diré.

No había sido yo perezoso para hacer mi discurso de recepción, porque hacerlo mal y tarde hubieran sido dos daños; de suerte que antes de cumplirse los quince días, á contar de aquel en que se me hizo el honor de elegirme, ya se lo había enviado yo á mi maestro. Pero á los cinco ó seis días lo encontré en la calle y le dije: «D. José, ¿ha recibido usted aquello?— ¿Qué es aquello?, me dijo.— El discurso.— ¡Ah, sí, y lo he leído con mucho gusto!— Y ¿tiene usted algún inconveniente en contestarlo?— Ninguno; y no sólo no lo tengo, sino que ya está contestado y están los dos presentados á la Academia».

No sé ni si le di las gracias, porque me quedé asombrado, aunque no tanto como cuando vi la preciosidad que había hecho, y que todos tan sinceramente aplaudisteis.

No debo, pues, retrasar yo el ingreso de su hermano;

antes bien debo de darme prisa, no sólo por imitarlo, sino para no exponerme á que este otro profesor mío pueda ponerme como en otros tiempos, por desgracia lejanos, una falta de puntualidad, y para que no se diga que ni por breves momentos, y con el pretexto de un discurso, le entorpece la entrada ó no le abre de par en par las puertas el discípulo. Pero éstas son nuevas razones en apoyo del laconismo de mi contestación, y aun no van solas.

No van solas, porque, en rigor, me está vedado el hacer la presentación, y aun el elogio no mesurado, según antes ya indicaba. Sólo quien no haya tenido profesores podrá desconocer el respeto especial que se les tiene, mezcla de cariño y de temor; la idea gigantesca que de ellos se forja la imaginación juvenil; la diferencia inconmensurable que imaginamos debe de existir entre la inteligencia desarrollada que enseña y la embrionaria que aprende; y como nada es tan permanente en nosotros como lo que en esas edades forma la costumbre de nuestro pensar, y, mejor todavía, de nuestro sentir, no se borran jamás en nosotros esos conceptos ni esos sentimientos; y cuanto más á viejos vamos, más estimulados nos vemos á considerar de actualidad el ayer lisonjero y acariciado, de suerte que siempre nos creemos inferiores á los que nos enseñaron, en el mismo grado y con la misma intensidad, cualesquiera que sean el tiempo y las situaciones respectivas de unos y otros. Y así como en aquellas épocas lejanas nos parecería ridículo é indisciplinado, irrespetuoso y soberbio, desmesurado é inconcebible el que un chico hiciera la presentación de su maestro, así también me lo parecería á mí ahora si lo hiciera, no siendo potentes á borrar esta impresión los años transcurridos. Nada me sería tan fácil como repetir aquí las razones que la Academia tuviera para elegir al nuevo compañero, recoger los documentos aportados para proponer su admisión; y relatar los méritos contraídos por per-

sona que tantos años ha dedicado al estudio y al trabajo; pero no lo intento siquiera, por las razones apuntadas, y encuentro preferible invitarle á pasar adelante, y darle cuando pase la bienvenida.

Pero si la presentación y el elogio creo yo que deben de ser la única materia de los discursos de contestación, y esto no lo hago, el trabajo está hecho, y el laconismo llevado á un límite incompatible con el encargo recibido, por lo cual os decía que corría el riesgo de ser demasiado breve.

Y ahora conozco lo difícil que es decir «de esta agua no beberé, por turbia que esté»; puesto que, para no exagerar el laconismo, necesariamente habré de refugiarme en el discurso del nuevo académico, que siempre procuro respetar, el cual puede dar margen para cuanto se quiera, porque no deja de estar bien repleto de conocimientos variados; pero no puedo pasar adelante sin cumplir antes el triste deber de enviar un recuerdo al querido compañero que produjo con su muerte una vacante tan sentida por nosotros.

No sabría yo hacer diferencias en el afecto que profeso á mis compañeros; pero, si supiera, sería en favor de los anteriores á mí en la Academia, no sólo porque les debo el favor de hallarme aquí, que no acabo nunca de agradecer lo bastante, sino porque siento una invencible predilección por los viejos. No ahora, que pudiera decirse que me es indiferente, sino en todo tiempo y en toda ocasión he sido opuesto y he resistido con todas mis fuerzas esa aspiración á las jubilaciones forzosas, tan egoísta, tan humana y tan extendida entre los Cuerpos de escalafón cerrado, para que sean más fáciles los ascensos; no sólo porque me ha parecido siempre irrespetuoso y desconsiderado para quienes han sido nuestros jefes, nuestro ejemplo y probablemente nuestro orgullo, sino porque estimo que pierden autoridad y prestigio los Cuerpos mismos cuando de su cabeza des-

aparecen las encanecidas, no tanto acaso por los años, como por los servicios prestados y los sacrificios hechos en beneficio de la ciencia y de su patria. Decirles, además, en pago de todo eso, que ya no sirven para nada, cuando acaso sirven, es la mayor de las injusticias y el colmo de la crueldad.

Para mí, sirven siempre como el mejor ornato de las Corporaciones, como modelos que imitar, como consejeros á quienes acudir, y como objetos, no sólo dignos de consideración y respeto, sino de verdadera veneración.

¡Dios nos conserve el mayor tiempo posible á los que aquí nos honran, y tenga en su Gloria á quien la proporcionó tan grande á la Academia como nuestro querido y muy llorado compañero D. Justo Egozcue!

Volviendo ahora al trabajo del Sr. Echeagaray, puede considerarse dividido en dos partes: la primera, casi igual á la mitad, declara el autor que es una introducción ó exordio independiente del tema, que más tarde desarrolla en la otra mitad ó segunda parte.

Claramente se ve en una y otra el permanente contacto que ha de tener el Ingeniero con la Naturaleza, de la cual saca casi todas sus enseñanzas, y cuyos elementos, fenómenos, leyes y fuerzas tiene que manejar en todo instante.

Los terrenos de todas clases son la base sobre que se asientan todas las construcciones; y se excavan, y se perforan, y se transportan, y se saca de ellos todo linaje de materiales de construcción, desde las arcillas con que se fabrican adoves, tapiales y ladrillos, y las arenas y cales que sirven de cementación, hasta los sillares más resistentes y más aptos para las costosas labras ó difíciles modelados, y los hierros, el estaño, el zinc y el plomo; de los árboles que en ellos crecen sacamos los enfaginados y los pilotes y las maderas de toda especie, así como de los animales aprovechamos hoy su fuerza y tenemos que preser-

varnos mañana de sus efectos destructores : unas veces hay que afrontar gigantescas luchas con los elementos, como cuando se quiere poner dique á las invasiones del mar, á despecho de sus oleajes inmensos y de sus incontrastables tempestades, ó meter en cintura las riadas, convirtiendo esos poderosísimos medios de destrucción en depósitos de riqueza agrícola, de salubridad y de bienestar en las poblaciones, y de fuerza que lleve en sí el germen de portentosas y variadísimas industrias; otras veces es preciso luchar con enemigos que por invisibles parecen pequeños, y no es menos titánico el esfuerzo, como cuando se trata del inapreciable aumento de volumen que adquiere al cristalizar el sulfato de sosa contenido en algunas aguas con que se fabrican los morteros, ó que toman las de lluvia en las tierras adyacentes, y que es poderoso á desagregarlas, dejando las mamposterías sin enlace y derruyendo los mejor calculados y más robustos muros; ó cuando produce efectos parecidos en las cañerías y en las obras el agua que se hiela, ó cuando se apodera el óxido de los hierros, ó las vibraciones del tránsito cambian la textura fibrosa en granular: un día se corren los terrenos y borran una trinchera ó un túnel; otro cierra la boca de un puente el crecimiento de un cono de deyección; otro el peso de las nieves coloca á las obras en condiciones de resistencia extraordinarias; hoy tiene ese privilegio el viento, y mañana las temperaturas excepcionales; la cohesión de las materias se pierde y el aplastamiento se produce, no sólo por lo excesivo de las presiones, sino por la permanencia con que actúan, y para oponerse á las fuerzas naturales enemigas se calculan espesores, á la vez que esas mismas fuerzas naturales se utilizan como poderosos medios auxiliares que facilitan la construcción; y tanta y tan grande es la influencia de la Naturaleza en las artes de construir, que á su lado parece que debe de ocupar el cálculo un lugar peque-

ñísimo é insignificante, sin perjuicio de creer otras veces que ha de invadirlo todo y envolverlo todo, porque ya no hay una sola ciencia natural que no aspire á fundarse y constituirse sobre conceptos matemáticos, y singularmente mecánicos.

Pues de todo este inmenso tráfago de dificultades y de luchas del Ingeniero con la Naturaleza, de la que sólo sale triunfante con el auxilio de las ciencias que de ella nacen, da perfecta idea, como habéis visto, el discurso del nuevo académico, y particularmente en las aplicaciones que en muchos casos la Geología proporciona.

Pero ¿en qué medida ha de saberse todo esto? ¿Habría de negarse la condición de Ingeniero á quien no sepa á fondo esas ciencias, que constituyen la casi totalidad de los conocimientos humanos, ó habrá de suponerse que, por el hecho de serlo, reúne ya en sí y con la mayor amplitud toda esa variadísima cultura?

Dejando á un lado los numerosos detalles del discurso que habéis tenido el gusto de apreciar, y no ciertamente porque tema mi espíritu díscolo hallar en ellos motivo de disidencia, sino por no llevar el elogio á los límites de lo molesto por lo persistente, hay en él algo de fondo y que no es del tema, sino relacionado con la enseñanza, que pudiera hallarse encerrado en las anteriores preguntas, y que me pone á mí, ya de antiguo, en abierta contradicción, aunque más aparente que real, con quienes las contestan afirmativamente.

Y si no hubiera expuesto esas ideas antes de ahora, ó estuviera resuelto á no insistir en ellas, ésta sería la mejor ocasión para callarme; mas ni puedo ya borrar lo que he dicho, ni renunciar á defenderlas, como hijas que son de un convencimiento, tan equivocado como se quiera, pero sincero. No faltaría quien dijera hoy que cambio de opiniones, y mañana que no las he defendido siempre con

igual entusiasmo, y lo mejor será afirmarlas una vez más. exponiéndolas con sinceridad, pero sin censurar las de nadie, que pudieran ser más atinadas y mejores.

Ya sabéis la profunda antipatía con que miro todo cuanto se relaciona con el examen en la enseñanza. Tengo por uno de los más graves problemas el de calificar á los hombres, y mucho más cuando no lo son todavía; no creo en que ningún género de circunstancias ni de precauciones puedan asegurar el acierto, para el cual haría falta poseer dones de adivinación inconcebibles; no espero de tales ejercicios cosa buena, y me persuado de que pueden conducir á gravísimos males. No es que los niegue, ni que en absoluto los rechace, no; reconozco en muchos casos la necesidad de esas pruebas y la de aceptarlas con todos sus inconvenientes á falta de cosa mejor, como tantas otras cosas se aceptan en la vida sin ser buenas, cuando es forzoso contentarse con lo menos malo; pero, sin entrar en desarrollos impropios de este momento, tendré siempre por extremadamente sensato el reducir su acción todo lo posible y á lo estrictamente indispensable.

No es menor la repugnancia que me inspira esa tendencia á universalizarse que tienen las carreras especiales, y singularmente las de Ingenieros, pretendiendo cada una invadir el campo de las demás, y creyéndose aptas para todo porque sienten sonar vagamente dentro de sí mismas los nombres de asignaturas que no se estudian lo mismo en todas partes, aunque en todas partes se les designe lo mismo; así, no es un químico el que analiza materiales de construcción, ni un físico el que estudia aplicaciones de la electricidad, ni arquitecto el que aprueba una asignatura que se llama Arquitectura, ni geólogo el que araña algunas nociones elementales de Geología en un curso alterno que se reparte entre varias ciencias afines á ésta, ni letrado el que ha saludado ligeramente en otro curso alterno el

Derecho Administrativo y la Economía Política, ni matemático, en fin, el que estudia la Matemática, aunque sea en mayor extensión que la necesaria para sus aplicaciones en la Ingeniería; porque, para ser algo de esto, es preciso dedicar á ello con gran vocación toda la vida, ó gran parte de ella por lo menos. Cuando se quiere sacar á la vez de una escuela Físicos, Químicos, Arquitectos, Geólogos, Letrados y Matemáticos, se corre mucho riesgo de no sacar Ingenieros, que es de lo que se trata.

Por eso me parece evidentemente preferible la tendencia contraria, ó sea la de especializarse cada día más, y cuanto más mejor, marcando bien los límites de cada profesión, y encerrándose en ella, sin invadir campos ajenos; porque, en el estado á que han llegado las cosas, sólo en especialidades muy limitadas se puede brillar, y sólo manteniéndose dentro de la esfera de acción de cada una puede hacerse fructífero el estudio que cada carrera hace necesario.

Combinando ahora estas dos series de ideas, he dicho en otras partes, y sería pueril ocultarlo aquí, que me parecería atinado el dividir el cuadro de las asignaturas que componen las enseñanzas de la Ingeniería en tres grupos, á saber: 1.º, asignaturas fundamentales; 2.º, asignaturas características; y 3.º, asignaturas auxiliares ó casi de lujo. Para citar una de cada grupo, y ya que se trata de Ingenieros de Caminos, comprendería en el primero la Mecánica racional y aplicada á las Construcciones, en el segundo los Puertos, y en el tercero la Geología.

Aplicábase á las del primer grupo todo el rigor que se crea necesario en el régimen académico y en el examen; no se disminuya el primero de estos rigores en las del segundo grupo, puesto que no tendría justificación el que no se estudiaran bien asignaturas características de una carrera, aunque no puede mantenerse el mismo rigor en el

examen; porque aun cuando quedarán deficiencias en el estudio, como tuviera la sólida base del grupo de las fundamentales, fácilmente lo completaría el alumno por sí mismo cuando lo necesitara y quisiera: pero en las del tercer grupo, ya que no se suprimieran, que sería lo mejor, porque roban una atención y un tiempo que sería mejor dedicar á las otras, no puede sostenerse el examen, y mucho menos de la misma importancia, porque es verdaderamente insostenible y enorme que se pueda perder un curso ó la carrera, lo mismo por una asignatura auxiliar ó de lujo, que por otra comprendida en el grupo de las fundamentales. ¡En bien poco estuvo que no perdí yo la mía por la clase de inglés!

No puede menos de tenerse por doloroso el que los alumnos, después de ver alargadas sus carreras por modo desmesurado, después de soportar el daño de no haber estudiado tan bien como debieran, y en relación con su esfuerzo, lo que es esencial de esas profesiones, y después de haber prodigado la atención y el trabajo innecesarios que se les pidiera para llegar á un cierto grado de somera y variada cultura, sólo alcancen un cierto grado de inconsciente pedantería, que les perjudicará grandemente, no sólo en la práctica de su carrera, sino en el trato de gentes.

No interesa tanto saber poco de muchas cosas, como de pocas mucho: con lo primero se alcanza una cultura general recomendable y aparatosa, aunque casi siempre estéril; pero sólo con lo segundo se llega á la verdadera notoriedad y se logra que los esfuerzos individuales acrecienten el progreso y sirvan, no sólo á los particulares intereses, sino á los grandes ideales de la humanidad entera.

Y sucede entre nosotros que se pretende torpemente, aun en la segunda enseñanza, elevar el nivel medio de la cultura hasta donde sólo puedan llegar los buenos mozos, cuando éstos llegan siempre por sí mismos y sin ayuda de nadie

y con todos los sistemas, y escalan y sobrepujan las más altas cimas porque son empinados por la inexplicable é infinita fuerza del genio. El nivel medio ha de estar bajo, para que la generalidad lo alcance sin andar de puntillas, porque nó hemos de enseñar á los que nacen para enseñarnos, sino á los que nacen para no saber si no se les enseña.

Así es que el nuevo compañero, al finalizar su discurso, y hacia bien dentro de sus ideas, dedicaba entusiastas frases á las modificaciones introducidas en la clase de Geología de la Escuela, por las cuales se da á ese estudio un marcado desarrollo teórico y práctico; y á mí, dentro de las mías, todo eso me parece lamentable, porque el Ingeniero de Caminos no está llamado á ser geólogo, ni lo será con lo que en la Escuela aprenda, y cuanto más desarrollo se le dé allí á este estudio, que no es fundamental ni característico, me ha de parecer á mí más desacertado.

Entiéndase bien que yo no niego ni mucho ni poco la utilidad de la Geología, cosa que en varios casos ha demostrado plenamente el nuevo Académico, ni de otras ciencias auxiliares como ella que en la Escuela se estudian, ni de otras muchas que no se estudian allí y pudieran estudiarse, porque no sólo puede decirse que «el saber no ocupa lugar», sino que puede añadirse que jamás estorba, que nunca sobra y que siempre es útil, lo cual es bien distinto de ser necesario alguno especial en aplicaciones determinadas. Lo único que digo es que no creo en la competencia geológica de mis queridos compañeros los Ingenieros de Caminos para resolver los casos graves en que esa ciencia puede suministrarles elementos de inestimable valor, cuando no se dedican ya hombres á ese estudio como el señor Echegaray, por aficiones especiales y entusiastas; que en la generalidad de los casos podemos pasarnos sin ella, y que, cuando viene lo excepcional, mejor que en creernos

aptos, haremos en consultar á aquellos otros ingenieros para quienes esos estudios son verdadera é innegablemente fundamentales y á los cuales dedican toda su vida.

De las asignaturas auxiliares basta sacar la preparación necesaria para que se dediquen después á esos estudios con fruto los que necesiten tenerlos ampliados ó sean llevados á ellos por sus aficiones; porque tan exagerado me parece suponer que con lo que se aprende en una Escuela de las que no son fundamentales ó características basta para conocerlas á fondo, como negar que puedan adquirir en ellas verdadera notoriedad los que á ellas se dediquen, puesto que no hay razón alguna para que dejen de saber lo mismo quienes estudian las mismas cosas en igual tiempo. Y con lo que se aprende en las clases de Conocimiento y Resistencia de Materiales, de Mineralogía y de Química, puede pasarse, en la generalidad de los casos, sin la Geología el Arte de Construir.

Expuestas así mis ideas, después de oídas las del señor Echegaray, que hace tema de su discurso la importancia de esa ciencia para el Ingeniero, no dejarán de pensar muchos que son absolutamente contradictorias y que no hay entre ellas medio alguno de transacción. No es así, sin embargo, y con poco esfuerzo de una y otra parte nos pondríamos de acuerdo; porque la manera de presentar las cosas puede desfigurar el fondo de ellas, y lo que visto de un modo parece irreconciliable, visto de otro es amistoso.

Ya sé yo que no se hallan semisumas de convicciones como de números; pero en pocas cosas de la vida dejan de poder hallarse fórmulas de conciliación. ¡Basta con que de mi parte (y puedo hacerlo sin esfuerzo porque nunca he negado su utilidad) dé alguna mayor extensión á la importancia que para el constructor venía concediendo á la Geología, y con que de la otra parte se reconozca que

los estudios superiores de esa ciencia corresponden mejor que á la nuestra á otra rama de la Ingeniería, y ya tenemos la perseguida fórmula que nos pone en absoluto de acuerdo!

Y véase cómo, lejos de seguir el camino de la censura, he perseguido el de la conformidad.

No podrá menos de llamar la atención, ni podría yo dejar que pasara inadvertida, la última parte del discurso, á no dar aquí por terminado mi trabajo, en la que con indudable brillantez de estilo y de imaginación describe la hipótesis geogénica, sobre la que sin duda ha meditado mucho, y que presenta con la valentía que inspiran los hondos convencimientos.

Séame lícito excusarme, en gracia á la brevedad, de demostrar aquí la importancia tantas veces consignada de las hipótesis científicas. Sin ellas faltaría el orden en los trabajos, y aun la dirección, apareciendo las adquisiciones y descubrimientos científicos como acumulados montones de hechos desligados de toda trabazón é ineptos para facilitar el estudio y estimular á nuevos trabajos. Claro está que las hipótesis serias, en el conjunto de todas esas observaciones sueltas se basan; pero no puede negarse á la imaginación el derecho á establecerlas de un modo más arbitrario. Unas y otras, para tomar carta de naturaleza en la Ciencia, necesitan dar inmediata explicación de cierto número de fenómenos, que no la tuvieran con otras anteriores, y prestarse á deducir consecuencias en armonía con los hechos observados ó ya conocidos; pero nadie negará que puede á todo eso adelantarse una imaginación poderosa, y han de mirarse con respeto esas concepciones hasta por los que son tan partidarios como yo de lo viejo y que no se hallan fácilmente dispuestos á licenciar sus convencimientos.

Y como con lo dicho me parece ya evitado el peligro del

exagerado laconismo, cumplo vuestro encargo de salir al encuentro del nuevo compañero, para recibirlo en vuestro nombre, deseando que sea bien venido quien tiene para mí tantos y tan antiguos títulos, que me obligan á la consideración y al respeto que le guardo.

3 Diciembre 1900.
