# LA CASUALIDAD EN LOS DESCUBRIMIENTOS FISICOS

## (HISTORIAS Y LEYENDAS)

DISCURSO LEIDO POR EL ILMO. SR. D. GONZALO GONZALEZ-SALAZAR Y GALLART EN EL ACTO DE INGRESO COMO ACADEMICO DE NUMERO, EL DIA 15 DE JULIO DE 1952

Excmos. Sres.: Señores Académicos:

Señoras y Señores:

Hace ya treinta y seis años, el día 28 de mayo de 1916, celebraba esta Academia de Ciencias, en este mismo local y a esta misma hora, una Sesión mucho más solemne que la actual por el motivo y por el orador: Era el acto inaugural de la Academia, y ocupaba esta tribuna su primer Presidente, el sabio doctor don Zoel García de Galdeano. Estudiante yo entonces, de la carrera de Ciencias Físicas en esta Facultad, presenciaba desde esos bancos destinados al público aquel prestigioso conjunto de veintiún insignes científicos que ostentaban por primera vez las preciadas medallas de Académicos, del cual formaban parte muchos de los que habían sido, o habían de ser, mis queridos profesores; pero me interesa hacer resaltar que precisamente daba la coincidencia de que entre ellos estuviesen todos los que me habían enseñado Física, tanto en el Colegio, como en el Instituto o en la Universidad: Excuso deciros que, por todo esto, en aquel momento mis impresiones, de admiración hacia la naciente entidad y de insignificancia propia, no podían ser mayores.

Desde entonces he seguido de cerca y siempre como atento espectador, las intensas y magníficas actividades de la Academia, que continuaba, con paso firme y constantemente ascendente, el camino que sus fundadores y continuadores le marcaron; y, entre ellas, casi todas estas sesiones de ingreso de nuevos Académicos, de las que me permitiréis me refiera también a la del día 28 de noviembre de 1920 en la que mi muy querido padre (q. s. g. h.) ocupaba esta tribuna para ingresar en la Academia, traído a ella por la cariñosa amistad de sus ya componentes; y con tal motivo pronunciaba las siguientes palabras: "Jamás sentí el acicate de la vanidad; si lo hubiera sentido, la distinción de que me hacéis objeto llenaría cumplidamente la medida. No he tenido más anhelos que desempeñar, dentro de mi escaso valer, las cátedras que me han estado encomendadas; y consciente de la insignificancia de mi bagaje científico al lado del vuestro, nunca mis sueños forjáronme la ilusión de pertenecer a esta noble Academia".

Pero llega un día en que me encuentro designado para ocupar un puesto de Academico Numerario, correspondiente a una Medalla hasta ahora nunca cubierta, y entonces vuelvo la vista a esos tiempos pasados, a mis recuerdos, y veo que, el desgraciadamente inevitable transcurrir de los años, fué originando bajas en los Académicos Numerarios, la mayoría por muerte (descansen en paz todos ellos), y algunos por ausencia de esta ciudad, pues de aquellos veintiún fundadores, sólo cuatro quedan actualmente, y Dios quiera conservarles con vida muchos años, siendo éstos: como Numerario, el ilustrísimo señor doctor don Pedro Ferrando, y como Correspondientes, los ilustrísimos señores don Manuel Martínez-Risco, don Manuel Lorenzo Pardo y don Jesús María Bellido, que hubieron de pasar a tal categoría por haberles llevado sus actividades científicas a residir en otras poblaciones.

Consecuencia de toda esta revisión de mis impresiones, es reafirmarme en que mis méritos son insuficientes frente a los de quienes aun existen, a los de quienes fueron y a los de quienes les han ido sucediendo. Comprendo que es ese sentimiento tan hermoso, cual es la buena amistad, la que me ha traído hoy a ocupar esta tribuna; y solo puedo deciros con toda sinceridad, con mi seca y gran sinceridad, que acepto vuestra designación, pues una vez propuesto, no hacerlo sería orgullo; pero que una enorme emoción llena completamente mi ánimo, y que si a esto se une mi falta de elocuencia, prefiero deis también como dichas por mí aquellas citadas palabras de mi padre, que, al fin y al cabo, son una lección suya más que he procurado asimilarme, y las repito aquí como mi homenaje público a quien me dió el ser; y a ellas sólo añadiré que os ofrezco la más firme colaboración en favor de los nobles y patrióticos ideales que siempre ha tenido y debe tener esta Academia, y, al mismo tiempo, la gratitud por este inmerecido honor que me habéis concedido; gratitud que hago extensiva a quienes han venido a escucharme traídos por el afecto personal o por comunidad de interés hacia el tema que voy a desarrollar.

Aceptada esta honrosa designación, tuve que pensar en este discurso reglamentario; nuevamente surgieron aquí mis comparaciones con los anteriormente pronunciados, y, por fin, hube de aplicarme, aunque el motivo sea totalmente antagónico, aquella sencilla frase de PASTEUR cuando al decirle un amigo: "¡Valor se necesita para realizar experiencias con el aire de una sala de coléricos!", se limitó a contestar: "¿Y el deber?"

## IMPORTANCIA Y NECESIDAD DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Para cumplir yo ahora el mío, quise elegir un tema que no hubiese sido tratado en tan magníficos discursos o documentadas conferencias de los que en esta Academia se han pronunciado; y pronto hube de ver que la Historia de la Ciencia solo había sido desarrollada en determinadas materias como base para llegar a la exposición de sus últimos y actuales cono-

cimientos; pero que en esta ocasión podía iniciarse una perspectiva más amplia y general de la historia en estas ramas del humano saber.

Hay que tener en cuenta que, en general, la historia de las Ciencias experimentales ha estado siempre algo abandonada, y que solo la historia literaria y, sobre todo, la política han tenido en todo tiempo pleno desarrollo.

Pero si la Historia política del mundo es interesante y hasta necesario conocerla por los cambios esenciales que en la forma de vivir en los pueblos han originado las guerras, las revoluciones, los descubrimientos de nuevos territorios con los aprovechamientos de las riquezas que allí se encontraban, etc., no puede olvidarse que también en la Ciencia ha habido descubrimientos científicos plenamente revolucionarios, incluso mucho más innovadores que los cambios políticos, hasta el punto de ser estos últimos, en numerosísimas ocasiones, una consecuencia de aquéllos. Así, por ejemplo, la primera rueda, el primer disparo de cañón, la primera máquina de vapor, el primer telar, la primera bomba atómica, etc., ¿no han traído aparejados un cambio en la concepción de los modos de vivir o de agruparse la sociedad?

Esta consideración es la que ha hecho decir a E. L. YOUMANS que "los grandes descubrimientos no pertenecen tanto a los individuos como a la Humanidad; son, más que inspiración del genio, origen de eras": Y, por ello, será también esencial conocer la génesis y desarrollo de los descubrimientos científicos, o sea su historia.

Quizá se justifique este aparente abandono hacia la historia de los grandes inventos, porque, como dice MILLÁS VALLICROSA en su magnífico y reciente libro "Estudios sobre Historia de la Ciencia Española", "hasta los presentes días de especializada madurez de investigación, no se ha podido constituir la nueva disciplina llamada Historia de la Ciencia. Antes, la visión era parcial, tanto por defecto de perspectiva histórica como por influencias venidas de los campos de la religión, de la política o de la filosofía, todo lo cual perturbaba el recto enjuiciamiento de los hechos. Era necesario, además, hermanar con el bagaje histórico adecuado, el dominio de la disciplina científica correspondiente."

Aunque hasta época relativamente reciente no se haya desarrollado la historia de la Ciencia, no por eso dejaba de haber anteriormente quienes de ella se ocupasen. Así, por ejemplo, el magnífico investigador JUAN CRISTIAN POGGENDORF fué, además, y ante todo, un formidable historiador de la Física, si bien nunca llegó a publicar sus trabajos sobre este tema, no solo por ser seguidor convencido del precepto de Horacio de borrar una y mil veces antes de dar por conclusa una obra, sino porque siempre le parecía que aún le faltaban datos; a su muerte, los discípulos editaron ésta su mejor obra, en la que bien claro expresa su idea sobre la necesidad de la historia, cuando dice "quien pretenda conocer una Ciencia no debe contentarse con el fruto, sino que debe conocer cuáles han sido sus raíces".

Habiendo conceptuado Cicerón a la Historia como "testigo de las edades, luz de la verdad, vida de la memoria y maestra de la vida", según frase acertadísima, y no simplemente como expresión trivial, es lógico que

a la Historia de las Ciencias debe reconocérsele también un extraordinario e innegable poder instructivo. Por ejemplo, solo con conocer las fechas de los descubrimientos podrían darse cuenta las generaciones recientes de que, como afirma F. SHERWOOD TAYLOR, "las costumbres de 1940 difieren más de las de 1898 (cuarenta y dos años de intervalo) que lo que diferían los hábitos del 1800 de los del 1650 (ciento cincuenta años), pues únicamente después de la invención de fuentes de energía que no fueran el hombre, las bestias y el aire, pudo desenvolverse una civilización industrial"; es decir, que un rapidísimo y tremendo cambio operado en nuestras condiciones de vida, queda enmascarado precisamente por esa precipitada mutación, resultando plenamente sorprendente, en muchas ocasiones, encontrar que algunos hechos, fenómenos o leyes que nos parecen muy antiguos, son francamente recientes.

Permite, además, a todos los científicos conocer a fondo aquellas figuras ingentes, que cuanto más se conocen más se admiran; y como la Historia es cada día más minuciosa, más exigente en cuanto a rasgos interesantes, circunstancias, errores, críticas, adversarios, etc., constantemente se van poniendo de manifiesto nuevos detalles de sus vidas que permiten nos formemos perfecta idea de sus virtudes y defectos; las unas para imitarlas, y los otros, para evitarlos, cumpliendo así la sentencia de Confucio: "Cuando veas a un hombre bueno, trata de imitarlo; cuando veas a uno malo, examínate a ti mismo". Aunque en cierta época se tendía a exaltar las virtudes y disimular los defectos, hoy en día los historiadores siguen el criterio de poner ambos de manifiesto, pues, como dice D. B. HAMMOND, "es un falso tributo a un grande hombre disimular o negar sus debilidades; su grandeza estriba, no en haber nacido superhombre, sino en haber vivido, con más continuidad que la mayoría, a su más alto nivel". Y este criterio no hace en realidad más que continuar el de PLUTARCO, aquel buen historiador del siglo I, quien escribió su célebre obra "Vidas paralelas", relatándolas con minuciosidad, pues, como él mismo decía: "No es en las acciones más ruidosas en donde se manifiesta la virtud o el vicio, sino en un hecho de momento, un dicho agudo, o una niñería".

Una cierta erudición histórica, al menos en las materias correspondientes, la creemos necesaria para la debida formación intelectual y profesional de todo científico. Apoya esta tesis el criterio de aquel buen profesor de la Universidad de Zaragoza, de tan grato recuerdo por todas sus actividades en relación con la enseñanza, y que se llamó DOMINGO MIRAL, al lamentarse sinceramente en sus "Bases para una pedagogía aragonesa", publicada en 1917, de que "es deficientísima en los científicos la cultura literaria e histórica". Y también nuestro insigne polígrafo MARCELINO MENÉNDEZ Y PELAYO, en aquella enjundiosa obra "La Ciencia Española", ya pedía reiteradamente en 1876 el establecimiento en las respectivas carreras de sendas asignaturas de historia como imprescindibles para llegar al necesario y profundo conocimiento de sus disciplinas; y quizá nunca se hayan llegado a poner aquéllas en los planes de estudio por no recargar éstos excesivamente, dejando para dar en cada una de las ya existentes

su parte histórica correspondiente, aunque por falta material de tiempo muy poco pueda hacerse en este sentido.

Nosotros nos incluímos entre quienes creen no haber mejores lecciones de cómo deben ser y obrar los dedicados a las Ciencias y a la investigación, que estudiando y meditando sobre los ejemplos dados por aquellos sabios de indudable y universal renombre. MAURICIO BARRÉS decía: "Es necesario hacer ver a nuestros jóvenes la investigación científica personificada por un hombre. La mejor manera de reclutar santos, artistas, soldados o sabios, es hacerles ver santos, artistas, soldados o sabios. Honrad a los sabios mostrándoles tal como son o han sido". Y aquel inolvidable maestro y Presidente que fué de esta Academia, doctor don ANTONIO DE GREGORIO ROCASOLANO, en su discurso de apertura del año Académico de 1923 a 1924 en la Universidad de esta ciudad, afirmaba también "ser preciso presentar los hombres célebres, y sus actos, a las generaciones que llegan, para fortalecer los espíritus y para que se tome ejemplo de aquellos de los nuestros que se esforzaron por contribuir al bienestar y progreso de su país, enalteciendo a la Patria". Haciendo constar nos limitamos solamente a citar estas dos documentadas opiniones, por no alargar extraordinariamente esta parte con las muchísimas más, todas valiosas, que defienden tal opinión.

Hace no muchos años se inició cierta afición por este tipo de estudios histórico-científicos, que cada vez han ido tomando más desarrollo e incremento; W. C. DAMPIER lo pone bien de manifiesto cuando dice: "En el período 1930-40, la historia de la Ciencia ha llegado a ser tema aceptado de estudio; el interés por este tema cada vez va tomando más impulso, no solo entre los científicos, sino en un mucho más amplio círculo de lectores; y una investigación sistemática ha arrojado mucha luz sobre el pasado de la Ciencia". Magníficas y evidentes pruebas de tal afición y de su desarrollo son, además de la extensa y relativamente reciente serie de atrayentes y documentadísimos libros y artículos con tal orientación, las citas históricas cada vez más frecuentes en las nuevas obras o sus nuevas ediciones, e incluso esas interesantísimas películas, no hace mucho proyectadas en nuestros salones, con las vidas de MARÍA CURIE, EDISSON, etcétera, y que indudablemente se hicieron no ya como pequeños documentales, sino con miras al gran público, el cual respondió perfectamente aceptándolas con pleno interés y comentándolas con elogio; señal evidente de que tanto literaria, como cinematográficamente, hay vidas científicas o historias de descubrimientos tan cautivadoras y amenas, o más, que las novelas más interesantes, y, desde luego, infinitamente mucho más instructivas, pues incluso cumplen con el fundamental aforismo de la enseñanza de "instruir deleitando"; y piénsese que las vidas anteriormente citadas no son las únicas, ni muchísimo menos, que por su amenidad y ejemplaridad merezcan tal difusión y honor, pues los nombres de RUMFORD, FARADAY, KEPLER, DESCARTES, FRANKLIN, D'ALEMBERT, EULER, RÖENTGEN, HERSCHEL, DAVY, etc., se agolpan inmediatamente en nuestra mente: y que descubrimientos como "aerostación, aviación, máquina de vapor, motor de explosión, etc.", acuden en seguida a nuestra imaginación; unas

y otros son dignos de parangonarse con los de CURIE, EDISSON, etc., y con sus descubrimientos.

Pero la Historia de la Ciencia no sólo cumple con las fundamentales misiones ya citadas, sino que, además, es totalmente necesaria para el esclarecimiento de los hechos y la reivindicación de los descubrimientos correspondientes a cada investigador y a cada nación, por su gran influencia en el prestigio de unos y otras. Esta era la razón principal que aducía MENÉNDEZ Y PELAYO en 1876, para pedir su inmediata incorporación en las carreras. pues es indudable que España, mejor dicho, los españoles, se han dejado arrebatar la gloria de muchos inventos, dados, como él decía, "la ignorancia y el olvido en que estamos de nuestro pasado intelectual; las insensatas declamaciones que se enderezan a apartarnos de su estudio como de cosa baladí y de poco momento; y la facilidad que existe para apropiarnos la erudición forastera, granjeando así fama de sabios a poca costa, y las dificultades con que tropezamos para conocer, siquiera por encima, la nuestra".

Esta opinión está condensada en la frase del pintor RIBERA, según la cual "España (y cada una de sus regiones, añadiríamos nosotros) es madre piadosa para forasteros, y cruelísima madrastra de los propios naturales". Y viene perfectamente retratada en "una chistosa, aunque amarga y profunda caricatura aparecida en un periódico extranjero", relatada en la citada obra de MENÉNDEZ PELAYO del siguiente modo:

"Representaba esta caricatura tres cucañas de esas que, con un premio en lo alto, levantan en forma de palo, untado de sebo, en las plazas de nuestros lugares en los días de fiesta y regocijo. Por la primera trepaba un robusto mozo en presencia de un numeroso público que le animaba con sus voces y ademanes para que llegase a desatar el premio, y un rótulo decía debajo en caracteres rojos: "Cucaña francesa". Por la segunda ascendía otro individuo, y la gente lo veía subir silenciosamente, aunque atenta, y otro rótulo de letras blancas decía al lado: "Cucaña inglesa". Por la última se esforzaba en subir un tercero, y la gente que allí había, en vez de ayudarle en su ascensión o de verle subir tranquilamente, procuraba desanimarle con gritos y silbidos, y hasta había algunos que se colgaban de sus pies para echarle abajo. Esta tercera y última cucaña ostentaba en caracteres negros este lema: "Cucaña española".

"Y así es, en efecto. Apenas despunta en nuestra patria una notabilidad en cualquier arte o ciencia, y se apresta a trepar con brío por las ásperas cumbres de la gloria, cuando le sale al encuentro la ruin envidia para hacer estériles sus esfuerzos, introduciendo en su ánimo el desaliento y la confusión. Y, luego, los mismos que esto hacen se quejan de nuestra falta de sabios y de artistas".

Si a esto se une el que "diez censuran mal, por uno que no escribe bien", como decía un gran poeta, es fácil comprender el daño causado por la falta de historiadores científicos españoles tendentes a poner bien de relieve aquellos originales inventos o adelantos de los hispanos genios habidos; y que se debiese llegar a reñir en su defensa, si fuese necesario,

batallas, desde luego incruentas, pero acometidas y sostenidas con plenas firmeza, perseverancia y eficacia. Ejemplo típico de tales batallas es aquella que sostuvieron Inglaterra, Francia, Dinamarca y Alemania en apoyo respectivamente de JOULE y RUMFORD, SEGUIN, GOLDING y MAYER, como fundadores del primer principio fundamental de Termodinámica, que finalmente había de resolverse con la victoria y la gloria del tesonero y desgraciado MAYER.

Que estas batallas son los únicos remedios posibles a las omisiones u ocultaciones sufridas por la Ciencia española, nos lo indica bien claro MICHELE GIUA, en su libro "Storia delle Scienze ed Epistemologia", cuando dice: "Muy escasa importancia tiene la acusación que se puede hacer a un historiador de la Ciencia, de sobrevalorar la obra de los connacionales, porque este inconveniente se repara siempre *promoviendo las pesquisas o indagaciones históricas,* y después, poniendo a disposición de los estudiosos los materiales elaborados para corregir los juicios errados. Es evidente, que con la difusión de los estudios históricos en cualquier nación que más contribuyen al progreso de la Ciencia, se hace siempre más difícil escribir historia con carácter nacionalista. *El único modo eficaz para corregir el error es dedicarse a los estudios que reclamen, sobre tal trabajo, la atención de los demás.* Las lagunas encontradas por los extranjeros, en algunas historias, se deben muchas más veces a la dificultad de las informaciones que a la mala intención de los autores". En esta última afirmación es en la que no estamos muy de acuerdo con el autor citado.

Gracias a Dios, nuestra querida España está incluída en ese resurgir y crecer de los estudios histórico-científicos, y muchos de éstos se consagran a la reivindicación de la Ciencia patria, apoyados, como no podía menos de suceder para tan esencial orientación, por esa magnífica Institución de la España Nacional cual es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que tan eficaz e intensamente favorece el desarrollo de la Ciencia.

Hemos querido poner de manifiesto la necesidad e importancia de la Historia de la Ciencia, utilizando opiniones que, precisamente por no ser nuestras, fuesen más generales y menos dudosas. Nosotros, no sólo nos unimos plenamente a ellas, sino que, además, las propias impresiones, tanto de los años en que fuimos estudiantes, como los que llevamos de profesor, nos han ido confirmando cada vez más en la amenidad, interés y eficacia que generalmente presenta un trabajo histórico, y aun hasta una simple referencia.

## EL TEMA DE ESTE DISCURSO

Con todo lo dicho creemos justificada la importancia que, cada día más, se concede a la Historia de la Ciencia. Muchas son las facetas que ésta puede presentar al historiador, pues, además de las anteriormente citadas, existen, entre otras: la precocidad o desaplicación iniciales de los grandes científicos; las dificultades económicas con que lucharon o, por

el contrario, su generosidad hasta llevarlos a la ruina por sacrificar todo a la Ciencia; los perseguidos por sus inventos o teorías; los inventores humildes, sin carrera alguna, o sea los que hoy llamaríamos artesanos-inventores; los que nos dan ejemplos de voluntad, valor, constancia, etcétera, en sus trabajos; los que han tenido una vida ejemplar o, contrariamente, la tuvieron despreciable, salvando, claro está, el aspecto científico; y otros muchos tipos de grupos que pueden formarse con los sabios, según su vida y cualidades, que, por sólo esos enunciados, nos parece pueden resultar muy curiosos y sumamente aleccionadores y cuyos grupos, según los datos que vamos coleccionando, resultan siempre numerosos, aun a pesar de no fijarnos más que en los Físicos.

De todos los aspectos o puntos de vista según los cuales puede enfocarse la historia científica, hemos elegido para tema de este discurso el de "La casualidad en los descubrimientos físicos (historias y leyendas)", y en el cual, una vez hechas unas consideraciones sobre tales historias y leyendas, y dado el concepto de *casualidad* aplicable a este caso, nos referiremos solamente a su intervención en los descubrimientos de la Mecánica Física, pues siendo muy numerosas las historias y las leyendas en las que aquélla aparece, debemos buscar alguna limitación para no hacer extraordinariamente extenso este discurso; aunque, Dios mediante, es nuestra intención completar más adelante esta relación con las referentes a las demás partes de la Física.

## CONSIDERACIONES SOBRE LAS HISTORIAS Y LEYENDAS CIENTIFICAS

En primer lugar, hemos de hacer notar que decimos "historias y leyendas", ya que en realidad unas y otras se presentan, entendiendo, de acuerdo con la Real Academia de la Lengua, por historias la narración verídica de los sucesos pasados dignos de memoria, y por leyendas, la narración conservada tradicionalmente y exornada de fábulas o de circunstancias poco verídicas. Por regla general, las leyendas sobre hechos científicos suelen tener alguna base real, aunque en definitiva luego resulten éstas variadas por las exageraciones o modificaciones introducidas; y casi siempre corresponden a los antiguos descubrimientos, mientras que las historias pertenecen a los más recientes; y aun podría decirse que entre las épocas de unas y otras existe un gran lapso de tiempo correspondiente a todo aquel durante el cual los científicos casi abandonaron la experimentación como cuestión fundamental, dedicándose, en cambio, casi exclusivamente, a la discusión enconada de teorías.

Por otra parte, ha de pensarse que muchos inventos pertenecen a los albores de nuestra civilización, pues, por ejemplo, la manera de producir voluntariamente el fuego y la forma de sostenerlo y emplearlo, las armas, las embarcaciones, la rueda, etc., pueden ser considerados como los primi-

tivos y básicos de la Ciencia; tras éstos se han ido sucediendo los demás. Todos ellos, desde los más primitivos, como cualquier otro hecho de la vida del mundo, tendrán su historia correspondiente; pero a causa del relativamente reciente desarrollo de la historia de la Ciencia, puede afirmarse que sólo de aquellas de sus partes que han progresado últimamente se conocen los detalles correspondientes a cada invento, siendo dificilísimo llegar a conocer los de los antiguos, por haber muy pocos escritos adecuados de aquellas épocas, existiendo únicamente notas, cartas, etc. Habrá de hacerse mención extraordinaria a este respecto de los méritos del Padre Mínimo MARINO MERSENNE que, por su frecuentísima correspondencia epistolar durante la primera mitad del siglo XVII con todos los investigadores, de quienes recibía noticias de nuevos hechos y experiencias, que él retransmitía a los demás, sirvió de enlace entre tal pléyade, reemplazando así a las aún inexistentes revistas, y propagando ideas y descubrimientos: tal fué la forma de difusión de las genialidades de GALILEO.

Pero, aun de la época del Padre MERSENNE, faltan detalles y hasta conocimiento total de muchos descubrimientos, pues por entonces (siglos XVI y XVII) era muy frecuente que los investigadores guardaran o comunicaran sus hallazgos en forma de acrósticos. De esta forma, versos que sólo parecían, por ejemplo, sonetos amorosos, escondían la descripción de una nueva máquina o la resolución de un problema; y únicamente podían descifrarlos los escasísimos amigos o discípulos que estuviesen en posesión de la solución de tales acrósticos.

Esa carencia u ocultación de noticias es la causa de que falte la historia de muchísimos descubrimientos, y, en cuanto a las de otros, debe concedérseles tan relativa veracidad, que no pueden tenerse muy en cuenta, e incluso hay que desecharlos totalmente. No se crea que esta incertidumbre corresponde a sólo tiempos muy antiguos, por ejemplo, a los de PLINIO el viejo, científico marino romano, y uno de los primeros historiadores de la ciencia, por coleccionar, en el primer siglo de nuestra era, las tradiciones griegas y latinas, en mezcla fantástica de verdades y disparates. En tiempos relativamente recientes siguió sucediendo esto mismo, como fácil y claramente se hace patente con sólo recordar que la cesación en las actividades de la primera Academia científica europea, llamada "Academia de los secretos", fundada en el año 1560 por el napolitano JUAN SEBASTIÁN BAUTISTA DELLA PORTA, se debió a haber puesto de manifiesto la Santa Sede que sus actividades eran sobre "artes ilícitas". Podemos formarnos idea de cuáles serian éstas, si recordamos que su fundador, aparte de realizar ciertas experiencias aprovechables, entre ellas el invento casual de la cámara obscura, es citado también como autor de una "Magia Naturalis", que en un intervalo de 36 años tuvo muchísimas ediciones, cada vez más aumentadas, llegando a tener hasta 20 tomos; y que esta obra, extraordinariamente leída y divulgada en muchos idiomas durante el siglo XVI, contenía, junto a ciertas cosas verídicas y aprovechables, algunos "conocimientos milagrosos" y "secretos maravillosos", tales como la "lámpara que al iluminar a una persona la asemeja al caballo", o "el imán

que atestigua la virginidad de una mujer". El ambiente de misterio que rodeaba a tales reuniones científicas y daba origen a la credulidad de tan absurdas patrañas, siguió conservándose mucho tiempo, pues un siglo después, o sea en 1654, unos caballeros ingleses, más amantes de la Ciencia que de las guerras civiles, constituían el Colegio Filosófico, que luego había de ser la Sociedad Real de Londres, con intención de fomentar las experiencias costosas que ellos sufragaban de su peculio. Y aun aquí continuaba aquella mezcla de verdades y supercherías, ya que no en balde uno de los principales fundadores y sabios de tal Sociedad, cual era el magno experimentador ROBERTO BOYLE, presentaba la particularidad de creer en brujas y malos espíritus.

Si aquellos verdaderos sabios, con la mejor cultura científica, tenían tales creencias, puede concebirse los curiosos y hasta divertidos sucesos engendrados entre el vulgo por esos fenómenos físicos que entonces empezaban a observarse. Así, por ejemplo, el siguiente, con intervención decisiva de la casualidad en su comienzo y final, ocurrido a la muerte del naturalista SCHEINER, muy célebre en su época; llevaba éste consigo, durante un viaje emprendido por el Tirol, aquella primitiva combinación de lentes que formaban una especie de microscopio, y utilizada, dado su pequeño campo, por los naturalistas para ver, o enseñar, muy pequeños objetos. Dios quiso que la muerte interrumpiese dicho viaje, y cuando por esto se hacía el inventario de los objetos de su equipaje, un curioso lanzó por casualidad su mirada sobre aquel pequeño cristal, sumamente maravilloso al hacerle ver un monstruo muy grande y terrible, por lo que, aterrado, lo arrojó lejos de sí. Como otros varios comprobasen aquella visión, en seguida apareció la idea, difundida rápidamente, de que aquel mago, hechicero o brujo, recientemente fallecido, trasladaba un diablo encerrado en dicho cristal. Consecuencia inmediata fué una gran discusión entre el clero y los aldeanos, por oponerse éstos a que se le diese religiosa sepultura; pero pudo restablecerse la calma y realizarse el debido entierro, cuando la casualidad intervino nuevamente al hacer que uno de los accidentales observadores, plenamente amedrentado por aquella dantesca imagen, tirase nuevamente contra el suelo ese endemoniado cristal, abriéndose éste entonces y pudiéndose reconocer que aquello, tan terrorífico, era simplemente una pulga.

Con el ambiente que relatamos, es evidente que todas las historias o leyendas referentes a hechos físicos, ha habido, no sólo que limpiarlas de exageraciones y supercherías, sino tratar de comprobarlas, para que en la historia, en definitiva, sólo figuren aquellas que realmente tengan visos de certeza: Por esto, las leyendas han sido sumamente discutidas, y aun ha habido quienes, esencialmente contrarios a su creencia y, por ende, a su divulgación, se han opuesto totalmente a ellas; puede que éstos sean quienes verdaderamente estén en lo cierto en muchos casos; pero también es indudable que si de este modo intentan restablecer la exactitud de los hechos acaecidos, causan en parte cierto perjuicio a la Ciencia al quitarle una gran cantidad de poesía a estas materias que, por su frecuente aridez,

tan favorecidas resultan con sus correspondientes fábulas, dadas la amenidad e interés que les prestan, sin por esto alterarse su contenido y aplicaciones: Pensemos, por ejemplo, lo atrayente que resulta leer varios libros de los muchos e interesantes que se han escrito sobre el desarrollo de la aerostación y la aviación, con todas sus tradiciones y anécdotas.

## CONCEPTO DE LA CASUALIDAD

*"Nos avergonzamos de reconocer todo lo que debemos a la casualidad. De todos los bienhechores, es el que cuenta con más ingratos".*

(J. A. DE STASSART)

Aclaremos ahora nuestro concepto sobre la influencia de la casualidad en los descubrimientos científicos. Mucho han escrito los filósofos acerca de la existencia o no de la casualidad, incluso sobre su consideración como causa o efecto. Para nosotros, ha de aparecer únicamente en su acepción de causa de los descubrimientos, y, desde luego, tan lejos nos encontramos de aquellos que la negaron totalmente, como de los otros que la elevaron al límite de regir cuanto se verificaba en el mundo. Para los no casualistas creyentes, quizá su esencial razón esté perfectamente expresada por el soneto 13 de SOLÍS, en el que dice:

"No hay acasos en Dios: Su omnipotencia,
incapaz de impresiones y accidentes,
desde su eternidad tuvo presentes
los espacios de nuestra contingencia".

Es cierto que elevándonos hasta la Causa Suprema, no puede haber casualidades, pues como dice ANATOLE FRANCE, "el azar es quizá el seudónimo de Dios, cuando El no quiere poner su firma". Pero creemos que si sólo nos fijamos en la forma de haberse realizado los hechos o los descubrimientos, es imposible negar la presencia, en muchos casos, de la casualidad, entendiendo por tal, como definen los diccionarios de la lengua española, "la combinación de circunstancias imprevistas y fortuitas que no se pueden preveer, ni evitar, y cuyas causas se ignoran", o "hecho o acontecimiento ocasionado por una tal combinación de circunstancias". Pero entendiéndose al calificarlas de imprevistas y fortuitas, que lo son para el hombre, pero no para Dios.

Atendiendo a esta definición, es indudable que no podrán achacarse a la casualidad muchos descubrimientos buscados intencionada y deliberadamente, como, por ejemplo, el caso de un arqueólogo o prehistoriador que, tras previos conocimientos y conjeturas, investiga el emplazamiento de un antiguo monumento o poblado en una cierta región; el buscador de oro o piedras preciosas en parajes previamente localizados como conteniendo tales elementos; el botánico que planta una semilla en lugares o condicio-

nes determinadas, para hallar su influencia; etc, Pero, por el contrario, habrá que aceptar la intervención de la casualidad cuando un trabajador que se halle cavando con fines agrícolas o constructivos encuentre restos de construcciones antiguas; en el caso de una persona, por ejemplo, de un indio o un negro, que al caminar ve y recoge un objeto que le parece raro o bonito, sin tener siquiera idea alguna de su valor, resultando luego una pepita de oro o un diamante; o cuando una imperceptible semilla es llevada por el viento o cualquier otro agente accidental a un lugar cuyo suelo y clima le sean apropiados, desarrollándose y propagándose entonces allí, dando origen a una nueva especie en aquel lugar y quizá a un nuevo aprovechamiento o industria hasta entonces desconocidos.

Sin embargo, la casualidad o el azar en los descubrimientos científicos no puede tomarse en su acepción más simplista, o sea en el sentido aplicado por un jugador, sino que debe aplicarse según la definición dada por DARWIN cuando dice "es una palabra que sirve solamente para indicar nuestra ignorancia de la verdadera causa de un fenómeno". Así, diremos que ha intervenido aquélla, cuando por desconocer plenamente las fuerzas naturales o las múltiples circunstancias que pueden afectarlas y hasta variarlas, los resultados obtenidos no corresponden a los previstos o buscados, incluso pudiendo aparecer como totalmente contrarios. Y también admitiremos la intervención de la casualidad, cuando la observación accidental de un hecho natural, origine una idea o razonamiento que lleve al descubrimiento de las susodichas fuerzas naturales o alguna de sus aplicaciones o consecuencias.

## IMPORTANCIA Y CONDICIONES DE LOS DESCUBRIMIENTOS CASUALES

Es cierto que, en muchas ocasiones, la humanidad actual parece creerse ser todo debido a su propia inteligencia, a su afán investigador y a los perfeccionamientos en los métodos e instrumentos; y que en todos los tiempos no han faltado quienes han querido restarles méritos a los descubrimientos casuales; así, por ejemplo, ARISTÓTELES decía que "el entendimiento y la casualidad están en razón inversa en los acontecimientos"; y BRISSON, que "en los descubrimientos casuales el autor sólo tiene el mérito de la dicha y no el de la sagacidad".

Pero nosotros estamos plenamente identificados con quienes sostienen la opinión de que la intervención de la casualidad ha sido esencial, no mermando, ni muchísimo menos, el mérito de los descubrimientos a que da lugar, sin querer por ello restar importancia, ni mérito alguno, a los descubrimientos buscados por intuición o previsión a consecuencia de la teoría. En efecto, para verificarse un descubrimiento científico casual no es suficiente la casualidad, sino que además es imprescindible sea recogida aquella observación por una persona suficientemente preparada para que sepa sacarle partido. Así en los ejemplos anteriormente citados, pensemos cuántos hallazgos arqueológicos (tumbas, construcciones, mosaicos romanos, etcé-

tera) se han malogrado o echado a perder por haber caído bajo manos no entendidas; cuántos fósiles, piedras preciosas, etc., habrán pasado desapercibidas ante ojos indoctos, y cuántas plantas útiles han sido extinguidas, apenas nacidas, al ser tomadas por perjudiciales para el cultivo deseado.

En la Ciencia, el suelo y clima necesarios para el caso de la semilla antes citado, han de estar sustituídos por una fértil inteligencia, y un propicio ambiente de observación, estudio y trabajo, para que aquella idea o hecho que permanecían ocultos puedan tomarse en consideración y quizá hasta llegar a revolucionar nuestros conocimientos. Tales condiciones quedan sugeridas por PASTEUR, favorecido por la casualidad en el descubrimiento de su vacuna, cuando afirma que "en los campos de la observación, el azar favorece sólo a la inteligencia apercibida". PAPP, al referirse al trascendental y casual hallazgo de los rayos X por RÖENTGEN, que LENARD estuvo en condiciones de hacer, pero no tuvo la genial idea necesaria, dice que "los descubrimientos casuales sólo se presentan a quienes saben buscar, y escapan a los demás". Y también tiene así plena aplicación a estos casos la frase de cierto pensador según la cual "la vida es una misteriosa trama de azar, destino y carácter". Queda, además, plenamente confirmado el anterior aserto al repasar los nombres de los descubridores casuales, por cuanto todos ellos pertenecen a grandes genios o a ejemplares investigadores, salvo, claro está, algunos pocos que constituyen la excepción confirmando la regla. Puede, pues, decirse que la casualidad es como un premio otorgado por Dios a quienes se lo merecen por su inteligencia cultivada, voluntad decidida para trabajar y tesón necesario para continuar haciéndolo hasta conseguir un resultado satisfactorio. Todo esto aparece claramente puesto de manifiesto en muchas de las historias que habremos de citar, como por ejemplo en los casos de KEPLER, LORD RAYLEIGH y otros.

Por lo tanto, dadas estas condiciones que necesariamente deben reunirse, bien podemos asegurar que en la vida hay infinitamente menos casualidades de las que creemos; o que la casualidad no obra tan amplia y decisivamente como generalmente se cree. No obstante, en muchos casos, su intervención, definitiva o importantísima, es innegable. Como opiniones ajenas que lo atestiguan podemos citar la de PAUL F. SCHURMANN en su magistral "Historia de la Física" cuando dice: "La conquista práctica, evidente, sensacional, no es sino una consecuencia casual (ni prevista ni buscada en muchos casos) de la obra científica pura, de esa obra ignorada por las masas, pero que lleva sobre el invento la superioridad de la longevidad, si no de la inmortalidad. Un automóvil de 1900, un receptor radiotelefónico de hace diez años, maravillas de ayer, causan hoy una sonrisa despectiva; y las teorías de ARQUÍMEDES, de NEWTON, etc., sólidos eslabones de la cadena de la evolución científica, son siempre causa de admiración y respeto".

Y también la de BRISSON, según el cual "tan lentos y trabajosos son los pasos del espíritu humano, que se ve precisado a hacer esfuerzos increíbles para salir de las sendas ordinarias y llegar a otras desconocidas,

debiéndose casi siempre a la casualidad el salir de las primeras para encontrar las segundas".

En muchas ocasiones puede verse que las ideas casuales, o la propia casualidad que las ha originado, son tan sencillas, tan simples, que al cabo de dos o tres generaciones parece mentira que aquellas cosas pudieran haber pasado inadvertidas tanto tiempo y ante tantos buenos pensadores u observadores; y es muy corriente el caso de que al concurrir tal circunstancia se trate de las ideas más fecundas, las más importantes, las que más contribuyen a grandes variaciones en conceptos o en condiciones de la vida. Un ejemplo bien claro de estos asertos se nos presenta en el tan conocido y reciente descubrimiento de la penicilina. Raro habrá sido el bacteriólogo al que, "casualmente", no le haya fallado alguna siembra; y, por tanto, ¿cuántos tubos de cultivos no se habrán tirado en los laboratorios por no desarrollarse las bacterias sembradas sin desentrañar el origen de ese fallo? Fué necesario el espíritu investigador, la inspiración y el genio científico de FLEMMING para que, al querer averiguar la causa de aquella "casualidad" que hacía se desarrollasen estos microorganismos en unos tubos sí y otros no, llegase a encontrar la penicilina, comenzando así, entonces, la era de los antibióticos.

Para justificar ese pasar inadvertidos hechos o fenómenos durante mucho tiempo, aun a pesar de estar presentándose muy frecuentemente a los ojos de los observadores, debe tenerse presente que "el investigador, cuando está haciendo un experimento, ve muchas veces lo que desea ver, en lugar de lo que realmente existe", como muy bien decía LUIS ALOISIO GALVANI, a quien patrocinó la casualidad cuando descubrió el fenómeno que había de servir de base a VOLTA para obtener corriente eléctrica mediante la primera pila habida, gracias a cuyo trascendental acontecimiento estamos en la era de la electricidad. No menos importante, a ese respecto, es la frase de E. POINCARÉ de que "los hechos son estériles mientras no hay entendimientos capaces de elegir entre ellos, de discernir los que esconden algo, y de reconocer lo escondido; entendimientos que bajo el hecho desnudo vean el alma del hecho". Y JOSÉ M.ª ALBAREDA, en su recientísima obra "Consideraciones sobre la investigación científica" expresa también magistralmente ese concepto al decir: "Hay, pues, dos factores comunes, apreciables y valiosos en el cauce de la investigación. De una parte la agudeza de la observación que ve donde el atolondrado nada ve; el investigador no percibe los hechos o caracteres en un mismo plano formando confuso mosaico; los ve en relieve. De otra parte, este resalte o relieve de apreciación, esta jerarquización de lo observado, llega a ser plasmada por el investigador en una suerte de sistemas orográficos, con cumbres trascendentales y llanadas de maciza monotonía. En esta investigación hay pues densa labor de inteligencia, tarea mental, obra doctrinal o filosófica". "La calidad de la investigación, su fecundidad en zonas puras o aplicadas, depende de la riqueza de la edificación científica que posee el investigador, y del vigor de su pensamiento".

Cuando estos casos suceden no debe pensarse en que quien ha interve-

nido no acrecienta mucho sus méritos dada aquella sencillez, sino muy al contrario, pues si a pesar de ésta han pasado muchos sin descubrirla pudiendo haberlo hecho, es indudable que fué porque Dios, en sus inescrutables designios, le eligió para que su nombre se conservase, quizá marcando el principio de una era científica. No parece sino que, como decía un filósofo, "la Naturaleza nos quiere humillar por una parte, al paso que por otra nos da motivo para engreírnos".

Admitida la casualidad bajo estos concepto y condiciones, creemos que muchos de quienes niegan su intervención no tendrían inconveniente en admitirla. Nos basamos para esta conjetura en que, en definitiva, así puede deducirse de sus escritos, pues, por ejemplo, el profesor BERNARDO A. HOUSSAY dice en uno de sus discursos: "Debo desvanecer la curiosa opinión de muchos de mis compañeros de que puedan hacerse descubrimientos casuales, por intuición o suerte. No se llega a hacer ninguna obra científica seria, ni descubrir nada, si no se trabaja intensa y prolongadamente. La suerte ayuda a los que la merecen por su preparación y laboriosidad. Las obras geniales son frecuentemente el resultado de una larga paciencia. Hay una errónea superstición sobre los prodigios de una inteligencia natural; pero la verdad es que ésta no produce frutos sin un trabajo intenso. Cuando oigo hablar de esos inteligentes que no trabajan, pienso que si no lo hacen es porque no son bastante inteligentes".

Esta imprescindible unión de trabajo e inteligencia la comenta y pone también de manifiesto JOSÉ M.ª ALBAREDA en su ya citado libro, al decir: "La inteligencia es un factor pero no es el único. La obra investigadora no es proporcional al factor inteligencia. Esto, de una parte, previene contra los peligros de la sola inteligencia, que ha de moderar tendencias de rapidez dominadora y de brillantez expansiva para sujetarse a un cauce, y de otra alienta a los entendimientos normales al mostrar que la investigación no exige únicamente genios, y que una buena inteligencia laboriosa, orientada, entusiasta, puede llevar a cabo una tarea considerable". "Sin una inteligencia penetrante, reflexiva, activa, se podrán realizar otras tareas, pero investigación, no. Primero penetración aguda, claridad de visión; luego capacidad reflexiva; reacciones, cotejos, enlaces, deducciones; en fin, actividad mental, impulso para arrancar y marchar adelante. Ver y ver bien, sin miopía y sin fantasía; ver todo lo que hay y sólo lo que hay. Esta visión, si se llega a producir, no tendrá relieve ni significación en una mente pobre en conocimientos, no podrá entrar en juego, en comparación, en engarce, si no hay elementos con los que trabar estructura".

Pero no cabe duda que si la casualidad no es suficiente por sí sola para lograr un brillante éxito o resultado en la investigación, como dice B. A. HOUSSAY, también creemos que en muchísimos casos, precisamente en aquellos que vamos a poner de manifiesto, no hubiera bastado ese trabajo intenso y continuado, unido a una buena y cultivada inteligencia, según indican las anteriores opiniones, debiendo aparecer aquéllas enlazadas con esa propugnada casualidad o designio divino.

# HISTORIAS Y LEYENDAS DE LOS DESCUBRIMIENTOS CASUALES

*"Todas las cosas del mundo son hijas o nietas del azar."*

J. MARAGALL.

Puesto ya de manifiesto nuestro criterio y concepto sobre la casualidad como fuente y origen de innumerables descubrimientos científicos, lo que ha ocurrido en todas las ramas del saber humano, incluso recientísimamente, pasemos a exponer las correspondientes leyendas e historias que hasta ahora hemos conseguido encontrar. Muchas de ellas son muy conocidas, pero a pesar de esto hemos opinado que no podían faltar si se quería hacer una exposición lo más completa posible; y en tales casos nuestro deseo es hacerlas aparecer con los máximos detalles posibles, algunos de los cuales quizá no se consignen corrientemente en gracia a la brevedad que suele imperar en su transcripción.

Desde luego, tenemos la convicción de que debe haber muchos más descubrimientos casuales de los que a continuación citaremos, como por ejemplo: los fenómenos capilares, por BORELLI, o por PLATÓN, al observar el trasiego de un líquido merced a un hilo de lana; la paradoja hidrostática de que la presión sobre el fondo de la vasija no sea igual al peso del líquido, descubierta por SIMÓN STEVIN, aunque PASCAL se la apropiase al profundizar sobre esta idea; quizá la ley de BOYLE; los fenómenos de ósmosis, por NOLLET, etc.; pero de ninguno de ellos hemos hallado hasta ahora la historia o leyenda que nos diese detalles sobre la forma u ocasión con que se realizaron, y por eso no los incluiremos en los subsiguientes.

Como es natural, nuestro propósito es ocuparnos solamente de las historias y leyendas referentes a la Física, pero sin embargo vamos a citar antes una que, aunque pertenece a la Química, bien merece ser aquí incluída por su esencial relación no sólo con la Física, sino igualmente con nuestra vida ordinaria: se trata del descubrimiento de materia de uso tan frecuente y necesario cual es el vidrio, irreemplazable en la construcción de infinidad de instrumentos físicos, científicos en general y objetos de uso corriente.

Según relata PLINIO en su libro XXXVI, el hallazgo de tal cuerpo, realizado en Egipto unos mil años antes del nacimiento de J. C., se debe casualmente a cierta caravana de mercaderes: Atravesaban la Fenicia, y al llegar a las orillas del río Belo realizaron uno de sus necesarios descansos, durante el cual hubieron de encender fuego para cocer su comida. Necesitando un apoyo para elevar sus trébedes, lo formaron con arena y algunos trozos de natrón, o mineral de carbonato sódico, hallados en las riberas; cuando el fuego alcanzó toda su violencia, esa mezcla se vitrificó, y vieron con asombro correr un reguero brillante y encendido que al enfriarse tomaba una contextura sólida y diáfana. Se había obtenido así el vidrio por primera vez en el mundo.

Aunque hay quienes opinan que tal narración sólo puede ser una

fábula, aduciendo para su falta de realidad el que en tales condiciones, o sea en hogar abierto, no se podría llegar a alcanzar la temperatura de 1.200 grados necesaria para obtener vidrio en los hornos, otros, por el contrario, han concedido a esta historia grandes visos de verosimilitud, pues JOSEPHO en el libro II, capítulo IX de "La guerra de los judíos" refiere cosas maravillosas de la arena de ese río Belo. Dice que en sus inmediaciones se halla una especie de valle de figura redonda, de donde se saca arena, que es inagotable e inmejorable para hacer vidrio. Y TÁCITO en el libro V de sus "Historias" explica que "el Belo desemboca en el mar de Judea, y que la arena de un cierto paraje de sus orillas se emplea para hacer vidrio, porque está mezclada con natrón, y el lugar de donde se saca, aunque pequeño, siempre la suministra". La explicación de esta última afirmación puede estar en que el viento llevase y acumulase constantemente en ese pequeño valle la arena de las alturas circundantes.

Después había de venir el desarrollo y perfeccionamiento en la obtención de tantos tipos de vidrio como actualmente se usan, con detalles y anécdotas como la de que hubo quien fué condenado a muerte por haber hallado el secreto de hacerlo maleable, aunque esto, a pesar de ser citado por distintos científicos, parece tener siempre su origen en una leyenda consignada por PLINIO que él mismo dice tiene más crédito que fundamento; y probablemente sea sólo consecuencia de haber tomado o presentado por vidrio otra materia distinta, a causa de su similar apariencia, como por ejemplo sucede actualmente con algunas de las sustancias plásticas ahora en uso.

De las historias y leyendas sobre los descubrimientos físicos, solamente mencionaremos las referentes a la Mecánica Física, como ya hemos indicado al principio: Siendo, de todas las partes de la Física, ésta, la elegida, no sólo por seguir el orden natural en que necesariamente deben estudiarse siempre, sino por ajustarnos a un criterio cronológico; y aunque quizá, precisamente por esta misma razón de ser la de más antiguo desenvolvimiento, es sobre la que menor número de historias y leyendas creemos existan, y nosotros hemos conseguido reunir hasta ahora; en cambio corresponde a la Electricidad el mayor número, por haberse desarrollado muy modernamente, en época en la que la historia ha sido ya mucho más detallada y ha contado con mayores medios.

Como descubrimientos casuales en Mecánica Física, de los que se pueda citar su historia o leyenda, se tienen los siguientes:

1. EL CENTRO DE GRAVEDAD: *Aristóteles* (350 a. J. C.)

Es evidente que desde muy antiguo habrían de fijarse los hombres en el peso de los cuerpos, aunque los conceptos a él referentes hayan pasado por muy variadas evoluciones.

Las primeras observaciones de hechos naturales que puede suponerse llevaron casualmente a la idea del centro de gravedad, y que habían de explicarse por intermedio de éste, se refieren a las realizadas unos 350 años antes de Jesucristo por ARISTÓTELES, aquel pilar básico de la Ciencia, que

pocos hubieran podido prever en un muchacho apocado y con escasez de palabras, más adelante convertido en el hombre de ideas geniales, debiendo citar entre éstas la de fundar la primera biblioteca y realizar el primer diccionario al ordenar alfabéticamente sus apuntes. Y ya entonces aparece la ingratitud como pago frecuente para los hombres de ciencia, pues a pesar de su sabiduría y de haber sido un magnífico maestro, hubo de sufrir incluso persecuciones por los poderosos que habían sido sus discípulos.

Aquellas fundamentales observaciones fueron las de que si un hombre sentado quiere levantarse, tiene que echar sus pies hacia atrás, o su cuerpo hacia adelante.

Poco tiempo después, en el siglo III antes de nuestra Era, es ARQUÍMEDES, a quien con razón se le ha llamado el fundador de la Física y de la Mecánica, el que da importancia al centro de gravedad con su "Tratado del equilibrio de los planos o de sus centros de gravedad", llegando a determinar los de algunas figuras planas.

Sigue avanzando el tiempo, y aunque en el siglo I de nuestra Era surge PLUTARCO con una teoría sobre la tendencia de las partículas materiales a agruparse alrededor de un centro, lo que le sirvió para explicar la forma esférica de la Luna, hay que esperar hasta la cuarta centuria para encontrar a PAPPO ocupándose nuevamente del centro de gravedad, así como de las condiciones de equilibrio de un cuerpo, pero llegando en éstas a falsas consecuencias.

Y nuevo transcurso de tiempo, esta vez aún mayor, pues hasta el siglo XVI no habían de lanzar GALILEO y KEPLER sus hipótesis sobre la gravitación, plenamente revolucionarias para su época, y que, con los estudios del suizo GULDIN, permitirían ya calcular la posición del centro de gravedad en cuerpos homogéneos de forma geométrica sencilla.

Véase lo muy relativamente moderno de este concepto, a pesar de ser aquellas observaciones casuales unas de las más antiguas de que se tiene noticia, y de la generalidad e importancia que tiene el centro de gravedad.

## 2. PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES: *Arquímedes* (250 a. J. C.)

Una de las más conocidas leyendas, primeramente narrada por VITRUBIO, es la referente al descubrimiento del *Principio de Arquímedes*, allá por el año 250 antes de Jesucristo: Este científico siracusano, de tan gran ingenio como fecundo en teoremas, quizá sea uno de los primeros ejemplos de quienes han llegado a perder la vida por la Ciencia, pues, según cuenta PLUTARCO, en el momento de tomar los romanos por sorpresa la Ciudad que hacía tres años tenían sitiada, se dedicaba ARQUÍMEDES en plena plaza pública a resolver, sobre unas figuras que en la arena del suelo iba trazando, un problema geométrico cuya solución, a punto de ser hallada, le tenía entonces tan intrigado que, por tener fijos en aquellas figuras su ánimo y su vista, no sintió la invasión de los romanos ni la toma de la Ciudad: Presentósele repentinamente un soldado invasor que le buscaba, dándole orden de que le siguiese para llevarlo a presencia de su

jefe, el caudillo Marcelo; y, no queriendo obedecer sin antes resolver el problema y conseguir su demostración, se irritó el soldado, y desenvainando su espada, le dió muerte. Otros dicen habérsele presentado ya el soldado romano con la espada desnuda en actitud de matarle, y que, al verle, ARQUÍMEDES le suplicó y rogó esperara un poco para no dejar inacabado y obscuro lo que estaba investigando; pero el soldado no sólo no atendió a tal ruego, sino que, tomando además esta actitud como una rebelión, le atravesó con su espada. Y aun hay quienes, contrariamente a estas anécdotas, sostienen haber sido ocasionada su muerte por la rapacidad de los soldados, que, al ver sus instrumentos de geometría, desearon apoderarse de ellos. El desgraciado resultado, que afligió extraordinariamente a Marcelo, es siempre el mismo; la muerte de ARQUÍMEDES, a pesar de las órdenes dadas por aquel caudillo romano para que se lo presentasen vivo, dada su admiración por aquel gran científico que "había infundido tal horror con sus inventos, en los soldados romanos, que lo mismo era poner mano sobre la muralla en una cuerda o en un madero, que empezaban a gritar que ARQUÍMEDES ponía en juego una máquina contra ellos, y volvían, en fuga, la espalda".

ARQUÍMEDES constituye también primordial ejemplo de la frecuente ingratitud por parte de los mismos compatriotas y mayor admiración de los extraños, como lo demuestra el que a pesar de haber utilizado su genial inteligencia para la obtención de grandes inventos, puestos al servicio de su Patria, no sólo para elevar científicamente su nombre, sino también para defenderla de sus enemigos e invasores, cuando a los ciento cincuenta años de su muerte llegó CICERÓN a Siracusa, y manifestó deseos de ver la tumba para rendirle póstumo homenaje, los siracusanos no sólo ignoraban su emplazamiento, sino que incluso negaban su existencia. Y fué el propio CICERÓN quien, al buscarla con interés, descubrió debía ser una sepultura que se encontraba totalmente descuidada, rodeada por un matorral y señalada por una piedra en la que, siguiendo el deseo de ARQUÍMEDES, hallábase grabada una figura formada por una esfera inscrita en un cilindro recto de base circular.

La leyenda sobre el casual descubrimiento de tan importante principio, se basa en que el rey Hieron quiso saber si su joyero había empleado totalmente la cantidad de oro que le había entregado para la construcción de una magnífica corona, o había tratado de engañarle sustituyendo parte del oro por plata u otro metal aun menos precioso; le habían ofrecido hallar la composición mediante una especie de análisis químico, pero ello llevaba consigo la destrucción, de una parte al menos, de aquella joya. Resistiéndose a esto, pero insistiendo en su duda, teníales ordenado a los sabios que le rodeaban continuasen pensando sobre tal asunto hasta encontrar una solución satisfactoria. ARQUÍMEDES, que era uno de los consultados, estando un día en el baño creyó notar que su cuerpo, o alguna parte de él, pesaba menos que cuando estaba fuera del agua; relacionando este hecho con aquella cuestión, vió la factible solución; y, en su loca alegría, se lanzó a la calle inmediatamente, aun sin vestirse, para comu-

nicar la grata nueva, gritando en el trayecto la conocidísima frase "¡Eureka! ¡Eureka!" (¡Lo he encontrado!). Otros autores dan como origen de este auténtico suceso, su observación de que la parte de su cuerpo sumergida en un baño completamente lleno, hacía derramar un volumen exactamente igual de agua. Sea una u otra la auténtica versión, la consecuencia fué llegar al enunciado de su famosísimo principio (o quizá mejor teorema) que tantas cuestiones explica: Lo que ya no hemos podido conocer es si las sospechas del rey fueron o no confirmadas.

### 3. La fuerza del aire comprimido: *Ctesibio* (150 a. J. C.)

El conocimiento de la fuerza expansiva del aire comprimido, tan utilizada hoy en día para muchísimas aplicaciones, tiene un origen puramente casual; en efecto, a mediados del siglo II antes de J. C., el que luego había de ser célebre mecánico e inventor egipcio, Ctesibio, asistía a la barbería de su padre, en donde se hallaba colocado un espejo móvil en altura, al cual iba unido el correspondiente contrapeso deslizante por el interior de un tubo. Este dispositivo, que sin duda ajustaba bastante bien, le permitió darse cuenta de la gran resistencia opuesta por el espejo a un movimiento rápido; y pensando en cuál pudiese ser la causa, llegó al descubrimiento citado.

También en este caso, como en el anterior, pasan muchos siglos, pues había de ser en el XVII cuando el inglés Boyle y el francés Mariotte estudiasen plenamente el fenómeno y enunciaran la ley a que obedece; y aun transcurren dos siglos más hasta que en el XIX se empieza a utilizar industrialmente esa fuerza expansiva del aire comprimido.

A Ctesibio se atribuye haber utilizado su descubrimiento para la construcción de una especie de escopeta de viento (aire comprimido); y tal caso sería uno de los primeros en los que una observación casual se aprovechase en seguida como arma mortífera. Pero sobre la invención de ésta hay otras varias opiniones, todas ellas atribuyéndolas a tiempos mucho más posteriores, hacia el siglo XVIII, ya que unos la atribuyen a Nollet o a Muschembroeck por describirla en sus obras; otros a un tal Marín, vecino de Lisieuse en Normandía, que la presentó y ofreció a Enrique IV; y aun hay quienes suponen fué inventada por unos artífices holandeses cuyo nombre no dan.

Merece citarse, además, a Ctesibio como inventor y constructor de una clepsidra o reloj de agua, muy curiosa no sólo por el dispositivo para que el líquido llegase a caer de su depósito a presión constante, sino por la sencilla forma de resolver el problema de que las horas se ajustasen a la manera de medirlas en aquella época. Pues sabido es que entonces el día y la noche se computaban por el tiempo transcurrido entre los instantes de orto y ocaso, o de salida y puesta del sol, y mientras éste estuviese respectivamente por encima o debajo del horizonte; y como fuese cual fuese la duración del intervalo correspondiente, se dividía en doce

horas o partes iguales, resultaban ser las horas diurnas bastante mayores en verano que en invierno, e inversamente para las nocturnas.

Créese que son de este mismo CTESIBIO otros muchos inventos sumamente curiosos, hoy en día atribuídos a HERON, de Alejandría, y que servían para fascinar a las gentes en aquellas antiguas y falsas ceremonias religiosas al permitir la realización de ciertos conjuros mediante la apropiada e intencionada disposición del "fuego sagrado".

4. LA RELACIÓN MATEMÁTICA ENTRE LOS SONIDOS: *Pitágoras.*

El descubrimiento de la relación matemática entre los sonidos se verificó en los albores de la Era Cristiana, y es debido a PITÁGORAS, sabio nacido en Samos, también perseguido al final de su vida, y fundador de una muy curiosa escuela en Cretona (Baja Italia), quizá la primera siguiendo un régimen que hoy llamaríamos "naturista" por alternarse los cantos, bailes y juegos con la meditación y el estudio. La intervención de la casualidad, llevándole al enunciado de tan importante ley, queda relatada por NICOMACO de la siguiente manera:

"Paseaba PITÁGORAS pensando en diversos problemas de Física, cuando llegaron a sus oídos los sonidos de diversos martillos sobre un yunque, que además de un cierto sonido fundamental, eran la cuarta, la quinta y la octava de aquél. Al acercarse intrigado a la fragua, pudo ver a varios obreros que martillaban un trozo de hierro, variando los sonidos con el tamaño de los martillos. Observó entonces que el que daba la octava pesaba la mitad del más pesado; el de la quinta, las 2/3 partes, y el de la cuarta, los 3/4. Vuelto a su casa, tomó cuerdas, las suspendió de puntos fijos, y en sus extremos libres colgó pesas en la proporción de los pesos de los martillos; y, haciéndolas vibrar, obtenía los mismos intervalos sonoros que los oídos en el taller del herrero."

Es muy posible lograse conseguir PITÁGORAS, en su casa y con cuerdas, esos mismos intervalos sonoros oídos en la herrería sin más que variar los pesos tensores, aunque no debió ser exactamente en la forma de la cita anterior, quizá no bien redactada, pues si, como parece indicar, de cuerdas idénticas, incluso en longitud, se cuelgan pesos en aquellas proporciones, no aparecen tales intervalos; sí en cambio existen, cuando con pesos tensores idénticos, son las longitudes de las cuerdas las que están en las relaciones allí indicadas.

Pero lo indudable es que aquella observación casual fué el primer hallazgo y el fundamento de la Acústica científica, por inspirar a PITÁGORAS para llevar a cabo un cuidadoso e importante estudio de los sonidos, sobre todo introduciendo en esta cuestión las matemáticas, que a causa de ello experimentaron gran desarrollo. Incluso F. SHERWOOD TAYLOR le atribuye mucha más importancia, admitiendo que sea no ya sólo fundamental para la Acústica, sino "el primer esbozo cuantitativo de la Física científica, al parecer demostrar que las cifras están relacionadas con aquel noble órgano del alma que percibe la armonía".

5. El péndulo: *Galileo* (1583).

El isocronismo de las oscilaciones pendulares descubierto casualmente por Galileo Galilei en 1583, fué indudablemente una de las esenciales causas de que hoy pueda citarse tal nombre como uno de los fundamentales de la Física, ya que su padre, noble florentino, pero arruinado, lo había enviado a su lugar de nacimiento, Pisa, cuando contaba 17 años para que, en el "Estudio" o Universidad de esta población, siguiera la carrera de Medicina. Tenía 19 años de edad y, por tanto, llevaba ya cursados más de dos años de tales estudios cuando con motivo de una festividad acude a una solemne ceremonia religiosa que se verificaba en el Duomo o catedral de Pisa; y en un determinado momento, más observador que enfervorizado, distrae su atención las oscilaciones de una hermosa lámpara que lucía colgando de la bóveda y que hasta antes de la última guerra mundial allí mismo podía admirarse, y aun creemos exista. Tiene la sensación de que aun cuando la amplitud de la oscilación va disminuyendo poco a poco, el período o tiempo invertido en realizarla es siempre el mismo; trata de comprobarlo, y no teniendo a mano un reloj de arena o de agua, que eran los entonces empleados, recurre al genial procedimiento (ya utilizado antes por Cardano) de medir la duración de la oscilación por comparación con sus propias pulsaciones sanguíneas. Se asegura así en lo posible de la verosimilitud de su observación, y en cuanto llega a su casa, quiere obtener la certeza, para lo cual cuelga de diversos hilos unas esferas de plomo, corcho, etc., y realiza mejores observaciones.

Es muy probable se fijase en la misma iglesia en otras lámparas que, por estar colgadas de puntos de distinta altura, tuviesen diferente longitud de cuerda y por ende otro período. Pero lo cierto es, no sólo haber hecho la antedicha observación, sino que en su casa realizó experiencias con péndulos de distinto peso, longitud, amplitud, etc., y que como consecuencia de todo ello llegó a enunciar en 1632 y 1638 las importantes leyes del péndulo. Ha de hacerse notar que él dió como existente el isocronismo para cualquier amplitud, cosa corregida en 1673 por Huygens, al demostrar sólo era válido para pequeños valores de la misma, y éste llegó hasta a investigar cuál debería ser la curva de oscilación para lograr el tautocronismo, o sea la independencia entre el período y la amplitud, encontrando ser la cicloide; pero este tipo de péndulo cicloidal, tan conveniente en teoría, resultaba impracticable no sólo por la gran dificultad de llegar a conseguir que el centro de gravedad del péndulo recorriese exactamente arcos cicloidales, sino porque además sería necesario dotar de la necesaria flexibilidad a su parte superior. Sin embargo, la indicada rectificación por Huygens a la idea del isocronismo que tuvo Galileo, no le resta importancia a tan esencial descubrimiento, pues no sólo revolucionó la medida del tiempo por emplear ya el mismo Galileo péndulos con tal objeto, sino también ideas tenidas hasta entonces como verídicas, originando nuevos estudios, conceptos, teorías y fórmulas que llegan, por ejemplo, a ser el fundamento de parte tan esencial cual es la Dinámica.

Parece ser que el descubrimiento le decidió a dejar la carrera de Medicina y dedicarse a la Física, continuando sus estudios con tal interés que hasta le valió ser llamado por sus condiscípulos "el "discutidor", por las polémicas entabladas no sólo con ellos, sino hasta con sus profesores, en defensa de sus ideas; recuérdese la discusión con sus maestros sobre caída de los graves, en la que aprovechó la inclinación de la torre de Pisa para realizar una prueba experimental en favor de su teoría. Su propio mérito le lleva a ser nombrado profesor de aquel "Estudio" o Universidad pisana cuando tenía 25 años, y eso aun faltándole algunos títulos necesarios para ello que a ningún otro se hubieran dispensado.

Quién sabe si con el tiempo se arrepentiría de su cambio de carrera, a pesar de sus triunfos científicos, no sólo por lo que a la parte económica se refiere, pues mientras él cobraba como profesor 60 sueldos al año, los de Medicina cobraban 2.000, sino porque a pesar de haber sido un magnífico profesor y un verdadero protector y consejero leal para sus discípulos y para cualquiera que a él se acercase, fueron precisamente sus certeras y magníficas ideas científicas las que le ocasionaron persecuciones, vejámenes y hasta prisión, incluso por parte de su propia Universidad, en la que sólo pudo estar de profesor tres años.

Para que se vea la discrepancia existente en muchas cuestiones históricas, hemos de hacer notar que aun en historia tan conocida como esta del isocronismo pendular, en un libro bastante reciente se dice que la observación casual a que nos venimos refiriendo la realizó GALILEO no a los 19 años, cosa probada bastante fehacientemente por las fechas correspondientes, no muy antiguas por otra parte, sino a sus 80 años de edad; esto lleva consigo la contradicción de que habiendo vivido GALILEO de 1564 a 1642, o sea 78 años, mal pudo realizar descubrimiento alguno a los 80. Y aun queda más aumentada cuando allí mismo se dice que "*algunos años más tarde,* siendo ya muy anciano, proyectó un reloj de péndulo cuya invención no fué perfeccionada hasta 1656 por HUYGENS".

Ya se ha hecho resaltar la importancia capital de este descubrimiento de GALILEO, por ser el fundamento de la medida del tiempo; pero GALILEO no atinó a resolver el problema de eliminar el amortiguamiento de las oscilaciones, y por consiguiente su detención al cabo de un cierto tiempo, como conseuencia de la resistencia del aire. Fué HUYGENS quien en 1657 consiguió el entretenimiento de las oscilaciones mediante el empleo del clásico dispositivo de una pesa, pues es muy dudosa la opinión de quienes sostienen que cuarenta años antes que HUYGENS, o sea en 1612, fuese SARTORIUS quien construyese un reloj de péndulo. Y aun ha llegado FONTSERÉ, en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, a solicitar para España la prioridad de tan esencial mecanismo, fundándose para ello en que en el Museo del Parque de la Ciudadela de Barcelona existe un reloj de hierro cuya historia afirma fué construído en 1575 y 1576 por los artistas holandeses SIMÓN NICOLAU y CL. OLSEN, residentes en aquella población española, para estar colocado a partir de 1577, y hasta ser llevado a dicho Museo, en el campanario de la Seo de Barcelona, como lo prueba

la inscripción grabada sobre la puerta gótica del "cuarto del reloj" de dicho campanario; de ser cierta esta versión, es indudable que se había precedido en cuarenta años al pretendido SARTORIUS y en ochenta a HUYGENS; pero además incluso se precedía en seis años al descubrimiento de GALILEO, con lo cual se lograría no sólo la total prioridad hispano-holandesa, sino confirmar la opinión de quienes sostienen que toda la anterior historia sobre el péndulo de Galileo es "sumamente pintoresca, aunque muy dudosa" (Brisson).

Quizá la consideración de HUYGENS como inventor del reloj de péndulo no sea más que una generalización de su invento del "reloj oscilatorio" o con muelle espiral, verificado en 1673 y construído un año después en colaboración con el relojero francés THURET.

6. SE HACE PATENTE LA NATURALEZA VIBRATORIA DEL SONIDO: *Galileo* (?)

Se ha llamado a GALILEO el fundador del método experimental y, en efecto, sus teorías e investigaciones tenían esa orientación como base: Pero de los descubrimentos que realizó no sólo tuvo carácter de casual el anteriormente citado, primero suyo, sino que también goza de tal el sencillo experimento siguiente, citado por el mismo GALILEO en sus "Diálogos sobre la mecánica", y quizá repetido luego por muchos de nosotros en alguna sobremesa familiar y animada.

La experiencia consistió en pasar el dedo, algo humedecido, por el borde de un vaso parcialmente lleno de agua, consiguiéndose así producir un cierto sonido y apareciendo unas ondas en la superficie del agua mientras el vaso vibraba, con lo cual se había puesto de manifiesto, casualmente por primera vez, la naturaleza vibratoria del sonido y su propagación ondulatoria. Y quedaba comprobada la íntima relación entre aquellas ondas y dicha naturaleza, pues apretando el vaso con cierta fuerza se lograba que simultáneamente pasase la nota a ser la octava de la anterior y las ondas a verse en doble número al intercalarse otras en el centro de las antes existentes.

Probablemente fué esta experiencia la que le llevó a conseguir hacer visible gráficamente que el tono o altura de un sonido dependía de la frecuencia de la vibración; para ello, raspando con un afilado hierro sobre una placa de bronce o latón, al producir una nota musical quedaban sobre la susodicha placa una serie de finas líneas, que correspondían a las vibraciones verificadas, siendo la separación entre aquéllas tanto menor cuanto más elevado era el sonido producido.

7. LAS LEYES DE LOS MOVIMIENTOS PLANETARIOS: *Kepler* (1609).

En el hallazgo de las leyes de los movimientos planetarios, sobre todo de la primera, intervino la casualidad en forma decisiva y reiterada; y además se da el caso de que JUAN KEPLER, que como todos sabemos fué quien las encontró y les da su nombre, ha sido de los sabios más desgra-

ciados y menos favorecidos por la suerte durante toda su vida, salvo en esa ocasión, quizá queriéndole compensar con ello de todas sus incontables contrariedades. Basta recordar que aquel débil y enfermizo niño de prematuro nacimiento (fué sietemesino, como NEWTON), hijo de padre noble pero borracho y arruinado, madre sin cultura y alejada de sus deberes, y hermanos de mal genio y cruel comportamiento hacia él, estuvo sometido muy pronto a fuertes trabajos agrícolas y a servicios inadecuados en la taberna de su padre, que es natural le privasen de juegos, alegrías y enseñanzas propias de la infancia, que para él transcurrió en un pleno martirio; pues incluso la viruela había dejado sus marcas en el rostro, dándole aspecto de imbecilidad.

Sin embargo, a todo se sobrepuso su afán por aprender y su vocación por las matemáticas, consiguiendo llegar a ser profesor de esta materia en Gräz (Austria). Pero poco había de durar su felicidad, no sólo por su desgraciadísimo matrimonio, sino porque en 1596 sufre persecución y condena por la Facultad Teológica protestante de Tubinga a causa de sostener la hipótesis heliocéntrica, viéndose obligado a abandonar el cargo, buscando refugio y apoyo en una Orden católica a pesar de su discrepancia religiosa, y yendo a parar finalmente junto al astrónomo TYCHO-BRAHE que aunque fué quien en definitiva le había de proporcionar su magnífico triunfo, mientras vivió, y sin duda a causa de sus profundas diferencias de carácter, lo trató desconsideradamente y con retribución miserable. Al heredar su puesto de astrólogo en la Corte Imperial de Rodolfo II de Praga no mejora su posición económica, pues como el mismo KEPLER decía "mi sueldo es brillante, pero como las cajas nacionales están vacías pierdo mi tiempo en la puerta del cajero, mendigando". Sigue siempre la desgracia acompañando su vida, ya que la muerte le arrebata casi todos los hijos de los doce que había tenido; su primera mujer, de carácter irascible, murió loca; su madre es acusada de brujería "por tener frecuentes entrevistas con el diablo y hacer morir a los cerdos del vecindario, sobre los cuales hacía paseos nocturnos" (sic); y él mismo muere, cuando sólo tenía 22 florines, en el transcurso de un viaje realizado para tratar de cobrar los 29.000 que suponían sus atrasos, habiendo tenido que dedicarse para poder vivir a redactar pequeños almanaques y horóscopos.

No parece que esta vida tan ligeramente reseñada hubiese de ser propicia al trabajo y la investigación. Sin embargo, al heredar en 1601 el cargo de TYCHO-BRAHE y sus papeles "con el detalle de todas sus observaciones", quiso comprobar el sistema heliocéntrico, ideado por COPÉRNICO, del que llegaba a decir "yo lo declaro como verdadero en lo más profundo de mi alma y contemplo su belleza con increíble y embriagador deleite". Para efectuar su comprobación reducía las posiciones aparentes observadas por TYCHO-BRAHE a las reales que corresponderían a un tal sistema heliocéntrico. Ahora bien, sabido es que los astrónomos de los siglos XVI y XVII continuaban con la hipótesis griega de ser los astros seres perfectos, y, siendo desconocida la causa de sus movimientos, se inclinaban a creer eran dirigidos, en su magnífica ordenación, por algún oculto

agente semidivino (genio o ángel); fruto de la conjunción de tales cualidades, debíase obtener un movimiento también perfecto, es decir, con velocidad constante y cuya trayectoria fuese una circunferencia, por ser ésta la curva ideal, con la más completa simetría. Como muchas veces se veía claramente que el movimiento real no cumplía estas condiciones, para no salirse de ellas idearon la teoría de los epiciclos, según la cual un punto ideal efectuaba aquel movimiento alrededor del sol, sirviendo a su vez de centro de sucesivos y análogos puntos ideales, al final de cuya serie, más o menos larga, era el propio astro el que se movía, siempre conservándose ese tipo de movimiento circular uniforme.

KEPLER fué aplicando aquellos datos a dieciocho sistemas de tal tipo que sucesivamente fué imaginando; pero siempre llegaba a encontrar discrepancias de posición, incluso de 8 minutos, francamente inadmisibles dada la precisión de hasta 1 minuto conseguida en aquellas medidas efectuadas por TYCHO-BRAHE, que si no fué un buen teórico, sí había sido un incomparable observador. Entonces tiene la feliz idea de proceder inversamente, o sea dibujar la trayectoria, valiéndose de las observaciones realizadas; y es así, al cabo de ocho años de pacientes e incansables complicados cálculos, realizados sin intermedio de tablas de logaritmos ni ningún otro medio auxiliar de cálculo, cuando Dios quiere premiarle su constancia haciéndole encontrar que la trayectoria, en contra de lo previsto, era una elipse en uno de cuyos focos se encontraba el sol, enunciado que constituye la primera ley publicada en su famoso libro "Nova Physica coelestis tradita Commentariis de stella Martis, 1609". Se había llegado así a que el círculo y la esfera cediesen su puesto a la elipse y al elipsoide, o sea a ser sustituída una curva o superficie singulares por la elipse y el elipsoide respectivamente, lo cual implica un mayor grado de generalización ya que aquéllas sólo son un caso particular de éstas.

La presencia de la casualidad en este hallazgo creemos es indudable, pero queda mucho más puesta de manifiesto si se tiene en cuenta haberse operado con observaciones de Marte, cuya trayectoria tiene gran excentricidad, y también el que los no perfectos instrumentos empleados por TYCHO-BRAHE, aun siendo de los mejores que entonces existían, le impidieron ver las perturbaciones producidas en las trayectorias por los otros planetas, con sus atracciones, pues hubieran enmascarado y falseado el resultado de tal modo que jamás hubiera podido hallarlo.

La segunda ley, o sea la referente a la constancia de la velocidad areolar de los planetas, fué publicada al mismo tiempo que la primera, y es consecuencia de la determinación de las excentricidades de las órbitas y de las velocidades de los planetas; una vez encontrada sospechó su generalidad, que en seguida fué comprobada por la aplicación a todas las observaciones de TYCHO-BRAHE. NEWTON había de ser quien, más tarde, demostrase que esta segunda ley era consecuencia necesaria de las condiciones dinámicas del movimiento de los planetas.

Halladas así estas dos primeras leyes, tuvo KEPLER la genial intuición de que quizá pudiera haber alguna relación entre las distancias de los planetas al Sol y la duración de sus revoluciones, y según él mismo re-

fiere ("Harmonices mundi", sect. V, pág. 189), empezó a comparar unas y otras, continuando sus pacientísimos cálculos nueve años mas; durante todo este tiempo comparaba los valores, sus raíces y sus potencias, probando hasta un centenar de hipótesis basadas en sus profundos conocimientos matemáticos, teniendo que irlas desechando sucesivamente hasta por fin encontrar casualmente premiada su constancia cuando el 15 de mayo de 1618 pudo enunciar la tercera ley dando la constancia de la relación entre los cuadrados de los períodos y los cubos del semieje mayor de su órbita. Fué tal el arrebato de satisfacción por este hallazgo que al principio no se fiaba de la exactitud de tal resultado, temiendo haber sufrido errores, como ya le había sucedido anteriormente en algunos otros cálculos, cosa nada de extrañar dado el número y condiciones en que los realizaba.

Verdaderamente, aun hubiera sido mucho mayor su sorpresa y su satisfacción si hubiera podido ver que estas leyes al parecer tan sencillas, fruto de diecisiete años de trabajos ininterrumpidos, unidos a la casualidad, permitirían luego a NEWTON enunciar la ley de gravitación universal, aun mucho mas importante y general que aquellas.

Sólo a título de curiosidad hemos de citar otra ley, enunciada por KEPLER en 1596, cuando tenía 25 años, en su escrito "Mysterium cosmographicum", como consecuencia de los cálculos que ya llevaba hechos. Según ella: "La órbita de la Tierra suministra la esfera que constituye la medida de todas las demás; si a ella circunscribimos un dodecaedro, la esfera que envuelva a éste, contiene la órbita de Marte; circunscribiendo a ésta un tetraedro, la esfera de la órbita de Júpiter lo envolvería a su vez; ahora sería un cubo el que la circunscribiría, quedando asimismo inscrito en la órbita de Saturno. Por otra parte, al inscribir en la esfera de la órbita terrestre un icosaedro, la esfera inscrita en él corresponderá a la órbita de Venus; y ésta envuelve a un octaedro, que a su vez lo hace a la órbita de Mercurio".

Quedaban así relacionados los cinco cuerpos regulares de los pitagóricos y los seis planetas de COPÉRNICO entonces conocidos. Esta ley fué de capital importancia para el porvenir científico de KEPLER, ya que TYCHO-BRAHE, al conocerla, pensó había encontrado "un compañero en busca de la verdad", y en seguida invitó a su autor a reunirse y trabajar con él, iniciándose con este motivo la colaboración que había de llevarle a tan gloriosa fama. Y ha de señalarse que la susodicha ley no sólo resultaba únicamente aproximada, sino que al descubrirse nuevos planetas quedó completamente fallida la generalidad e importancia que se le querían atribuir.

Cuando KEPLER la enunció, era partidario decidido de la creencia, entonces existente, de que Dios había ordenado el Universo con una perfección representada por la circunferencia y la velocidad uniforme. Y de ahí, que el enunciado de la antedicha ley, precisamente la falsa, la que no había de darle gloria ninguna, por proporcionar con esas relaciones entre las órbitas y los cuerpos regulares una mayor extensión a aquella idea, le produjo, paradójicamente, mucha más satisfacción y alegría que el hallazgo de las otras tres leyes reunidas, las que habían de hacer inmortal

su nombre. Como dice DAMPIER, "KEPLER estimó que esas relaciones entre las trayectorias de los planetas y los cuerpos regulares eran como una nueva armonía en la música de las esferas, y consideraba, lo mismo que PLATÓN, que la causa de que las distancias planetarias se hallasen ligadas así, era que la labor creadora de Dios se inspiraba siempre en la perfección geométrica". Bien podemos afirmar hoy día no ser necesaria esta última para reconocer y admirar la infinita sabiduría, y perfección, en la ordenación de todas las cosas debidas a tan excelso Creador.

Y es sorprendente advertir que justamente fué KEPLER, con sus leyes, quien anuló totalmente aquella antigua creencia, pues aunque aun subsista una velocidad uniforme, es la areolar, y no la lineal entonces admitida.

## 8. LA MÁXIMA ELEVACIÓN DEL AGUA POR VACÍO: *Los fontaneros de Florencia* (1630).

Conocidísima es la siguiente leyenda que nos lleva a otro descubrimiento casual: En 1630, el Gran Duque de Florencia Cosme de Médicis encargó a sus fontaneros la construcción de una bomba aspirante, que entonces llamaban atractiva, para la elevación de agua en una altura de 50 a 60 pies (16 a 19 metros); por ser tales aparatos conocidos desde 180 años antes de Jesucristo, les pareció se podría conseguir fácilmente con sólo construir muy esmeradamente una de tipo corriente; pero cuando llegó el momento de hacerla funcionar, solamente se elevó el agua hasta unos 32 pies, o sea aproximadamente 10,33 metros.

Achacado esto a deficiencias de construcción, verificaron nuevos intentos con bombas cada vez más cuidadosamente construídas; y como jamás pudieron hacer pasar el agua de aquella altura, llegaron a pensar que tal límite no debía ser ocasionado por imperfección del mecanismo, sino por corresponder a un hecho natural.

La elevación del agua, al hacerse el vacío, tenía entonces muy clara justificación por aquella hipótesis del "horror al vacío" de la Naturaleza, en virtud de la cual, existiendo esa aversión natural a todo espacio vacío, en seguida tendía a ser llenado con alguna materia, siendo los gases y los líquidos los que más fácilmente se prestaban a ello; esta hipótesis era de las que entonces parecían ser indiscutibles, pues habiendo varias que mutuamente se apoyaban, resultaban así aparentemente comprobadas. Pero, no quedando entonces justificada esa máxima altura posible, es muy natural recurriesen a GALILEO en demanda de explicación, quien hubo de contestarles que si así ocurría, sería porque "el horror al vacío de la Naturaleza debía tener sus límites, y que por lo visto no alcanzaba más que a 32 pies"; pasado ese límite, aquel horror se convertía en indiferencia, reconciliándose la Naturaleza con el vacío, o al menos sufriendo ese defecto sin quejarse o manifestarlo en forma alguna. Se cree que al dar esa irónica medida de tal supuesta propiedad de la Naturaleza, quiso poner de manifiesto la ignorancia existente sobre muchos fenómenos y propiedades.

Debe tenerse presente que la pesantez del aire era conocida desde muy antiguo, pues ANAXÁGORAS, 500 años antes de Jesucristo, ya decía que el

aire era algo material; EMPEDOCLES, 400 años antes de nuestra Era, explicaba la respiración por la penetración del aire en los pulmones a causa de su peso, e igual teoría sostenía también ASCLEPIADES, citado por PLUTARCO; y también GALILEO pensaba que el aire pesaba, como lo prueba el que intentase pesarlo, aunque no llegó a conseguirlo. Pero no acabó de relacionarse aquella máxima altura del agua con la pesantez del aire, y por tanto dar satisfactoria explicación a aquel hecho, hasta 1643, o sea trece años después de observado, siendo TORRICELLI el autor de la idea y VIVIANI el que realizó las experiencias comprobatorias. Hay quienes suponen que el propio GALILEO relacionó ambas cuestiones, y hasta efectuó experiencias en su casa con tal fin, pero ni está plenamente demostrado, ni, aunque sea cierto, llegó a comprobarlo; y aun en el supuesto de tal idea de GALILEO, existiría la posibilidad de que él mismo informase a su discípulo TORRICELLI sobre esta opinión nacida en su mente.

Pero, en definitiva, es a TORRICELLI a quien se debe atribuir que la hipótesis del horror al vacío se empezase a derrumbar ya que, al efectuar experiencias con mercurio, encontró que la máxima altura en el tubo era de 28 pulgadas o sea de unos 76 centímetros. Resultaría así medido aquel horror al vacío por 32 pies o 28 pulgadas (10,33 metros o 76 centímetros aproximadamente), según cual fuese el líquido empleado; y, al desechar ese absurdo, tuvo ya la idea de que tales resultados debían ser explicados como lógica consecuencia de un puro equilibrio. Por último intervino PASCAL con su tratado "Del equilibrio de los líquidos" publicado en 1646, demostrando claramente que tales efectos eran verdaderamente debidos a la presión del aire atmosférico, y dando así el golpe de gracia al tantas veces citado horror al vacío de la Naturaleza.

Descubierto el barómetro por TORRICELLI, todos los físicos quisieron repetir el experimento y tener en su laboratorio la columna barométrica de mercurio, por la novedad y simplicidad de su realización; luego, la observaban a menudo y así, también casualmente, pudieron ir advirtiendo las variaciones de altura que se sucedían en la antedicha columna, y poco a poco se llegó a la conclusión de haberse obtenido un nuevo instrumento meteorológico.

Habíase llegado con todo el proceso anterior a tener un espacio vacío en la vulgarmente llamada "cámara barométrica"; pero en realidad no se llegó a tener hecho el vacío en un recinto cualquiera, hasta ser inventada la bomba neumática en 1650 por el sumamente ingenioso y laborioso OTTO DE GUERICKE, burgomaestre de Magdeburgo, su ciudad natal, quien la describe en un tratado impreso en latín titulado "Nova experimenta Magdeburgica de vacuo et espatio", y que ya desde 1632 venía haciendo experiencias con tal fin, habiendo empezado con un tonel y una bomba hidráulica de las "atractivas" antes citadas. Los experimentos realizados con su bomba neumática le hicieron en seguida extraordinariamente famoso; pero a pesar de ello no han faltado quienes le han regateado la gloria de tal invento, achacándoselo a BOYLE, por los perfeccionamientos que introdujo en tal aparato, ayudado por PAPIN, y el uso tan frecuente y fructífero que

hizo de la máquina neumática; fué tal la importancia concedida a BOYLE, que por mucho tiempo el vacío obtenido con la máquina neumática se llamó "vacío de BOYLE", quedando así una vez más, en la Ciencia, obscurecido el nombre del verdadero inventor.

9. LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL: *Newton* (1666).

Es autor de la ley de gravitación universal, como todos sabemos, el célebre matemático y físico inglés ISAAC NEWTON, cuya larga vida tan fecunda fué para la Ciencia como discutidísima por su carácter y cualidades, e interesante por sus detalles, desde su prematuro nacimiento, hasta su enconadísima discusión con LEIBNITZ en su vejez; pasando por aquella curiosa anécdota referente a que habiendo sido nombrado por la Universidad para que la defendiese y sostuviera en el Parlamento, por haberlo hecho anteriormente en forma inmejorable frente al Rey Jacobo II, cuando se vió en aquel ambiente político, sólo una vez llegó a pedir la palabra, y fué para solicitar que un ujier cerrase una ventana.

NEWTON forma parte del grupo de genios que no han contado, ni dedejado escrita, ninguna aclaración a la forma utilizada para obtener alguna ley o fenómeno, llegando sólo a decir en una ocasión, cuando era interrogado en tal sentido, y como única explicación, que "pensando siempre en ello". Por tanto, no puede saberse a ciencia cierta si es verídica o no la leyenda muy conocida según la cual dicha ley tiene un origen puramente casual. Quienes defienden esta circunstancia, entre los cuales parece ser el principal propagandista VOLTAIRE, la basan en que cuando NEWTON tenía 23 años, o sea en 1666, hubo de abandonar la Universidad de Cambridge, en donde estudiaba, al ser cerrada temporalmente por haberse declarado allí una epidemia de peste bubónica. Vuelve a Woolsthorpe, su campestre lugar de nacimiento, por residir allí su madre en una pequeña granja, y en donde sólo podía dedicarse a cuestiones teóricas, pues la no existencia de laboratorios le impedía realizar experiencia alguna. Y es entonces cuando dicen que al ver caer una manzana de un árbol, su inteligencia le indujo a pensar sobre la causa de tal hecho, para de allí pasar a la susodicha ley de gravitación universal, relacionando las leyes de caída de los cuerpos dadas por GALILEO, las de movimientos astronómicos de KEPLER y la de la fuerza centrífuga de HUYGENS.

Otros, por el contrario, sostienen que su razonamiento para llegar a tan gigantesca y fundamental conclusión partió de la observación de que cuando un cuerpo gira alrededor de un punto tiende a continuar en cada momento, por su inercia, en línea recta, y si sigue una trayectoria circular es porque algo le lleva hacia el centro; es el caso de la cohesión de la cuerda en una honda. Luego si los planetas se movían en curvas cerradas, debía existir alguna ligadura (atracción) entre ellos y el Sol, y en general entre todas las partículas de materia. Estos, que niegan aquella circunstancia casual, quizá sean los que estén en lo cierto, pues alegan varias y fuertes razones, cuales son, por ejemplo: darse la circunstancia de que

ese mismo ejemplo de la manzana es citado por KEPLER en sus escritos, leídos y estudiados por NEWTON; que en realidad no sería necesaria aquella caída casual para llevar a su imaginación hacia tal asunto, por ser entonces cuestión muy de actualidad y discusión entre los físicos la de la atracción de los cuerpos; y, por último, los veinte años transcurridos desde tal observación hasta la publicación, el 5 de julio de 1686, de sus *Principios*, bajo el nombre de "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" (Principios matemáticos de la Filosofía natural), en tres tomos, de los cuales los dos primeros sólo servían para establecer los conocimientos matemáticos necesarios para tal teoría, siendo en el tercer tomo donde realmente la exponía, tratando de explicar con ella muchos fenómenos. Este tercer tomo, titulado "De Mundi Systemate", estaba inicialmente escrito bajo forma axiomática según la filosofía de entonces; pero luego, para hacer más comprensible su teoría, al volverla a publicar en 1713, le dió forma más matemática y la amplió considerablemente; y aun tuvo esta obra varias ediciones más, por ejemplo en 1726, un año antes de la muerte de NEWTON.

Este retraso de veinte años en la publicación lo justifican quienes creen en la intervención de la manzana, porque parece que NEWTON desconfió de la veracidad de su ley cuando quiso comprobarla aplicándola a los movimientos planetarios, para lo cual utilizó una mala medida de la longitud del arco de meridiano terrestre, y, como es lógico, llegó así a un falso resultado, que le hizo abandonar su idea. Más tarde, cuando pudo utilizar la magnífica medida realizada por PICARD de aquella magnitud, volvió a efectuar el cálculo con resultado plenamente satisfactorio y confirmatorio.

Esa teoría, que había de dar el concepto del mundo, fué acogida con indiferencia y prevención, pues hasta el propio HUYGENS la calificó de "absurda e indigna de ser tenida en cuenta"; incluso entre sus connaturales se propagó muy lentamente, consiguiéndose sólo al principio, en la propia Inglaterra, dos o tres seguidores, por ser entonces las teorías de LEIBNITZ y DESCARTES las que imperaban; y precisamente este último había negado la virtud atractiva general para todos los cuerpos, citada ya antiguamente, e incluso establecida por KEPLER en forma algo vaga y asimilándola al magnetismo, y que otros científicos, tales como BORELLI, HOOKE, HALLEY, etc., siguieron; se basaba para tal negación en haberse considerado la atracción como una cualidad oculta, tipo éste de propiedad que DESCARTES no sólo no quiso admitir, sino, por el contrario, desterrar para siempre, como lo prueba aquel párrafo de su carta a BENTLEY, donde le decía "que la gravedad sea innata, inherente y esencial a la materia, de suerte que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, y sin ningún intermediario que transmita esta acción o fuerza del uno al otro, es para mí un absurdo tan grande que se me hace imposible que un hombre capaz de tratar materias filosóficas pueda incurrir en él". Es gran mérito de NEWTON haber restablecido esta teoría, enunciando matemáticamente la ley y demostrándola, con lo que "la armó de una fuerza de que no la creía capaz" según frase de FONTENELLE.

Parece ser que NEWTON no atribuyó a su hipótesis todo el alcance físico que había de tener, incluso como verdadera causa de la gravedad, si atendemos a sus frases: "me valgo indistintamente de las voces *impulsión, atracción* y *propensión* hacia un cuerpo porque considero a estas fuerzas matemáticamente y no físicamente; por lo que guárdese el lector de creer que yo haya querido designar con estas palabras una especie de acción, de causa, o de razón física; y cuando digo que los centros atraen, cuando hablo de sus fuerzas, no ha de pensar que haya querido atribuir fuerza alguna real a estos centros, que considero como puntos matemáticos" ("Princ. Mathem. Philos. Mat.", pág. 7 en la edición de París de 1759).

Mucho se ha escrito sobre el establecimiento de esta ley, dando sus precursores e incidencias, incluso indicando la influencia que pudieran tener las consultas e intercambio científico de HALLEY con NEWTON para llegar a convencer a éste sobre la publicación de su gran tratado. Pero todo este detalle se saldría ya del objeto de nuestro trabajo.

10. LA ESFERICIDAD DE LA TIERRA: *Parménides* (500 a. J. C.)
11. MEDIDA DEL RADIO TERRESTRE: *Erathóstenes* (250 a. J. C.)
12. VARIACIÓN DEL PERÍODO DEL PÉNDULO CON LA LATITUD (ACHATAMIENTO DEL GEOIDE): *Richer* (1672).

Hemos alterado el orden cronológico seguido, para reunir estas tres historias, tan íntimamente relacionadas entre sí, a pesar del tiempo que las separa, pues gracias a ellas se ha llegado al definitivo conocimiento de la forma de la tierra. Extraordinariamente extravagantes y grotescas fueron las primeras ideas, sobre cómo debía ser, para conseguir explicarse sus habitantes tanto lo que veían, como lo que conocían por las referencias de quienes les decían haberlo visto, aunque muchísimas veces estas referencias eran fruto únicamente de la fantasia más desbordada o de sueños figurados luego realidad. Así, se la figuraron como un espacio cóncavo análogo al hueco interior del casco de un buque, como un huso alargado, como una enorme columna, como un gran disco, etc.

No nos pueden chocar estas falsas ideas, cuando en el siglo XVI aun creían en la existencia de hombres con cabeza de animales, o con ella bajo sus hombros, o con doble cabeza, etc., como lo demuestran no sólo textos de firmas que parecían solventes, sino incluso algunos grabados de aquella época representando tales absurdos.

La primera idea sobre la esfericidad de la tierra se debe, según ARISTÓTELES, al filósofo griego PARMÉNIDES, unos cinco siglos antes de la Era Cristiana, y deducida por la observación casual de la sombra terrestre en los eclipses de Luna; podría decirse que, físicamente, solamente por esto puede citarse a tal filósofo, pues si se descartan sus conocimientos en esta rama de la Ciencia habría de señalársele como plenamente anticientífico, por sus absurdas teorías que implicaban un completo desprecio a los estudios físicos: Así, por ejemplo, el mundo no era para él más que una

mezcla de luz y obscuridad, calor y frío, fuego y tierra, etc., es decir de cualidades o magnitudes inversas.

Adoptada la idea de la esfericidad, la primera medida del radio terrestre fué realizada 250 años antes de J. C., por el astrónomo griego ERATHÓSTENES, en Alejandría, a donde había sido llamado por PTOLOMEO. Aquel sabio, por casualidad, pudo observar que el día del solsticio de verano, el Sol iluminaba a mediodía el fondo de los pozos existentes en Siena, cerca de Etiopía (donde parece ser existe allí hoy día la ciudad de Assouan); tal hecho requería estar el Sol en el cenit de aquel lugar; pero en tal momento ese astro, tan fundamental para nuestra existencia, estaba a 7 grados 12 minutos del cenit de Alejandría, según pudo deducir midiendo la sombra de un gnomon o larga varilla vertical; de ambos datos pudo sacar en consecuencia que la diferencia de latitudes entre los antedichos lugares era la ya mencionada de 7° 12$^{m}$, admitiendo estar las dos ciudades en el mismo meridiano, y aunque esto no es cierto, introduce pequeño error por serlo también su diferencia de longitudes (19°). Como por otra parte se había realizado en la época de PTOLOMEO un catastro riguroso de toda la parte cultivada en el borde del Nilo, hasta el alto Egipto, por un buen conjunto de agrimensores, se tenía también una buena medida de la distancia entre aquellas dos ciudades, que resultaba ser de 5.000 estadios; y, por lo tanto, se disponía así de los datos necesarios para calcular como valor del grado terrestre el de 694,4 estadios; y teniendo en cuenta que un estadio egipcio equivalía a 600 pies, y el pie egipcio a 27 centímetros, se llega a encontrar para valor del meridiano terrestre 40.500.000 metros, resultado plenamente sorprendente por su aproximación al valor hoy admitido y que da gran mérito a ERATHÓSTENES, si se tienen en cuenta los medios de medida entonces utilizados.

Inmediatamente inician POSIDONIO y el propio PTOLOMEO la gran serie de medidas de arcos de meridiano, que habían de ser realizadas, por muy distintos operadores, en muy variados lugares, y durar hasta fines del siglo XVII, con tal diversidad de valores obtenidos que la confusión e incertidumbre sobre cuál fuese el verdadero no podía ser mayor hasta dicha fecha.

De esta serie de medidas nos parece curioso hacer resaltar dos, por sus particularidades: Una, es la realizada en 1550 por el médico francés FERNEL que, por su propia iniciativa y únicamente con sus particulares medios, sin apoyo alguno, ni del Estado, ni de entidad o persona alguna, mide la distancia entre París y Amiens, sirviéndose para ello de un odómetro (Brisson) u hodómetro (Lamer), o sea un dispositivo midiendo las vueltas dadas por la rueda de su carruaje, es decir lo que hoy llamaríamos un taxímetro, aunque apareciendo en el marcador la distancia y no el precio. En realidad el odómetro parece ser un instrumento muy antiguo, pues ya VITRUVIO al referirse a él ("Arquitect." lib. 10, cap. 14) lo citaba como una máquina antigua, y se componía de sucesivas ruedas dentadas que avanzaban un dientecillo cuando la del carruaje, o la inmediata anterior, giraba una vuelta completa, obligadas por un solo diente prominente

llevado por cada una: el número de vueltas de la última rueda se contaba gracias a sendas piedrecillas dejadas caer en un depósito, de las varias convenientemente alojadas en ciertas cavidades. Conocidos los radios de la rueda del coche y de los engranajes, fácil, aunque algo incómodo, era conocer el camino recorrido contando las piedrecillas caídas al depósito durante el viaje. Esta medida no sólo resulta importante por este dispositivo, sino porque se obtuvo una precisión verdaderamente magnífica, pues el valor obtenido de 57.070 toesas para valor del grado concuerda extraordinariamente con los que más tarde se hallaron de 57.060 toesas en operaciones muchísimo más largas y costosas y con instrumentos mucho más perfeccionados.

La otra medida que queremos citar es la realizada en 1615 por el sabio holandés WILLEBRORD SNELLIUS, profesor de Matemáticas en la Universidad de Leyden, a quien se debe la fundamental fórmula de la dióptrica, dando en el año 1625 el índice de refracción por la relación entre las cosecantes del ángulo de refracción y de incidencia, redescubierta por DESCARTES hacia 1626 ó 1627, haciendo ya intervenir los senos en la forma conocida corrientemente, cuya coincidencia dió origen a grandes y enconadas polémicas al haber quienes acusaron a DESCARTES de plagiario. Se debe también a SNELLIUS, y por eso lo citamos aquí, la invención y aplicación por primera vez del método trigonométrico o de cadena o red de triángulos para medir un arco de meridiano, que es el actualmente seguido; él lo aplicó para medir la distancia en su país natal entre Alkmaar y Berg-op-Zoom, pero por grandes errores cometidos en la medida, el resultado de 55.021 toesas es francamente rechazable.

No podemos por menos de hacer resaltar la sorprendente diferencia observable al parangonar ambas medidas: En la primera, con un mal método y aparatos deficientes, se obtiene un magnífico resultado, mientras el de la segunda es inadmisible a pesar de los buenos instrumentos y del extraordinario mérito de inventar y utilizar un método que ya no se había de abandonar. Es una de las muchas paradojas presentadas por la experiencia, y la vida, originada en este caso porque la casualidad hizo se compensasen o no los errores de dichas medidas.

Tal era el estado de esta cuestión cuando el rey Luis XIV de Francia funda la "Academie Royale des Sciences" en París. Sus primeros ilustres miembros quisieron corresponder a tal honor realizando alguna medida o experiencia científica importante, y pronto llegaron a la conclusión de que nada mejor podía hacerse que conseguir dar un valor definitivo, obtenido con una precisión hasta entonces inigualada, para el grado del meridiano, es decir, determinar exactamente la forma de la tierra, claro que bajo la hipótesis de su esfericidad entonces imperante. Encargaron de ello al astrónomo JUAN PICARD, profesor de Astronomía en el Colegio de Francia desde 1655, quien midió en 1665 el arco de meridiano entre París y Amiens por el método trigonométrico, con una base medida en Juvisy, y utilizando por primera vez anteojos en los instrumentos para aumentar el alcance y la precisión en la medida de los ángulos. Se llegó así a dar

como valor del grado terrestre el de 57.060 toesas, considerándose entonces como ya definitivo; recuérdese que este valor fué el utilizado por NEWTON para comprobar su teoría, que antes fallaba por la falsedad del previamente utilizado de 49.540 toesas, y, resultando ahora exacta, le animó a continuar su aplicación y llegar a su publicación.

Parecía así plenamente terminada esta cuestión, cuando una tercera observación casual vuelve a hacerla estar en plena actualidad y objeto de controversias enconadas: El astrónomo francés JUAN RICHER fué enviado por la Academie Royale des Sciences de París a la isla de Cayena, a unos 5° por debajo del Ecuador, para hacer observaciones astronómicas; y habiendo salido en octubre de 1671 llegó a Cayena el 22 de abril de 1672. Entre los instrumentos necesarios para sus observaciones figuraba, como es natural, un buen reloj de péndulo, previamente ajustado en París para que exactamente batiese segundos; y, al ponerlo en estación en Cayena y comprobar su marcha, observa extrañadísimo se retrasaba diariamente en 2 minutos 28 segundos; plenamente seguro de este retraso se decide a retocarlo, debiendo acortarlo en 2,5 milímetros aproximadamente, y cuando vuelve a París, realizada su misión, ha de restituírle su longitud primitiva para tenerlo nuevamente exacto. Esta variación de la longitud del péndulo de segundos con la latitud causó grandísima extrañeza en el mundo científico, pero HALLEY, en 1677, y otros observadores, la confirmaron enseguida.

Físicos y astrónomos empezaron a buscar las causas de tal hecho. Pronto hubo de verse no era suficiente la dilatación del péndulo por la mayor temperatura ambiente de Cayena. También se pensó podía ser debido tal retraso a la distinta fuerza centrífuga originada por la rotación de la Tierra, pues siendo mayor en el Ecuador que hacia los Polos, haría le sucediese lo contrario al peso, y, por lo tanto, que "supuesto el movimiento de rotación de la tierra, los pesos deberían bajar con menos fuerza en el Ecuador que en los Polos", según comunicaba PICARD a la citada Academie Royale des Sciences en el artículo IV de su "Medida de la tierra" publicada en 1671; esta hipótesis de PICARD parece ser había suscitado ya discusiones en la Academia, y hasta hay quienes sostienen que por ello habían encargado a PICARD observase bien el péndulo en Cayena. Pero en definitiva los cálculos tampoco llegan a justificar el valor hallado.

De todos modos aquella observación conduce casualmente a la definitiva hipótesis sobre la forma de la tierra; y esta hipótesis es otro fruto de aquellas geniales inteligencias de NEWTON y HUYGENS que, para explicarla, imaginaron podía haber sido fiúida la tierra, y por tanto haber tenido forma achatada por los polos, como consecuencia de su rotación, cuya forma se conservaría aunque se hubiera solidificado. Ambos aplicaron su teoría al cálculo de la relación que debería existir entre el diámetro polar y el ecuatorial, hallando respectivamente 229/230 y 577/578, correspondiendo al primero, o sea a NEWTON, la gloria de ser el verdadero valor; e incluso llegó a demostrar la correlación del achatamiento terrestre con el fenómeno de la precesión de los equinoccios. Además, esta hipó-

tesis tenía relativa confirmación al haberse visto, mediante los anteojos de aquella época, ya suficientemente potentes para ello, que el planeta Júpiter, con velocidad de rotación superior a la de la Tierra, tenía un característico achatamiento.

Lanzada esta nueva hipótesis del achatamiento del geoide, en seguida empezaron otra vez las medidas de arcos de meridiano a distintas latitudes, no sólo para comprobar la exactitud de las efectuadas anteriormente, sino para llevar a efecto la idea propuesta por PICARD a la Academie des Sciences de cubrir a toda Francia con una red continua de triángulos que, comprendiendo desde Dunkerque a Perpignan, sirviese para conocer toda la topografía regional y medir en gran extensión el meridiano que pasa por París.

El propio PICARD hizo fuese a Francia el astrónomo italiano DOMINGO CASSINI, que, tras nacionalizarse francés, fué colmado de cargos y honores, algunos de ellos quitándoselos a su gran protector, y hasta regateándole sus méritos ciertos, poniendo así de manifiesto su gran ingratitud; CASSINI, en colaboración con DE LA HIRE, empezaron en 1680 aquellas mediciones, continuadas luego hasta 1736 por él o sus descendientes. Por error, o falta de conocimientos geométricos, creyeron que si la Tierra era achatada, la longitud del grado de meridiano debía ser menor en los Polos que en el Ecuador; y como asegurasen haberlo así efectivamente hallado con medidas muy exactas, los geómetras hicieron notar que en tal caso la Tierra había de ser oblonga, es decir con menor diámetro en el Ecuador que en los Polos, por lo cual, aferrados los CASSINI a la exactitud de sus determinaciones, llegaron a sostener esta forma en su obra "De la grandeur et figure de la terre", publicada en 1718.

Podemos imaginar las nuevas y terribles controversias en todo el mundo, y aun dentro de la misma Academia francesa, entre los partidarios de ambas formas: los de la oblonga, capitaneados por los CASSINI, y los de la achatada por los Polos, sostenida por NEWTON y sus seguidores, al frente de los cuales figuraba, en Francia y su Academia, MAUPERTIUS, que sostenía debían ser erróneos los valores dados por aquéllos, bien por defectos de medida o por excesiva proximidad de los grados comparados. Para terminar estas discusiones, el astrónomo GODIN propuso en la susodicha Academia unas nuevas y definitivas medidas realizadas por competentes comisiones en lugares próximos al Ecuador y al Polo Norte. Esta última estuvo formada por MAUPERTIUS, CLAIRAUT, CAMUS y LE MONNIER, emprendiendo viaje a Laponia en 1736, y terminando pronto su cometido. La otra, formada por GODIN, BOUGUER y LA CONDAMINE, había de ir al territorio ecuatoriano de Quito, que, por formar parte de aquella grandiosa España Imperial, hizo necesario el permiso del rey Felipe V, quien no sólo lo concedió, sino que contribuyó espléndidamente a sus gastos, haciendo además se uniesen a tal comisión dos españoles, los guardias marinas alumnos entonces de la Armada Nacional, Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Y precisamente queríamos llegar hasta esta colaboración española para airear orgullosamente las banderas de la reivindicación científica

de nuestra Patria, tan magistralmente levantadas en esta cuestión por el erudito D. JULIO F. GUILLÉN, perteneciente a la gloriosa Marina Nacional que tantos hombres de ciencia ha dado y sigue dando, con su documentado e incontrovertible libro "Los Tenientes de Navío Jorge Juan y Antonio de Ulloa en la medición del meridiano", publicado en Madrid en 1936. Generalmente esta operación sólo se atribuye a los franceses, y a los españoles no se les nombra, o donde más sólo se dice acompañaron a aquéllos; y bien claro queda allí puesto de manifiesto el trabajo de nuestros compatriotas, tanto o más intenso e importante que el de cualquier otro, salvo en la organización de maniobras para eliminar méritos de los demás, cuestión en la que tan ducho resultó ser para todos el "travieso" LA CONDAMINE, de tan formidable ingenio en todas sus actividades, y que al final parece ser sintió cierta simpatía por España.

Cuando esta Comisión dió también cuenta a la Academie Royal des Sciences de París de sus resultados, quedó claramente demostrado ser el grado de meridiano en el Polo mayor que en el Ecuador, de acuerdo con la teoría de NEWTON, lo cual hizo decir a VOLTAIRE que "los académicos han aplastado a la tierra... y a los CASSINI".

### 13. CONTRACCIÓN EN LAS DISOLUCIONES DE DOS LÍQUIDOS: *Réaumur* (1733).

El espíritu investigador de RENATO ANTONIO FERCHAULT DE RÉAUMUR, que le hizo abandonar otros estudios para dedicarse a las Ciencias naturales, se manifestó muy pronto sumamente fecundo e ingenioso, consiguiendo así a los 25 años de edad, en 1708, llegar a formar parte de la Academie Royale des Sciences de París. Muchos son sus descubrimientos en muy diversas ramas de la Ciencia, pero aquí vamos sólo a referirnos a uno de ellos, el único citado como casual.

Conocida la porosidad de los sólidos, quiso averiguar si tal propiedad era también común para los líquidos, manifestándose por su compenetración. Con tal objeto, según acredita la Historia de la Academie Royale des Sciences del año 1733, vertió en un tubo de vidrio dos partes de agua, y encima una parte de aguardiente, con el cuidado necesario para que de momento no se mezclasen ambos líquidos, observando y marcando el nivel total alcanzado por ellos. Luego los agitó fuertemente hasta conseguir una buena mezcla, y, cuando a continuación observa el nuevo nivel, encuentra haberse verificado una disminución de volumen y que, para restablecer el inicial, era necesario añadir 1/120 más de aguardiente.

No sólo fueron estos dos líquidos los ensayados, pues llega a citar varios más que dice "se penetran"; y, entre éstos, están el agua y el ácido sulfúrico, con la particularidad de que al verter aquélla sobre éste, dice "hay ebullición".

Es cierto que RÉAUMUR iba buscando la porosidad y entonces la observación del fenómeno buscado no sería casual, pues no era sino la confirmación de lo buscado; pero descartada luego aquella propiedad para los

líquidos, aparece la contracción de la mezcla, cuyo descubrimiento sí puede considerarse con tal carácter.

14. Los emulsores: *X-Bellange* (1766).

Ya hemos citado anteriormente el descubrimiento de que con una bomba aspirante (llamada atractiva entonces) sólo se podía elevar el agua a 32 pies (10,33 metros). Sin embargo, 136 años más tarde, o sea en 1766, aparecieron unas noticias en los papeles públicos (periódicos o revistas de entonces) comunicando que en Sevilla se había logrado elevar el agua con ese tipo de bomba a 60 pies (unos 19 metros), de lo cual resultaría ser falso lo hasta entonces sostenido como peso de la columna atmosférica. Lo ocurrido en realidad tiene importancia por haber servido para idear la elevación de los líquidos, mediante vacío, a mayores alturas que los susodichos 32 pies, y porque en ello intervino decisivamente la casualidad.

No hemos logrado conocer el nombre del protagonista de esta historia, y sí sólo el lugar del hecho, Sevilla. Sucedió que un constructor, poco instruído, de tal tipo de bombas, hizo una con todo cuidado y esmero, convencido de llegar a elevar con ella el agua hasta los 60 pies deseados por él; pero una vez emplazada, con un tubo de la antedicha longitud, por más que la hizo funcionar no consiguió subiese el agua hasta el cuerpo de bomba. Después de muchas tentativas, al finalizar una de ellas, desesperado y enfurecido ante su fracaso, descargó con un hacha un fuerte golpe sobre el tubo de aspiración a unos 10 pies (unos 3,2 metros) del agua del depósito, abriendo allí una brecha; y precisamente en aquel momento subió hasta la altura deseada una cierta cantidad de agua, dando origen a que creyese haber resuelto el problema. Pero en sucesivos intentos no volvió a lograr éxito análogo.

Enterado poco después de todo esto un tal Bellangé, diamantista en París, pensó si la causa de tan extraordinaria elevación podría estar precisamente en el hecho de abrir aquella brecha en el tubo, porque, al penetrar el aire en él, hacía se rompiese la columna de agua en dos partes: la inferior, de 10 pies, caía nuevamente al depósito, pero la superior, de 22 pies (7,10 metros), era lanzada hacia el vacío superior, llegando por tanto a la bomba. Para que volviera a suceder sería necesario cerrar nuevamente la brecha y abrirla otra vez en momento oportuno. Pero aun tuvo Bellangé mejor idea, cual fué la de construir una bomba cuyo cuerpo tuviese 25 líneas (5,5 centímetros) y cuyo émbolo recorría 8 pulgadas (21,44 centímetros), unida a un tubo de aspiración de 10 líneas (2,2 cm.) de diámetro y 56 pies de longitud (unos 18 metros), provisto de sendas válvulas en sus extremos, y teniendo un pequeño orificio de media línea (0,11 centímetros) de diámetro, practicado de 12 a 15 pulgadas (32-40 cm.) sobre el nivel del agua, en la que sumergía el extremo inferior del tubo de aspiración. Con este dispositivo, si movía el émbolo con lentitud no subía el agua, pues por el orificio penetraba aire suficiente para compensar el vacío hecho; pero si las emboladas eran rápidas y muy seguidas, el orificio no podía proporcionar todo el aire extraído por la bomba, y por tanto iba

subiendo poco a poco el agua, que al llegar al orificio se mezclaba con el aire, originándose en el interior del tubo una columna compuesta de sucesivos cilindritos alternativos de agua y aire; y aunque esta columna alcanzase a tener una altura de 55 pies (17,75 metros), no llegaba a pesar lo que una de 32 pies (10,33 metros), toda ella de agua.

Se había así ideado la elevación de líquidos mediante los emulsores; y ello debido a dejarse llevar por un arrebato de ira o mal genio, que tan nefastas consecuencias suele siempre llevar consigo. Bien es verdad que, como casi siempre, aquel arrebato no le favoreció a él en definitiva, sino a otro más sereno y ecuánime.

15. La aerostación: *Los hermanos Montgolfier* (1782).

Hemos de empezar haciendo la advertencia de que no nos vamos a referir ahora a la aviación, es decir al vuelo con aparatos más pesados que el aire desplazado, sino solamente a la aerostación, o sea al vuelo con artefactos menos pesados que el aire. Quizá su origen se remonte a unos 390 años antes de Jesucristo si se admite la leyenda contada por Aulo Gelio en sus "Noches Aticas", según la cual el físico Arquitas, natural de Tarento, había construído con madera una paloma mecánica que volaba gracias al soplo secreto de "un aire" encerrado en su cuerpo; téngase en cuenta al decir "un aire" que los gases eran conocidos desde mucho antes de Paracelso (siglo xvi), llamándoseles entonces "espíritu silvestre", siendo Van Helmoltz quien sustituyó el nombre de espíritu por el de gas, invención suya, aunque conservando el epíteto de silvestre; y que el nombre de "aire" fué utilizado por Boyle, Hales, Lavoisier, etc., que los consideraban todos como un mismo cuerpo, aunque mezclado con más o menos cantidad de otras materias, de donde resultaban sus diferentes propiedades; fué el gran químico inglés Priestley quien en 1772 publicó sus "Observaciones sobre las distintas especies de aires", llegando a distinguir las diversas clases de gases. Por todo esto al decir "un aire" deberemos creer que se tratase de aire caliente.

Existe también otra leyenda relatada por Suetonio, según la cual durante las fiestas dadas en Roma el año 66 de nuestra Era, por Nerón, un hombre voló utilizando una especie de "carroza de fuego", pagando con su vida aquel intento, a causa de una mortal caída. Angel M. Zuloaga lanza la idea en su libro "Curso elemental de Aeronáutica" (Buenos Aires, 1937), de que aquel artefacto "bien pudo ser un globo, máxime si se considera que los romanos poseían industria muy avanzada en tejidos, lo cual, unido al conocimiento del aire caliente o del humo, sugiriese la idea de construir una gran bolsa capaz de levantar por los aires a un hombre". Si esta suposición fuese cierta, no cabe duda sería aquel romano el precursor de la aerostación.

Surgen luego otras dos leyendas, traídas por los misioneros y relativas a la aerostación en los pueblos primitivos. En la primera de estas dos leyendas se cuenta que en las islas Carolinas un hijo de un espíritu bien-

hechor y de una mujer mortal, llamado Ulefat, quiso ir a reunirse con su padre, para lo cual intentó elevarse hasta el cielo; en su primer intento pronto cayó al suelo; pero en el segundo, realizado con la ayuda de humo de un gran fuego, debió conseguir su propósito, pues ya no volvió a la tierra.

La segunda leyenda está relatada en una memoria del misionero francés BASSON, fechada en 1694, haciéndose constar en ella que en 1306 uno de los festejos realizados en China, con motivo de la coronación de su emperador Fu-Kien, fué la elevación de un globo.

Por otra parte, aquel franciscano inglés llamado ROGERIO BACÓN, cuyos profundo saber y geniales inventos hicieron fuese conocido con el nombre de "Doctor admirable", pero que, precisamente por estas envidiables cualidades, tantas rivalidades suscitó que llegaron a originarle persecuciones y prisión al ser acusado de magia y de tener relaciones con el demonio, había lanzado en su tratado "De mirabili potestate Artis et Naturae", en el siglo XIII, la idea de que "no sería difícil construir una máquina con cuya ayuda el hombre podría moverse en el aire". Esta idea la recogió JOHN WILKINS, varios siglos después, en un libro publicado en Londres el año 1640, en el cual llega a describir, sintiéndose tan pronto científico como literato, una especie de barca que había de flotar en la atmósfera análogamente a como lo hacen las del mar o los ríos. Esta misma idea es desarrollada treinta años más tarde, con orientación que quiere ser ya plenamente científica, por el padre jesuita italiano FRANCISCO LANA, al publicar en Brescia, el año 1670, un libro en el que propugnaba por la construcción de un "Batel volador" consistente en una especie de barca sujeta a cuatro globos o grandes esferas de cobre, huecas, y totalmente hecho el vacío en su interior, exponiendo las dimensiones que debe tener cada una de las partes de tal artefacto, incluso el procedimiento de hacer el vacío en los susodichos globos; la traslación podría hacerse merced a remos y velas, y la elevación sería debida al empuje correspondiente al *Principio de Arquímedes*. Se habría así logrado el primer *menos pesado* que el aire; pero no sólo no llegó a realizarse esta idea, sino que HOOKE y BORELLI la criticaron, demostrando la imposibilidad de construir globos de las dimensiones indicadas por el padre LANA sin que al hacer el vacío se aplastasen por efecto de la presión atmosférica. En 1755 el P. GALLIANI volvía sobre esta idea, y mediante los cálculos correspondientes llegaba a demostrar también la imposibilidad del "Batel volador", pues para llegar a flotar en el aire, dadas las dimensiones necesarias de los globos, "habría de ser tal navío aéreo más largo y ancho que lo era entonces la ciudad de Avignon, y tan alto como un monte considerable, y aun así debería estar lleno de un gas la mitad más leve que aquel en donde hubiera de fluctuar".

Por último, hay quienes atribuyen este invento al físico brasileño o portugués BARTOLOMÉ LOURENÇO DA GUSMÃO, que en 1709, en la Corte de Juan V, en Lisboa, dicen, consiguió elevarse en el aire mediante un canastillo de madera recubierto de papel, bajo el cual ardía una llama, achacando la no repetición de esta experiencia a ser su final un accidente, con suerte para el tripulante por salir ileso, y tener como consecuencia el verse

acusado de brujería, por lo que a punto estuvo de perder la vida milagrosamente salvada antes.

Pero sean más o menos ciertas las leyendas y hechos relatados anteriormente, a ningún resultado positivo se había llegado en definitiva. Por eso débese citar a los hermanos franceses José Miguel y Jacobo Montgolfier, nacidos en Vidalon, cerca de Annonay, como los iniciadores de la aerostación, pues a ellos corresponde la gloria de los primeros ensayos, realizados a mediados de noviembre de 1782, tras los que habría de alcanzarse su máximo desarrollo. Los caracteres de ambos hermanos fueron muy distintos, ya que el primero era muy aventurero, poco sistemático, y de soluciones rápidas y espontáneas para los asuntos, mientras el segundo fué más estudioso, razonador y ordenado; y quizá esa misma diferencia los llevó a reunirse para la realización de las experiencias y ensayos de mejoramiento, pues no cabe duda que se complementaban; dándose el bonito ejemplo de que jamás quisieron decir quién había tenido mayor parte en el invento, ofreciendo así una muestra ejemplar de verdadera fraternidad y magníficos desinterés y armonía.

Hay varias versiones acerca del motivo que indujo a estos hermanos a investigar sobre tal cuestión, de las cuales sólo dos recojemos aquí, por intervenir en ambas la casualidad.

Una de estas versiones tiene como origen la observación de un fenómeno natural corriente: Según ella, el ver ascender en la atmósfera las nubes de humos que salían por la chimenea de su fábrica de papel, debió originar en alguno de ellos, probablemente en el emprendedor José Miguel, la idea de utilizar aquellas nubes para elevarse en el aire por encima de la tierra. De aquí saldría el empleo del vapor de agua para llenar un recipiente de finas paredes de papel, y en vista del casi nulo resultado, por su rápida condensación, pasar al humo y sucesivos gases.

La otra versión, mucho más casual y hasta humorística, consiste en admitir fué la esposa de uno de ellos quien vió admirada cómo una camisa, que estaba tendida sobre el fuego, iniciaba un movimiento ascensional tendiendo a desprenderse de la cuerda que la sostenía. Asombrada por aquello, fué en seguida a comunicárselo a su marido; y entonces es cuando se les ocurrió a los hermanos hacer pruebas utilizando materia más ligera y compacta que la camisa, cual era un globo de papel, recurso plenamente lógico por su conocimiento sobre tal sustancia y facilidad para su construcción, en quienes eran propietarios y directores de una fábrica de papel. Las primeras experiencias fueron realizadas dentro de una habitación, y efectuadas, dada la observación que las originaba, con un pequeño paralelepípedo hueco de tafetán de unos 40 pies cúbicos (alrededor de 1,5 metros cúbicos) lleno de humo de papel; en vista de que efectivamente se elevaba hasta el techo, repitieron la experiencia al aire libre, viéndole subir hasta unos 70 pies (alrededor de 23 metros). En seguida realizaron ensayos con globos que van modificando para conseguir mayores y más duraderas elevaciones; y esto no sólo lo consiguen aumentando sucesivamente su tamaño, sino impidiendo que el aire contenido se enfríe pronto, mediante un hornillo o recipiente con fuego, generalmente alimentado con paja, que a su vez les

obligó a variar algo la forma del globo para darle la conveniente estabilidad. Así llegaban a experimentar con un globo de hasta unos 11 metros de diámetro, y formado por franjas de tela, en forma aproximada de huso esférico a gajos, forradas de papel; por su fuerza ascensional llegó a romper las cuerdas que lo sujetaban, y tras elevarse a una altura de unas 100 a 150 toesas (200 a 300 metros) fué a caer sobre unas colinas inmediatas, junto a unas viñas, incendiando el seto que las cercaba.

El entusiasmo despertado por ver la ascensión de los globos hizo llegaran a generalizarse en forma tal que, hasta en los niños, eran más corrientes que las cometas. Pero los incendios producidos en su caída con el fuego de sus braseros fueron también muy frecuentes e importantes, y así por ejemplo, en Nimes faltó poco para incendiarse la casa de las Escuelas Reales de Educandas por un globo caído muy cerca de un inmenso montón de leña. Estos incendios tuvieron dos consecuencias: una, que el Gobierno diese disposiciones exigiendo, para poder proceder a cualquier elevación de globos, la previa autorización por la policía, y ésta solo la concedía a personas o entidades experimentadas y con la solvencia necesaria para responder de todos los perjuicios que pudiesen ocasionar; la segunda consecuencia, mucho más importante para la Ciencia, fué se tratasen de hacer imposibles estos peligrosos accidentes, al mismo tiempo que se buscaba una mayor duración del vuelo, evitando la influencia del enfriamiento del humo en el pronto descenso; y para ello los mismos hermanos MONTGOLFIER pensaron en probar con otros gases o *aires*, citados en el libro "Observaciones sobre las distintas especies de aires", recién publicado por PRIESTLEY, ensayando el hidrógeno y un "vapor eléctrico" que decían (no en balde estaba muy en boga la electricidad) se formaba al quemar juntos paja húmeda y algodón o lana secos.

Las controversias sobre las ventajas e inconvenientes de este descubrimiento fueron, como casi siempre sucede, numerosas y enconadísimas. Sus partidarios decían serviría para disminuir el trabajo de los hombres, transportar cargas y efectos por encima de las montañas y ejércitos enemigos, explorar la atmósfera y las nubes, etc. Por el contrario, sus detractores decían no habría murallas posibles para salvaguardar las poblaciones, ni puertos ya seguros en donde se refugiasen las escuadras; que ya no habría policías ni tropas que pudiesen detener a ladrones o asesinos, quienes así contarían con un magnífico medio de llegar donde quisieran y escapar después, etc. El detalle de todas estas polémicas, así como las sucesivas experiencias y pruebas, con las curiosísimas incidencias ocurridas en ellas, tales como accidentes, primeros aeronautas vivientes (un cordero, un gallo y un ánade), etc., se salen ya de este trabajo cuyo objeto sólo es poner de manifiesto el origen casual de la aerostación; y también prescindimos de citar todos aquellos aeronautas que lo fueron por casualidad, como fué el caso de GUERIN al ser enganchado, arrastrado y elevado por una áncora colgante de un globo. Solamente queremos recordar, por lo que tiene de común con todos los descubrimientos científicos en su iniciación, la filosófica contestación de BENJAMÍN FRANKLIN a una dama que presenciaba el día 21 de noviembre de 1783, junto a él, la primera elevación

de dos hombres en un globo (hubo quien propuso fuesen dos condenados a muerte, aunque no prosperó esta idea por haber voluntarios tan honorables como lo eran PILATRE DE ROZIER y el MARQUÉS DE ARLANDES); al ser interrogado sobre para qué servía aquéllo. se limitó a contestar: "Señora, ¿y para qué sirve un niño recién nacido?" Ahora podríamos decirle que ese niño entonces recién nacido, a pesar de haber costado tantas vidas, no es de los que haya dado más resultados provechosos. Por eso, frente a todo nuevo invento debemos seguir el consejo de quien decía que "en este mundo nunca se debe ser panegirista entusiasta, ni detractor de mala fe".

16. AVIACIÓN:

INFLUENCIA DEL VIENTO CONTRARIO: *Leonardo da Vinci* (1505); *Lilienthal* (1861); *Cayley* (1809).
FORMA DE LAS ALAS: *Lilienthal* (1874).
FORMAS AERODINÁMICAS: *Cayley; Townend.*
LA PALANCA DE MANDOS: *Esnault-Pelterie* (?) (1910) (?)

Es natural que al ver volar las aves, los hombres pensasen en imitarlas y tratasen de elevarse para surcar los aires con la rapidez y seguridad de aquéllas.

Indudablemente, hubo de juzgarse desde muy antiguo, y en múltiples ocasiones, que un buen procedimiento para conseguir ver realizada esa idea, sería utilizar las mismas aves para sostener y arrastrar apropiados artefactos o vehículos aéreos, a semejanza de como lo hacían los animales terrestres, aprovechados por el hombre desde la más remota antigüedad para su transporte y el de sus necesarios elementos; y es lógico se tendiese a emplear, como mucho más convenientes, las aves de gran tamaño, a las que parecía debía suponerse un gran poder volador, tales como águilas, condores, cisnes, etc. ¿Llegó a realizarse este deseo? Existen leyendas según las cuales, tanto Alejandro Magno, como Nemrod, llegaron a volar sostenidos por majestuosas águilas, excitadas a ello, y guiadas, mediante comida presentada ante sus cabezas. Pero hemos de admitir que tanto estos viajes, como los análogos descritos en muchas novelas de los siglos XVI, XVII y XVIII, son solamente producto de la imaginación.

Dada la imposibilidad de tal procedimiento, entre otras causas por la extraordinaria dificultad de domesticar a las aves para tal fin, habría de recurrirse entonces a que fuese el propio ser humano quien se proveyese de ciertas alas, o de aparatos adecuados, que le permitiesen la consecución de sus deseos.

Y también sobre tal forma de volar existen muy variadas leyendas, como por ejemplo, las dos siguientes, una europea y otra asiática, correspondientes ambas a unos 2.000 años antes de Jesucristo. La primera, es narrada por el poeta romano PUBLIO OVIDIO NISÓN, y se refiere a la muy conocida historia de Dédalo y su hijo Icaro, quienes, para salir del Laberinto creado por Minos, rey de la isla de Creta, construyeron y emplearon unas alas hechas con plumas de ave, unidas entre sí con cera; y sabido es que Icaro fué a caer al mar, donde pereció, por contravenir los prudentes

consejos de su padre de no volar excesivamente bajo, ni elevarse demasiado con aquellas alas que, respectivamente, podían inutilizarse por humedecerse con el agua del mar, o por fundirse con el calor del sol. Leyenda simbólica, sumamente aleccionadora, pues no sólo enseña el desastroso final originado por las desobediencias a los siempre sabios consejos paternales, sino también la prudencia que debe regir todos los actos del hombre, incluso su propia marcha en la vida, sin arrastrarse jamás, ni tampoco elevarse con exceso en cuanto, por disponer de unas débiles alas artificiales, supónese capaz, presuntuosamente, de remontarse sobre los demás.

La leyenda asiática, de la misma época, se refiere al antiquísimo y fabuloso imperio de Ki-Kouang; aquellos chinos, que tenían tres ojos y un solo brazo, poseían unas carrozas voladoras, cuyo dibujo se ha repetido muchísimo, consistentes en una especie de caja provista de dos pequeñas alas y dos ruedas con aspas, llevando además algunas veces un dispositivo que bien pudiera representar una vela.

Hay, además, algunas otras leyendas, tales como las americanas, según las cuales, los incas, en varias ocasiones, contaron con hombres que pudieron volar gracias a haberles salido, o inventado, unas ciertas alas que así se lo permitían. Tal es la forma en que la tradición inca supone fué Ayar Auca a tomar posesión del lugar en que había de fundarse la ciudad de Cuzco, por orden de su hermano Manco Capac, primer emperador inca.

No es objeto nuestro detenernos en la extensa, curiosísima y anecdótica historia de la aviación. En este caso deberíamos ir citando los intentos llevados a efecto con mejores o peores resultados, de precursores tales como el monje benedictino inglés Oliver de Malmesbury que en el año 1060 utilizó unas alas de pluma de ave; de un sarraceno que el año 1100, en Constantinopla, se lanzó desde una elevada torre con su gran traje blanco anudado en forma tal, que indudablemente quiso funcionase como paracaídas, aunque su intento fracasase mortalmente; del matemático italiano Bautista Dante en el siglo XIV, quizá el primer realizador del vuelo planeado; de los muchos aparatos, tales como el del cerrajero francés Besnier, en 1678, con los que se trató de imitar el vuelo de las aves; de los cohetes usados en el siglo XVII para elevar animales de poco peso, tales como perros y gatos; y otros muchísimos más experimentadores o proyectistas que indudablemente contribuyeron con sus estudios, éxitos o fracasos, a hacer posible el dominio del aire con aparatos más pesados que éste.

Para poner de manifiesto la clara participación que la casualidad ha tenido en el desarrollo de la aviación, nos limitaremos a reseñar las historias de ciertos y determinados avances. Con esta orientación habremos de citar primeramente a Leonardo da Vinci, aquel artista inmortal que dedicaba también su inspiración genial a variadísimas actividades científicas, proyectando muy diversas obras y máquinas, muchas de las cuales ni siquiera se llegó a intentar llevarlas a efecto. Pero de todas aquéllas, quizá la más cautivadora para su inteligencia fué la de lograr que el hombre volase; justificarían esta predilección quienes creen en sueños y predestinaciones, con la siguiente nota escrita por el propio Leonardo: "Yo recuerdo que, en mi remota niñez, soñé una vez que estaba echado en la cuna

y venía volando un buitre, me abría la boca, y me la rozaba varias veces con el plumaje, como señal de que durante toda mi vida estaría yo hablando de alas".

Para poder llegar a encontrar la máquina voladora deseada, que llegó a proyectar y dibujar, pero no a realizar, se dedicó a observar y estudiar, atenta y constantemente, los movimientos de las aves, si bien, cuando recapacitaba en su posible realización, ya decía: "Has de pensar que tu pájaro no ha de imitar sino al murciélago... porque su membrana voladora no está perforada"; y en efecto, son estas alas las más parecidas a las de los aviones de todas las épocas, pero especialmente a las de los primeros tipos, con superficie de tela barnizada.

Su obsesionante y permanente observación origina, casualmente, el conocimiento de uno de los grandes secretos de la aviación, consistente en marchar contra el viento para empezar a elevarse: Y fué considerado tan esencial por LEONARDO DA VINCI, que en el códice sobre el vuelo de las aves anotó: "Las aves de grandes alas y cola corta" (tipo que correspondía al de su ideal aparato) "despegan del suelo con ayuda del viento... según me mostró un ave de rapiña... el 14 de marzo de 1505". Hay la coincidencia de ser precisamente esta ave de rapiña, también como en su sueño, un buitre. La forma en que realizó esta observación casual, la refiere KARLSON del siguiente modo:

"En la mañana de aquel día, iba LEONARDO de camino hacia Fiésole. El viento soplaba fuertemente por las faldas de las montañas. Un buitre grande, saltando receloso, vuelto su ojo amarillo hacia el recién llegado, se posa en la roca. La mirada de LEONARDO se dirige a él, lleno de admiración y curiosidad. Y el pájaro, súbitamente, emprende el vuelo; bate una vez las alas, se vuelve rápidamente contra el viento, y, con las alas quietas, oscilando ligeramente y balanceándose un poco, se aleja cerniéndose, sostenido y empujado por la corriente de aire que se eleva tumultuosamente. Ya sabe el ingeniero cómo se lanzará del suelo su aparato volador, contra el viento."

Caso muy parecido les ocurre a los hermanos OTTO y GUSTAVO LILIENTHAL, nacidos en Anklam, que ya de hombres tantísimo habían de influir para hacer posible la aviación, con los resultados de sus constantes y magníficos experimentos realizados a lo largo de veinte años, llevando así a efecto la frase de que "Concebir una máquina de volar, no es nada; construirla, es poco; ensayarla, es todo", que algunos atribuyen a ellos mismos y otros al capitán FERBER. Y, precisamente, en uno de estos ensayos, el 9 de agosto de 1896, había de sufrir OTTO un accidente mortal al caer desde una altura de quince metros y fracturarse la columna vertebral. Siendo niños, allá por el año 1861, jugueteaban por los campos próximos a su residencia, llevándoles su curiosidad a contemplar los movimientos y vuelos de las aves. Quizá las que más los atraían eran unas hermosas cigüeñas, sorprendidas un día bastante próximas cuando buscaban su comida en un prado; deseando verlas aún más de cerca, se arrastran hacia ellas, siempre sin dejar de observarlas. hasta el momento en que, dándose cuenta las cigüeñas de la presencia de aquellos muchachos, tratan de huir, volando,

Y, ¡cosa sorprendente!, comienzan su vuelo no ya alejándose como sería lo natural, sino al contrario, yendo hacia ellos dando saltos, con sus alas desplegadas, hasta empezar a volar, en cuyo momento giran rápidamente y se alejan al batir de sus alas.

Discutiendo entre ambos hermanos la razón de que ese día las cigüeñas aun se les hubiesen acercado más en la iniciación de su huída, llegan a sacar en consecuencia que si así obraron fué para ir en contra del viento, fenómeno conocido de antiguo por quienes han estudiado las costumbres de los pájaros, pero desconocido para aquellos niños; y tan satisfechos debieron quedar por su descubrimiento que, al tratar de seguir comprobándolo y discutir sobre tal cuestión, originó su afición y orientación hacia ser ellos mismos los que, algún día, llegasen a volar; y, en efecto, al poco tiempo iniciaban sus ensayos de vuelo, con el auxilio de unas alas de madera confeccionadas por ellos mismos, y efectuados por la noche para evitar las burlas de sus compañeros.

Si estos dos casos nos presentan la influencia de la casualidad por la observación del vuelo de las aves, se puede citar otro, en el que la experiencia directa origina la misma consecuencia.

Lo suministra Sir GEORGE CAYLEY, quien ya desde niño tuvo como juguete preferido un trompo volador chino, y que, aun mucho después, seguía lanzándolo en su señorial mansión del condado de Brompton Hall, en Yorkshire. Apasionado por los intentos realizados por otros para conseguir volar, entretenía sus ocios campestres con lecturas sobre tal materia y efectuando experiencias con aparatos planeados por él, dirigidos a estudiar el modo de actuar de las alas, las fuerzas desarrolladas, etc.

CAYLEY empezó por construir unos aparatos de pequeño tamaño, provistos de planos de sustentación, a los que hoy día llamaríamos planeadores, y entre los cuales aparece por primera vez el biplano, y los lanzaba desde una colina. Resultado de estas experiencias es irlos modificando, haciéndolos además cada vez de mayor tamaño; y así, tras varios años de pruebas, llega a experimentar, en noviembre de 1809, con un aparato de 30 metros cuadrados de superficie, mayor que la de cualquier planeador ahora usado. Y sucedió que no sólo habían de realizar sus portadores gran esfuerzo cuando marchaban en contra del viento, sino que, incluso, hubo ocasión en la cual, por querer correr quien lo sostenía, se encontró elevado por encima del suelo y así transportado algunos metros: Era el primer hombre que realmente volaba.

Pero la importancia de este hecho pasa desapercibida para CAYLEY, quien por otra parte tiene también el mérito de haber sido el primero que plantease, como principio fundamental para llegar a volar, "la necesidad de obligar a una superficie a sustentar un peso dado, por medio de una fuerza que venza la resistencia del aire". Y en la comprobación experimental de este principio, realizada con su mesa giratoria y modelos reducidos, llega a obtener casualmente la ley de que la resistencia al movimiento en el aire varía proporcionalmente al cuadrado de la velocidad.

Para vencer esta resistencia, piensa deberá proveerse a los aparatos de un órgano propulsor que actuando sobre una hélice origine el necesario

movimiento de avance del aparato; rechaza en seguida, por insuficiente, la fuerza muscular del hombre, y piensa, como más potentes, en las máquinas de su época, o sea en la de vapor e incluso en algún motor eléctrico; aun llegó a ensayar otras, por ejemplo: una inventada por él y basada en la fuerza explosiva de la pólvora; pero en realidad no tuvo éxito con todos esos motores dado su peso y poco rendimiento que entonces tenían.

CAYLEY publicó varias interesantísimas memorias exponiendo todos estos resultados, así como la necesidad de que las alas formasen un ángulo diedro para obtener mayor estabilidad, las teorías de los timones de dirección y profundidad, la gran estabilidad que debe tener el aparato por estar sometido durante el vuelo a extraordinarias fuerzas, etc. Por todos sus trabajos, tanto teóricos como de experimentación, debe considerarse a CAYLEY como el fundador de la teoría del avión.

La observación casual de hechos naturales contrarios a lo que hasta entonces se creía más favorable para la aviación, llevó también a otros nuevos adelantos. Así, por ejemplo, sucede con la forma de las alas. Los hermanos LILIENTHAL dicen en sus memorias: "La Naturaleza está demostrando a diario que el volar no es cosa tan difícil, y cuando, desesperados casi, queremos abandonar la idea de volar porque el resultado de los cálculos es siempre que el vuelo requiere un esfuerzo exorbitante, cualquier ave de rapiña girando en círculo, y hasta cualquier rauda golondrina, vuelven a recordarnos que los cálculos están seguramente equivocados; es seguro que el pájaro no desarrolla esta enorme fuerza; ha de haber todavía algún oculto secreto que resuelva, de golpe, el enigma del vuelo". Y para descubrirlo, recordando que, como antes se ha expuesto, una vez las aves les revelaron la solución de otro secreto, dirigen nuevamente su atención a ellas, y observan y analizan la forma de sus alas durante el vuelo. Es así como llegan a deducir dos importantes leyes: 1.ª, ser no ya perjudicial, sino conveniente, que las alas tengan su borde de ataque grueso en lugar de afilado, "para cortar el aire", como hasta entonces se suponía; 2.ª, que las alas no deben tener forma plana, sino con una pequeña y determinada curvatura; ésta llegan a precisarla mediante un aparato especial, montado en un gimnasio de Berlín, en donde prueban gran variedad de perfiles hasta hallar, en sucesivas experiencias, la sencilla forma que duplicaba el esfuerzo.

Son también resultado de casuales observaciones las formas currentilíneas o aerodinámicas. El primer contorno dado a un cuerpo, tendiendo a que opusiera en su movimiento la mínima resistencia al aire, es debido también a CAYLEY, quien lo dedujo por medidas efectuadas sobre el cuerpo de una trucha, fundándose para ello en su rápida forma de nadar aun en corrientes muy fuertes, por corresponder a zonas de gran pendiente de los ríos. Mucho más adelante es TOWNEND, en Inglaterra, el que al medir en un túnel aerodinámico los valores de la resistencia al movimiento del aire de distintas formas de fuselaje, y llevando o no la hélice, encuentra casualmente hacerse dicha resistencia menor cuando el fuselaje iba precedido de un cierto anillo, que había de tomar ya el nombre de su descubridor, y en lo sucesivo protegería el motor y la punta de aquél.

Otras cuestiones interesantísimas para la aviación se han deducido de la observación de hechos naturales, como por ejemplo el vuelo térmico o vuelo a vela, al buscar la explicación de "volar con el Sol" los perezosos buitres y demás aves de rapiña.

Pero solamente queremos citar ya una nota que no ha mucho llegó a nuestras manos, procedente de una revista extranjera, del tipo de las científicas de información general y vulgarización, y correspondiente a mediados del año 1950. La traducción de dicha nota es:

"ESNAULT-PELTERIE, hijo de un gran industrial, era, al comienzo de este siglo, un entusiasta de la aviación; pero los aparatos de aquella época eran de difícil manejo, pues había que recurrir a cuatro palancas, diseminadas en la proximidad del piloto, para mandar las cuatro direcciones del aparato: arriba, abajo, derecha e izquierda.

"Un día que recorría a caballo las avenidas del Bosque de Bolonia, se dió cuenta de que ordenaba análogos movimientos con una sola guía: Acababa de nacer la idea de la *manche a balai* (mango de escoba o palanca de mandos).

"Cuando el caballero llegó a su casa, ingenió una palanca, montada sobre un cuadrante, y la patentó. Después estalló la guerra. Todas las aviaciones del mundo se equiparon con la *palanca de mandos,* que incluso se transformó en un símbolo del arma.

"Diez años más tarde, vuelta la normalidad, ESNAULT-PELTERIE, protegido por su patente, presentó la factura a todos los gobiernos y le produjo millones en tal cantidad, que llegó a alarmar al fisco ante el temor de verse desbordado."

Si lo así relatado era cierto, no cabe duda que el origen de la palanca de mandos era debido a una idea casual, bien ajena en su principio a la aviación. Pero dos detalles nos hicieron dudar de la total veracidad de esta nota. En primer lugar, la necesidad allí indicada de cuatro palancas para el mando, que fácilmente podía suponerse ser un error y subsanarlo reduciéndose solamente a dos, plenamente suficientes para el mando de las cuatro direcciones. En segundo lugar, ese enriquecimiento fastuoso del inventor y el consiguiente conflicto económico para el fisco, hechos de los que deberíamos habernos enterado por la época a que se refieren y los comentarios que es natural hubieran despertado, y de los que no solamente no teníamos noticia nosotros, sino ni aun otras personas, entre ellas algunos ya entonces expertísimos aviadores militares.

Es lógico, pues, que no solo por así deberse hacer siempre, sino además por poner en claro esos detalles, hayamos tratado de comprobar la nota anterior; y los datos que hasta ahora hemos conseguido reunir son los siguientes:

La ventaja del alabeo en las alas fué descubierta por los hermanos WRIGHT, y probablemente éste fué el mayor éxito de todos los muy importantes debidos por la aviación a ellos, que bien pueden ser considerados como los verdaderos realizadores de la misma. Se da así la coincidencia de que siempre sea una pareja de hermanos los que, en labor conjunta, lleguen a hacer efectivo el dominio del aire con aparatos menos o más

pesados que éste. Pero descubierta la necesidad del alabeo, eran necesarios no sólo los dos mandos naturales en altura y dirección, sino también un tercero para el alabeo; y como, además, en aquellos aparatos era imprescindible una mano para actuar convenientemente sobre el mando de gases del motor, hubieron de buscar una solución a esta necesidad de accionar simultáneamente sobre cuatro mandos. Los WRIGHT lo resolvieron acoplando en uno solo el alabeo y la dirección, y teniendo forma de yugo iba unido al cuerpo del aviador, que lo accionaba inclinándose a un lado u otro. Tal era el dispositivo utilizado por ellos en el primer vuelo realizado con aparato más pesado que el aire, por sus propios medios, o sea con motor, también construído por ellos mismos, y provisto de tan esencial timón, realizado el 17 de diciembre de 1903 en Kill Devill Hill (colina de Mata el Diablo), en la Carolina del Norte; y evidentemente parece ser el primer caso de unirse dos mandos en uno solo, aunque por no haber podido encontrar detalles no sabemos todo el alcance que tendría ese acoplamiento.

También hemos encontrado una ligera descripción del aeroplano número 14 bis de SANTOS DUMONT, con el cual llegó a realizar el 23 de octubre de 1906 un vuelo de 220 metros en 21 minutos; y, según ella, ya tenía su dirección por medio de un volante, sirviendo para accionar los timones de dirección y profundidad, es decir un mando doble en un solo dispositivo.

Y en una historia de la aviación de hace treinta años se dice que el biplano de MAURICIO FARMAN, en 1909, "tenía una palanca para mandos de alabeo, profundidad y dirección, dispositivo análogo al del monoplano BLERIOT, *que es quien lo había inventado,* y consistente en que el árbol del volante de maniobra es el eje inclinable de una campana metálica, montada a la *cardan* en su extremo inferior, y cuya base circular recibe en distintos puntos los hilos de acero que accionan los timones de dirección y profundidad y el alabeo de las alas".

Según estas notas, parece que la invención de la "palanca de mandos" sea anterior a la fecha que presupone la nota primeramente citada e incluso no por ESNAULT-PELTERIE. Es más, en la nota biográfica de éste, dice la enciclopedia Espasa, que imitó los experimentos de los WRIGHT, "abandonando pronto ese sistema para construir en 1907 un monoplano con motor muy ligero. En junio de 1908 hizo un vuelo, notando el fenómeno poco conocido del público de que con demasiada fuerza no puede bajar un aeroplano; pues si inclinaba el timón para disminuir el ángulo de ataque, aumentaba la velocidad, por lo que subía; y se vió en apuro para disminuir la marcha, moviendo la manecilla de avance del inflamado, pues tenía las manos ocupadas en el volante de dirección". Ello le originó una rápida caída y leves heridas. Nada dice de si tal volante de dirección fué de su invención.

En definitiva: nos encontramos con esta serie de notas contradictorias, que más bien parecen no justificar la primeramente citada de la revista

extranjera referente a ESNAULT-PELTERIE, y que, por tanto, hasta encontrar una verdadera y completa justificación, nos inclinamos a considerarla solamente como una fábula.

17. EL ARGÓN: *Lord Rayleigh y Ramsay* (1894).

El físico y químico inglés JUAN GUILLERMO STRUT, más generalmente conocido por LORD RAYLEIGH, había hecho ciertos reparos críticos sobre la precisión del método seguido por REGNAULT para medir la densidad del aire, y consecuencia natural fué que él quisiera determinarla con muchísima mayor exactitud; para ello, no sólo lo hizo directamente con todo cuidado, sino que además quiso comprobar el valor obtenido al calcular cuál le correspondería una vez conocida con todo rigor la composición del aire, y midiendo, también, con la máxima precisión posible, la densidad de los gases que lo forman.

Cuando LORD RAYLEIGH llegó a ocuparse del nitrógeno no se conformó con medir reiteradamente la densidad del obtenido del aire por eliminación de los demás gases y vapores constituyendo tan esencial elemento vital; ejemplar investigador experimental, que siempre pensó en la debida comprobación de todos los resultados obtenidos en sus diferentes medidas, quiso tener también la certidumbre en el valor de ésta, comparándolo con el hallado al determinar la densidad del nitrógeno puro por otro procedimiento, el cual fué sugerido por su amigo el químico GUILLERMO RAMSAY y consistió en la descomposición del amoníaco.

Al confrontar ambos resultados, sufre la decepción de encontrarlos desiguales, siendo ligeramente mayor la densidad del nitrógeno obtenido del aire. Aunque la diferencia solamente afectaba a las milésimas de gramo, LORD RAYLEIGH estimó ser mayor del error admisible, y por lo tanto se decidió a repetir las experiencias, tomando cada vez más precauciones en las operaciones, purificaciones y medidas. Pero siempre apareció análoga discrepancia, que subsistía aunque el nitrógeno se obtuviese por descomposición de cualquier otro compuesto nitrogenado.

Ya que la casualidad le había puesto frente a este problema se dedica a él con todo tesón y entusiasmo, sin abandonarlo a pesar de los momentos de desilusión y desaliento por los que indudablemente hubo de pasar. En uno de ellos, cuando desorientado tenía frente a sí los dos números desiguales, observa junto a él la revista científica inglesa "Nature", y dando con su conducta otro ejemplo más, ahora de modestia y deseos de colaboración y consejos, decide escribir una carta a tal publicación exponiendo el problema y solicitando opiniones que le aclarasen en dónde podía estar la causa del error.

Pasan años, durante los cuales recibe muchas cartas que nada le aclaran; y él sigue efectuando experiencias tales como producir descargas eléctricas en el seno de ambos gases, ver si varían con solo la acción del tiempo, utilizar muy diversos métodos de obtención de ambos nitrógenos, et-

cétera, pero siempre aparece aquella desconcertante y desesperante diferencia, dando mayor densidad para el nitrógeno obtenido del aire, la que sólo sirve para convencerlo cada vez más de que no puede ser debida a un error experimental, sino a alguna causa constante y desconocida.

Tal era el estado de este asunto cuando en 1894 da LORD RAYLEIGH una conferencia en la Royal Society de Londres, exponiéndolo con detalle. Sus consecuencias son: que RAMSAY le insinúe la idea de si el nitrógeno del aire estará acompañado siempre por otro gas más pesado, siendo como una impureza de aquél no eliminada hasta entonces, y le ofrezca ahora una mayor colaboración; y que el físico, químico y fisiólogo JACOBO DEWAR, anteriormente dedicado al estudio de gases en su absorción por los sólidos, le signifique su creencia de que el físico y químico inglés ENRIQUE CAVENDISH había llegado a la consecuencia en alguno de sus primeros trabajos, haría ya unos cien años, de no ser homogéneo el nitrógeno del aire.

CAVENDISH, que era el segundo hijo del duque de Devonshire, empleó su cuantiosa fortuna en la investigación, realizada ininterrumpidamente durante más de cincuenta años, pues había renunciado casi totalmente a toda vida social, dedicándose por completo a la investigación y al estudio, y obteniendo frutos tan importantes como analizar el aire atmosférico; descubrir la composición del agua y otros cuerpos; pesar la tierra por primera vez o sea determinar la densidad media del geoide mediante la balanza de su nombre; y establecer las leyes de la atracción eléctrica que tan célebre habían de hacer a COULOMB cuando las redescubrió, siendo éste uno de los muchos trabajos que CAVENDISH no se preocupó de publicar y hubo de hacerlo más tarde MAXWELL en su homenaje y reivindicación.

Orientado LORD RAYLEIGH por DEWAR, busca en las antiguas revistas, y al fin encuentra en los "Reports" de la Royal Society del año 1785, la descripción de una experiencia de CAVENDISH consistente en hacer saltar en el interior de un tubo cerrado lleno de aire, y al que luego iba haciendo llegar sucesivas porciones de oxígeno puro, una serie de chispas eléctricas con objeto de conseguir la combinación de todo el nitrógeno del aire con la cantidad necesaria de oxígeno, originándose así un gas sofocante que eliminaba con una solución alcalina especial. Pero siempre le quedaba una pequeña burbuja de aquel nitrógeno, que no se combinaba con el oxígeno, y como consecuencia decía CAVENDISH: "Llego a la conclusión de que el aire flogisticado (así llamaba al nitrógeno del aire) no es homogéneo. Una parte de él (1/120) actúa en forma diferente de la parte principal. Es probable que ese aire flogisticado (nitrógeno) no sea una substancia uniforme, sino una mezcla de dos substancias diferentes".

RAYLEIGH y RAMSAY se dedican ahora intensamente a buscar esa "impureza" del nitrógeno obtenido del aire, pero por caminos distintos. LOR RAYLEIGH sigue el método de las chispas eléctricas dado por CAVENDISH, que sólo le permite llegar a obtener una pequeña cantidad, medio centímetro cúbico, de aquel residuo gaseoso. RAMSAY elimina por medios químicos los componentes del aire, salvo el nitrógeno, y luego utiliza su descu-

brimiento casual, anteriormente realizado, de ser captado el nitrógeno por las escamas de magnesio incandescente; en sucesivas operaciones de éstas, cada vez va quedando menos cantidad de gas, pero de mayor densidad, hasta llegar un momento en que los reiterados pasos sobre magnesio flagrante, ni hacen disminuir el gas, ni aumentar su densidad, que ha llegado a 20.

La mejor prueba además es llegar a encontrar ambos operadores, con métodos tan distintos, propiedades idénticas para aquella *impureza* o residuo del nitrógeno atmosférico; incluso obtienen su espectro, formado por determinadas líneas brillantes y coloreadas, hasta entonces no vistas en tal conjunto.

Y tras todo este proceso, consiguen por fin poder presentar en una reunión científica celebrada en Oxford el 3 de agosto de 1894, una comunicación plenamente sorprendente, no sólo por no estar en el programa oficial, sino por su contenido cuando afirmaban: "Hemos descubierto un nuevo elemento. Se halla a nuestro alrededor por doquier; junto con el oxígeno, el nitrógeno y los demás gases conocidos del aire, se encuentra en esta mezcla gaseosa que respiramos". Este elemento, hasta entonces desconocido, producía tal revolución en la Ciencia que incluso hacía dudar de la exactitud de aquella genial ordenación de los elementos químicos dada veinticinco años antes por MENDELEJEEF, con su célebre "Clasificación periódica", plenamente confirmada en ese intervalo no sólo por la analogía de propiedades entre los lugares correspondientes sino por la predicción de los elementos entonces aun no descubiertos, y más tarde comprobados íntegramente; este nuevo elemento gaseoso no tenía lugar en la tabla periódica, y cuando quieren incluirlo forzosamente en ella, llegaba a producirse tal alteración que puede decirse la hacía fallar totalmente.

Además encontraron que tal elemento no tenía afinidad alguna para ningún otro cuerpo, pues por más pruebas que en tal sentido realizaron tanto RAMSAY como muchos químicos no consiguieron llegase a formar combinación química con ninguno. Precisamente por ser tan inerte e inactivo le dieron el nombre de *argón*, que tal es el nombre griego de dicha propiedad.

Se ha de recordar que por este descubrimiento y estudio del argón obtuvo LORD RAYLEIGH el premio Nobel en 1904, no sólo por la importancia que ya de por sí tiene, sino porque trajo más tarde como consecuencia el descubrimiento de otros gases nobles.

Se nos podría objetar que por tratarse de un descubrimiento esencialmente químico, no debiera figurar en este trabajo; pero no hemos dudado nunca en incluírlo, pues fueron unas determinaciones físicas de densidad las que, casualmente, lo originaron. Piénsese cuantísimas veces habría sido analizado el aire, no sólo en plan de investigaciones, sino incluso como prácticas de enseñanza, llegando hasta determinar cantidad de componentes con precisión de la diezmilésima por ciento, y sin embargo siempre había pasado desapercibido el argón, aun estando aproximadamente en la proporción de un uno por ciento. El resultado esencialmente interesante

no corresponde al motivo del tema propuesto, sino a una incidencia surgida casualmente; y queda puesto claramente de manifiesto en este caso el necesario cumplimiento de las condiciones de inteligencia adecuada, voluntad para el trabajo y constancia en el mismo, que inicialmente hemos dicho debían acompañar a la casualidad. Se deduce además una lección provechosísima, aparte de otras muchas factibles, algunas de las cuales hemos esbozado, referente a los errores en las medidas, pues no sólo deben realizarse éstas con la máxima precisión posible, sino que además el experimentador debe calcular siempre, ineludiblemente, el error límite o posible correspondiente al método empleado, por la aplicación de la importantísima y eficaz teoría de errores. Si la diferencia de resultados que obtenía LORD RAYLEIGH por ambos métodos la hubiera simplemente achacado a ser éstos distintos, no se hubiera llegado a tan espléndido y decisivo hallazgo.

18. UN MÉTODO DE LLUVIA ARTIFICIAL: *Castán* (1947).

Un último descubrimiento casual podemos citar, plenamente reciente y aún en vías de comprobación definitiva, aunque ya con magníficos resultados teóricos y prácticos, y lo hacemos con extraordinaria satisfacción por muy variados motivos. Entre ellos por ser su autor un español, un zaragozano, vinculado a nuestra querida Facultad de Ciencias; y porque, así como generalmente los descubrimientos científicos en seguida se aprovechan para la guerra y la destrucción, este caso es una de esas infrecuentes excepciones en que, por el contrario, unas investigaciones realizadas únicamente con fines guerreros, pueden originar insospechados beneficios económicos en la industria y la agricultura mundiales, al suministrar un procedimiento, quizá definitivo, para provocar artificialmente la lluvia; y ello, no ya sólo por la regulación que de ésta se lograría en ciertas zonas, sino porque en otras se conseguiría evitar esas endémicas devastadoras inundaciones producidas cuando, pasando las tormentosas nubes por ciertas vertientes sin degenerar en lluvias, descargan íntegramente su acuoso contenido en la vertiente opuesta, es decir lográndose así el aprovechamiento racional del agua de lluvia.

Muy antigua es la idea de provocar convenientemente la lluvia. Basta pensar en que los pueblos salvajes, primitivos, necesitaban la regularidad de ésta para sus cosechas y su vida normal, aun mucho más imperiosamente que en la actualidad al carecer de tantos artificiales depósitos de agua como ahora existen. Pero, para conseguirla, dadas su inteligencia y desconocimiento de las leyes que inflexiblemente rigen los fenómenos naturales, es natural acudiesen solamente a conjuros, mezcla de magia y de sus falsas religiones, basados en determinados ritos, danzas, etc., que debían observarse rigurosamente en todos sus detalles, y las cuales, por regla casi sin excepción, necesitaban la intervención de especiales magos o hechiceros capacitados especialmente para ello.

Al querer hoy en día clasificar y buscar la posible razón de tales con-

juros se ha visto que pueden considerarse como basados en dos leyes: primera, la de similaridad, o sea, que cosas semejantes deben producir siempre lo semejante; segunda, la de contacto o contagio, según la cual, cuando unas cosas hayan estado en contacto con otras, aunque sólo fuese un momento, ya continuarán influyéndose mutuamente por tiempo indefinido, sea cual sea la distancia a que se encontrasen.

Así, por ejemplo, creían que la tormenta no podría por menos de producirse al ser imitada mediante tres hombres subidos en sendos árboles, de los cuales uno producía fuertes ruidos (los truenos) golpeando entre sí objetos metálicos; otro entrechocaba ramas encendidas que producían más o menos fuertes destellos (los relámpagos), y el tercero lanzaba algo de agua (la lluvia) sobre objetos próximos. Y también había lugares en los que, con humo, querían imitar las nubes para atraer las verdaderas.

Otros verificaban más o menos complicadas *danzas sagradas* alrededor de vasijas con agua; ofrecían a sus dioses en los templos cerveza a cambio de agua; o recomponían y cuidaban el templo del Dios de la lluvia en épocas de sequía, abandonado en las de abundancia. También existían conjuros en los que se celebraban propiciatorios sacrificios para aplacar o hacerse agradables a los espíritus reguladores de la lluvia, consistentes en matar animales para que el cielo se entristeciese y llorase; en enterrar niños hasta el cuello para que los dichos espíritus hicieran por salvarlos; e incluso otros en los que hasta se llegaba a derramar sangre humana.

Y no faltaban sitios en donde creían eran las maldiciones las que atraían la lluvia; y en consecuencia, para cortar la sequía, se insultaban los vecinos entre sí, y aun directamente a la diosa correspondiente, llegando a lanzar inmundicias contra las casas, o la imagen y el templo de aquélla.

Curiosísima y amena resulta la lectura detallada de todos estos conjuros, en ninguno de los cuales existe la más pequeña base científica. Quizá ésta aparezca por primera vez cuando se empezó a ensayar la producción de fuertes explosiones en el seno de las intimidantes nubes por medio de proyectiles o cohetes granífugos para hacer resolver en lluvia las nubes que veían avanzar los campesinos sobre sus rústicos predios, amenazando con aniquiladoras granizadas, por su estado de subfusión, al menos en alguna de sus partes; pero estas fragorosas pruebas no tuvieron buenos resultados.

Luego comenzaron a realizarse experiencias, que aun continúan en esta época, en Australia, Alemania, Nueva Méjico y otros varios lugares, a base de diseminar en las nubes, generalmente por lanzamiento desde aviones que las sobrevolaban, partículas sumamente pequeñas de anhídrido carbónico (vulgarmente llamado "hielo seco"), compuestos de iodo, etc.; así se llegaron a conseguir en algunos casos magníficos resultados de lluvias, y hasta nevadas, intensas, pero sin que sean plenamente satisfactorios, por inseguros.

Sin relacionarse para nada con esta cuestión de la lluvia artificial, hace algunos años, el entonces teniente coronel de nuestra gloriosa e incompa-

rable Infantería don LEOPOLDO CASTÁN se dedicaba, como celoso Jefe del Servicio de Defensa Química en Barcelona, a estudiar la influencia que las condiciones meteorológicas y topográficas podían tener en la formación, propagación y opacidad de las nieblas artificiales utilizadas con fines de ocultación militar, para protegerse de la observación visual por el enemigo.

Con este exclusivo fin había realizado numerosas emisiones de nieblas en muy diversos lugares y condiciones; y así, casualmente, pudo observar que en días nublosos, aunque sin apariencia de que aquella nubosidad fuese a degenerar en lluvia, a los diez minutos aproximadamente de lanzarse la niebla artificial, empezaba una lluvia menuda.

En sus primeras experiencias no se le ocurrió relacionar ambos hechos, atribuyendo la lluvia a un origen plenamente natural, y habiéndose él equivocado al suponerla improbable. Pero la reiteración de tal coincidencia le hace pensar, en el año 1947, que necesariamente debe haber una cierta relación entre la emisión de niebla y la lluvia acaecida. Y entonces es cuando se pone de manifiesto la necesidad de una debida preparación científica para el aprovechamiento de esas casuales coyunturas. El hoy coronel CASTÁN, llevado por sus aficiones culturales, había cursado los estudios de Ciencias químicas en la Facultad de Zaragoza, y ya Licenciado, trabajó, mientras su carrera militar se lo permitió, en el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, con tanto éxito fundado y dirigido por el ya otras veces nombrado insigne Dr. DE GREGORIO ROCASOLANO, que le orientó y especializó en Coloidequímica, terminando de inculcarle además ese espíritu universitario por el que no sólo se tiende a preparar a los Licenciados para el desempeño eficaz de sus posibles cargos técnicos, sino que procura aficionarlos a la investigación fomentando sus cualidades observadoras y analíticas que les permita captar los fenómenos para estudiarlos detalladamente, darles la debida explicación y relacionarlos, a ser posible, con otros hechos ya conocidos y comprobados, sirviendo de verificación a sus observaciones y consecuencias.

Fruto de tales enseñanzas es que, en cuanto se da claramente cuenta de existir una indudable conexión entre la emisión de nieblas artificiales y la lluvia, busque cuál puede ser la causa eficiente de ésta. No satisfaciéndole las teorías termodinámicas aplicadas en el extranjero para explicar las experiencias de lluvia artificial hasta entonces realizadas, idea, gracias a su especialización en la Universidad, una teoría completamente original basada en que tanto las nubes como las nieblas artificiales son dispersiones coloidales, aerosoles que, como es lógico, pueden influirse. Y por tanto, si con la nube se mezcla otra dispersión coloidal, la niebla artificial, en la que las micelas o partículas dispersas sean higroscópicas, ionizadas, predominando los iones negativos, se habrá logrado romper la estabilidad de la nube, pues al conseguir la coalescencia de las gotas de agua, al aumento de volumen corresponderá una mayor velocidad de caída, y por tanto la deseada lluvia.

Actualmente se continúan realizando experiencias sobre este método de producción de lluvia artificial, con resultados francamente positivos, ha-

biéndose dado casos interesantes, tales como el de que, existiendo solamente en la atmósfera un solo cúmulo, se lanzase una nube artificial que subió casi verticalmente, dada la calma existente aquel día; al llegar cerca de la nube se desvió ligeramente, yendo a chocar con ella y originándose la correspondiente lluvia. Tal colisión, que pudiera parecer casual, queda también explicada por la corriente de convección de la nube.

Esta teoría ya fué expuesta por su autor en el II Congreso Nacional de Ingeniería celebrado en mayo de 1950, bajo el título de "Pluviotecnia"; y es de señalar que, habiéndola acogido en tal ocasión inicialmente algunas personas con gran escepticismo, luego quedaron convencidas tanto teórica como prácticamente.

Dios quiera sea confirmada plenamente, pues entonces correspondería a España la gloria de que los hombres pudiesen ejercer, en lo humanamente posible, el dominio sobre tan esencial meteoro atmosférico acuoso.

De todas estas historias y leyendas, aun siendo solamente las referentes a la Mecánica Fisica, creemos se deduce claramente la intervención decisiva de la casualidad en muchos e importantes descubrimientos físicos, base fundamental de conocimientos y aplicaciones esencialmente interesantes para nuestra vida, en sus dos aspectos material y social. Pero resaltemos también la necesidad de que el sujeto que haya de captar la consecuencia inmediata a la casualidad presentada ha de estar debidamente capacitado, tanto por sus cualidades de observador tenaz, atento, imparcial y veraz, como por el ineludible pleno desarrollo de sus facultades intelectuales, con imaginación clara, despierta y fuertemente cultivada mediante el estudio profundo de todas aquellas materias que puedan tener relación con el fenómeno observado, para así poder llegar a las convenientes deducciones. No se crea, pues, insistimos, en ser todo cuestión de esperar esa casualidad providencial, sino que es indipensable ponerse en condiciones de utilizarla en todo su valor, si Dios quiere se presente, por medio de intenso y continuado trabajo experimental y de estudio.

Apliquémonos constantemente esta frase de Ovidio: "La casualidad es siempre actual; ten siempre echado tu anzuelo. En el remanso donde menos lo esperes, estará tu pez".

## DESCUBRIMIENTOS CASUALES EN MECANICA FISICA

1. El centro de gravedad: *Arìstóteles* (350 a. J. C.).
2. El principio de Arquímedes: *Arquimedes* (250 a. J. C.)
3. La fuerza del aire comprimido: *Ctesibio* (150 a. J. C.)
4. La relación matemática entre los sonidos: *Pitágoras*
5. El péndulo: *Galileo* (1583).

6. Se hace patente la naturaleza vibratoria del sonido: *Galileo.* (1583).
7. Las leyes de los movimientos planetarios: *Kepler* (1609).
8. La máxima elevación del agua por el vacío: *Los fontaneros de Florencia* (1630).
9. La gravitación universal: *Newton* (1666).
10. La esfericidad de la Tierra: *Parménides* (500 a. J. C.)
11. Medida del radio terrestre: *Erathóstenes* (250 a. J. C.)
12. Variación del período del péndulo con la latitud (achatamiento del geoide): *Richer* (1672).
13. Contracción en las disoluciones de dos líquidos: *Réaumur* (1733).
14. Los emulsores: *X-Bellange* (1766).
15. La aerostación: *Los hermanos Montgolfier* (1782).
16. Aviación: Influencia del viento contrario: *Leonardo da Vinci* (1505); *Lilienthal* (1861); *Cayley* (1809).
    Forma de las alas: *Lilienthal* (1874).
    Formas aerodinámicas: *Cayley; Townend.*
    La palanca de mandos: *Esnault-Pelterie* (?) (1910) (?)
17. El argón: *Lord Rayleigh y Ramsay* (1894).
18. Un método de lluvia artificial: *Castán* (1947).