

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

LOS ECLIPSES A TRAVÉS DEL TIEMPO

DISCURSO LEÍDO EN LA SOLEMNE SESIÓN INAUGURAL
DEL CURSO ACADÉMICO DE 1923-24

POR EL ILMO. SEÑOR

D. ANTONIO VELA Y FERRANZ

EL DÍA 11 DE NOVIEMBRE DE 1923



MADRID
TALLERES POLIGRÁFICOS
Ferraz, 72. — Teléfono 24-09 J.

1923

SEÑORES :

No pudiendo negarme al requerimiento de la Academia, que me ha honrado con el encargo de llevar su voz en la inauguración del presente curso, quise buscar un asunto que por su originalidad mereciera ser tratado en esta ocasión. Y no encontrándolo de mi propia cosecha, me veo compelido a ocuparme en una cuestión que me ha preocupado constantemente, ocasionándome disgustos y molestias. De éstas habrán de participar, por tanto, *mis oyentes*, y *mi disertación será una especie de castigo* para los que me han encomendado una labor que cualquiera de mis compañeros hubiera desempeñado con más habilidad y lucimiento.

Me refiero a los últimos eclipses totales de Sol. En Noviembre de 1921, y con motivo del centenario de Alfonso el Sabio, llamé la atención sobre el que ocurriría en Septiembre de 1922, y aunque la idea de concurrir España a la observación del mismo fué acogida con entusiasmo en altas esferas, el crédito necesario para esta empresa, repetidas veces ofrecido, no llegó a concederse, y tampoco pude conseguir que se incluyera en el Presupuesto actual la cantidad precisa para acudir a la observación del eclipse de Méjico el 10 de Septiembre de 1923, si bien

se pidió, contra mi voluntad, un crédito extraordinario de los que nunca se conceden, y cuya tramitación comenzó cuando la Comisión debía estar ya embarcada y provista del material científico indispensable para cumplir su cometido.

Lamentando nuestra ausencia en estas tareas científicas, y sin achacarla a mala voluntad de parte de nadie, sino a la incomprensión de los elementos directivos cuando se trata de cuestiones científicas de esta índole, a los inconvenientes de nuestro expedienteo y a la falta de personalidad propia del Observatorio Astronómico de Madrid, dependiente de una Dirección ministerial política, se me ocurrió pensar en la cooperación que España ha prestado al estudio de los eclipses desde los tiempos en que no se podían predecir con exactitud, por falta de tablas y teorías apropiadas, hasta la época actual, en que se abordan los más curiosos problemas relacionados con la Química y la Física solar; y esto me ha inducido a intentar no una monografía completa, que sería interminable, sino una ligera reseña de la historia de *Los eclipses a través del tiempo*.

Consultando lo que sobre ellos se ha creído en diversas edades y países se forma una idea clara de la cultura científica de los pueblos antiguos y se ve que, así como en determinadas ramas de la Ciencia se podría hacer una historia detallada en que apenas figurase el nombre de nuestra patria, en este asunto especial se debe a España una cooperación decorosa en todas las fases por que ha pasado el problema en épocas sucesivas.

* * *

Pocos fenómenos aventajan a los eclipses en utilidad y facilidades para formar juicio exacto del progreso científico de la Humanidad, que fué sustituyendo creencias erróneas, supers-

ticiones e hipótesis disparatadas por puntos de vista lógicos y racionales, hasta convertir las prácticas pueriles y los terrores infundados en investigaciones científicas del más alto interés.

No hay nada que haya impresionado la imaginación y excitado la atención y curiosidad de los hombres más vivamente. Nos lo prueban múltiples escritos y tradiciones antiguas, que describen el espanto que producían en los pueblos los eclipses, las lluvias de estrellas fugaces y las apariciones de cometas.

En tiempos mitológicos se explicaban los eclipses de Sol y de Luna atribuyéndolos a las entrevistas amorosas que Diana y el Sol, personificado éste en el hermoso pastor Endimión, nieto de Júpiter, celebraban en la gruta del monte Latmos, privando a la pobre Humanidad de la luz de estos astros mientras duraban sus dulces coloquios ; en algunos pueblos pensaban que la Luna descendía a la Tierra para ejercer maleficios, inducida por brujas y nigrománticos, y producían ruidos espantosos para que nuestro satélite no pudiera oír y atender los consejos y exigencias de los funestos magos ; los romanos encendían numerosas antorchas que elevaban sus llamas al cielo, para suministrar al astro eclipsado la luz que había perdido ; los mejicanos ayunaban mientras duraba el eclipse, y las mujeres se mortificaban cruelmente, tratando de sufrir la misma suerte que la Luna, maltratada, según ellas, por el Sol en querella matrimonial ; los indios creían que un dragón trataba de devorar a la Luna, y mientras unos se introducían en agua hasta el cuello, signo entre aquellas gentes de la mayor devoción, para suplicar al monstruo que perdonara al astro de la noche, otros lanzaban gritos ensordecedores con el fin de espantarlo y hacerle abandonar su presa, y los escandinavos creían en la existencia de dos enormes lobos encargados de perseguir al Sol y a la Luna, y los eclipses, según ellos, obedecían a que alguno de estos astros

había sido alcanzado por su correspondiente lobo perseguidor.

El caso más notable de superstición se registra en los anales y tradiciones de la China, y es el castigo impuesto por el emperador Tchong-Kong a los astrónomos Ho e Hi, condenados a muerte por no haber anunciado el eclipse que se verificó hacia el equinoccio de otoño del año 2155 antes de nuestra Era.

Su negligencia impidió que se cumplieran los ritos y prácticas oficiales necesarias para espantar al monstruo y evitar al país las calamidades atribuidas a todo eclipse. Los autores modernos opinan que los chinos no estaban en aquella época capacitados para hacer la predicción con relativa certeza, siendo de presumir que hayan calculado el eclipse en época muy posterior, y, celosos de la antigüedad de su ciencia, lo hayan incluido en sus anales.

Lo que se da como cierto es que el emperador aprovechó el abandono para desembarazarse de dos personajes influyentes que, elevados por él a las más altas dignidades, habían abusado indignamente de su confianza aliándose con los enemigos del imperio y conspirando contra la seguridad del Estado.

Nuestros políticos deben agradecer a la Providencia haber nacido en otras épocas y latitudes; porque trasplantados a los dominios de Tchong Kong en aquellas remotas edades, es seguro que casi todos ellos habrían recibido el encargo de calcular eclipses.

Se pueden citar numerosos casos de varones ilustres que han sacado partido de la ignorancia y superstición de las gentes en provecho de sus planes y proyectos.

Tito Livio refiere que Sulpicio Galo anunció un eclipse de Luna que debía ocurrir la noche misma en que se libraba una gran batalla, y evitó de este modo el espanto que se había apoderado de sus tropas. Alejandro Magno, la víspera de la bata-

lla de Arbella necesitó toda la firmeza de su carácter para disipar el terror que invadió a su ejército a la vista de un simple eclipse de nuestro satélite, y ordenó sacrificios en honor del Sol y de la Luna para devolver a sus huestes el valor y la confianza que habían perdido. En cambio, Colón, colocado en una situación crítica en Jamaica, y desprovisto de víveres, que le negaban los naturales del país, hizo saber a los jefes de las tribus que estaba dispuesto a castigar severamente sus maldades, comenzando por privarles de la luz de la Luna, si le negaban las provisiones que necesitaba; y aunque tomaron a broma sus amenazas, cuando vieron oscurecerse el astro a la hora indicada por Colón se apresuraron a suministrarle cuanto necesitaba.

Como prueba de que en todas las edades ha habido gentes que sabían a qué atenerse respecto a la influencia de determinados fenómenos celestes considerados por el vulgo como causa de infaustos acontecimientos, relacionados sobre todo con la salud y la vida de los príncipes, citaremos un hecho de los muchos y curiosos que contiene el *Tratado de los Cometas*, del Jesuita Cassani. El año 76 de nuestra Era, reinando el emperador Vespasiano, le dieron la noticia de la aparición de un cometa, aconsejándole que tomara precauciones. «No viene por mí el cometa—contestó—, pues soy completamente calvo. El cometa cabelludo viene contra el rey de los persas o el de los partos, que tienen hermosa cabellera y la cuidan con esmero.» Mas como el año 78 apareció otro cometa poco antes de la muerte de Vespasiano, no faltó quien atribuyera la defunción a castigo por haberse burlado del primero.

Las preocupaciones han continuado mucho tiempo después del descubrimiento de las leyes planetarias y de conocerse las consecuencias naturales que de las mismas lógicamente se derivan. Fontenelle refiere que en 1654 el anuncio de un eclipse

total de Sol produjo tal pánico en París que gran número de habitantes se refugiaron en las bodegas. Y un eclipse anular anunciado con gran antelación para el 1.º de Abril de 1764 produjo tal perturbación en los espíritus, que las autoridades publicaron en la *Gaceta de Francia* de 19 de Marzo del mismo año el siguiente aviso : «Se ruega a los curas de las ciudades y de las aldeas que comiencen los oficios del cuarto domingo de Cuaresma antes de la hora ordinaria, porque a las diez de la mañana un eclipse total de Sol producirá las tinieblas de la noche, y que adviertan al pueblo que los eclipses no ejercen influencia alguna sobre nosotros ; que no presagian desdichas, guerras, ni accidentes funestos, y que son consecuencias necesarias del movimiento de los cuerpos celestes, tan naturales como la salida y ocaso de los astros.» Pues a pesar del previo aviso y de que el eclipse, anunciado equivocadamente en la *Gaceta* como total, fué sólo anular y no produjo la oscuridad esperada, hubo gran algazara, sustos y alborotos en muchas localidades.

Hoy solamente se produce el pánico y se practican las antiguas supersticiones en algunas tribus incultas.

En cambio, la aparición de la corona en el momento en que empieza la totalidad impresiona profundamente, y alegra y entusiasma en tales términos que se han dado casos de que algún astrónomo haya olvidado las observaciones y trabajos científicos, preparados con gran antelación, por contemplar la magnificencia del sorprendente espectáculo, cuya escasa duración le deja absorto y le roba la memoria de sus obligaciones.

De un entusiasmo de esta índole fuí víctima en el eclipse total de Sol de 1905. Las múltiples Comisiones que se reunieron en Burgos para observar el fenómeno utilizaron los servicios de muchas personas cultas que acudieron a las estaciones astronómicas. Un ilustre sacerdote, que hoy día es uno de nuestros

más preclaros obispos, se encargó de cuidar y dirigir un espejo que enviaba la imagen solar a la rendija de un espectroscopio cuyo aparato dispersivo estaba en el interior de una barraca en la que yo debía permanecer obteniendo placas fotográficas del espectro solar durante la totalidad. Después de repetidos ensayos le manifesté mi temor de que al ver la corona olvidara las maniobras de dirigir el espejo, ante la magnificencia de un espectáculo nunca visto que aturde y enloquece al que lo contempla por vez primera. El buen Padre me hizo protestas de serenidad y sangre fría.

A medida que avanzaba el eclipse parcial arreciaba la lluvia, causando la desesperación de los astrónomos y el desencanto del numeroso público que los acompañaba.

Yo estaba resignado en el interior de una garita, atento al cronómetro, cuando, en el instante de la totalidad, los gritos de júbilo de la muchedumbre de gente me hicieron comprender que se habían roto las nubes y había aparecido la corona, como si la Providencia no quisiera privar a la Humanidad de aquella visión gloriosa esperada con tanto anhelo. Entonces comencé a tirar placas, y, efectivamente, las tiré, porque cuando salí de mi encierro el fraile había desaparecido. En la corona solar creyó, sin duda, ver la gloria de los bienaventurados y quiso trasladarse a ella sin perder tiempo en despedirse.

* * *

Ha sido preocupación constante de las gentes en todas las edades conocer los procedimientos que usaban los antiguos para predecir los eclipses, y aunque hoy día ha perdido importancia científica esta cuestión, puesto que, conocidas las leyes que rigen los movimientos del sistema solar, se han construí-

do tablas astronómicas de maravillosa precisión y se han establecido teorías que permiten calcular con exactitud todas las circunstancias del fenómeno, siempre es una saludable curiosidad bucear en los trabajos de nuestros antepasados, formar juicio exacto de su cultura y ver la proporción en que cada pueblo ha contribuido al perfeccionamiento de la Ciencia moderna.

El método más antiguo de que hablan las tradiciones chinas consistía en observar una larga serie de eclipses, anotando con esmero las circunstancias de su aparición, fecha, duración y magnitud. La inspección atenta de este catálogo hizo reconocer bien pronto la existencia de ciertos intervalos de tiempo al cabo de los cuales los eclipses se repetían con gran aproximación y en parecidas circunstancias. Pero es evidente que los chinos no llegaron a conocer sino muy groseramente la duración del período en aquellas épocas remotas en que pretenden haber realizado pronósticos de estos fenómenos. Sus anuncios debían de ser tan vagos e imprecisos como su calendario, afectado de graves errores, que exigían constantes modificaciones y reformas.

Las predicciones chinas, basadas en el simple examen de sus registros, estaban, por consiguiente, expuestas a graves inexactitudes; en cambio, han tenido verdadera utilidad las notas y descripciones referentes a la aparición de cometas encontradas en la historia de la China, y que se remontan a épocas más atrasadas que las correspondientes a todos los demás pueblos antiguos.

Pero la gloria del descubrimiento del verdadero período de repetición de los eclipses corresponde a los caldeos, que lo conocieron en el siglo VII antes de J. C., al fijar en 18 años y 11 días el plazo al cabo del cual se reproducen los eclipses, aproximadamente en las mismas circunstancias, abarcando

cada período 70 eclipses de Sol y de Luna, desigualmente repartidos en el intervalo.

Indudablemente se sirvió del período caldeo Tales de Mileto para anunciar el eclipse total de Sol que tuvo lugar el año 610 antes de nuestra Era, y es célebre en la Historia por haber puesto fin a la guerra entre los medos y los lidios, a causa del estupor que produjo el fenómeno en los ejércitos empeñados en una gran batalla.

El primero que trató de dar una explicación científica de los eclipses fué Anaxágoras en el año 510 antes de nuestra Era ; mas como emitiera hipótesis contrarias a la Cosmogonía de la época, fué inicuaamente perseguido por los discípulos de Sócrates y pagó en la cárcel el delito de interrogar a la Naturaleza ; persecución análoga y por idéntico motivo a la que sufrió Galileo ; sólo que éste último fué tratado con menos dureza que el filósofo griego, pues tuvo por cárcel un palacio, gracias a su protector el Gran Duque Cosme de Toscana, que no era matemático ni físico, pero sí un político previsor y perspicaz.

* * *

Siendo necesario para que haya eclipse de Sol o de Luna que dichos astros estén en conjunción u oposición, respectivamente, y que la Luna se encuentre en uno de los nodos o en las proximidades del mismo, y teniendo en cuenta que, si bien la conjunción se verifica doce o trece veces al año, el Sol no pasa más que dos veces por los nodos de la órbita lunar, se comprenderá que no en todas las conjunciones hay eclipse solar, como no lo hay de Luna en todas las oposiciones. Tampoco se necesita para que ocurra el eclipse que los tres astros se encuentren en una recta que pase por el nodo : basta con que la distancia

lunar a éste, así como la latitud del astro, estén comprendidas entre ciertos límites, que hoy se calculan con absoluta precisión, después de haber determinado el momento de la conjunción, para poder asegurar si hay o no hay eclipse, y proceder, en caso afirmativo, al cálculo minucioso de todas las circunstancias del mismo.

Ahora bien : los nodos de la órbita lunar no ocupan una posición fija sobre la eclíptica, sino que tienen un movimiento retrógrado anual de $19^{\circ},25$, lo que da lugar a que la Luna, en su revolución mensual alrededor de la Tierra, emplee 27,2 días en volver al nodo, tiempo más corto que el que tarda en volver a la conjunción con el Sol, que es 29,5. Se llama el primer intervalo *mes draconítico*, *mes sinódico* el segundo. Otra circunstancia hay que tener en cuenta, y es que si el Sol ocupa en un momento dado uno de los nodos lunares, al recorrer la eclíptica, en virtud de su movimiento aparente, recuperará su posición al cabo de 346,6 días, esto es, cerca de 20 días antes de terminar el año, a causa del movimiento retrógrado de los nodos. Y se observa como curiosa consecuencia que si multiplicamos la duración del mes draconítico por 242, la del sinódico por 223 y la de la revolución nodal por 19, se obtienen tres resultados aproximadamente concordantes, que son, respectivamente :

$$6585,36 = 18 \text{ años } 10 \text{ días } 8 \text{ horas.}$$

$$6585,32 = 18 \text{ » } 10 \text{ » } 7 \text{ » }$$

$$6585,78 = 18 \text{ » } 10 \text{ » } 18 \text{ » }$$

La consecuencia inmediata es que si en un momento dado los dos astros se encuentran en oposición o conjunción y en los nodos de la órbita lunar, al cabo de 6585 días recuperarán las mismas posiciones y se repetirán los eclipses. Este es el céle-

bre Saros encontrado por los caldeos, empleado en las predicciones antiguas y que aun se utiliza hoy día para fijar las fechas. Si consultando un catálogo se forma la lista de los eclipses que han ocurrido en uno de estos períodos, añadiendo a la fecha de cada uno 18 años y 11 días se reproducirían los mismos eclipses en parecidas circunstancias.

Si el Saros abarcase un número exacto de días, cada eclipse sería visible en la misma región del globo que su correspondiente del período anterior ; mas como hay una discrepancia de un tercio de día, o sea de unos 120° en el horizonte real de la Tierra, el nuevo eclipse va rodeando nuestro globo y corriéndose cada 18 años, 120° al Oeste. Los movimientos reales de la Tierra y de la Luna, y el aparente del Sol, dan también lugar a cambios sucesivos en la magnitud de cada eclipse y a un movimiento de la zona eclipsada, que se desvía de Norte a Sur o de Sur a Norte, haciendo que el Saros varíe en posición y magnitud sobre la superficie de la Tierra.

Teniendo en cuenta el tiempo que emplea el Sol en volver a un nodo lunar, resulta que al repetirse un eclipse la conjunción se verifica unos 28 minutos al Oeste del nodo, y en el transcurso del tiempo llegará un momento en que haya conjunción sin eclipse y el Saros se ha terminado ; mas entonces comienza un nuevo Saros, en que la conjunción se verifica al Este del nodo lunar. Un pequeño eclipse parcial, próximo a uno de los polos terrestres, es nuncio de una serie nueva. El eclipse va aumentando en cada período, rodeando la Tierra y avanzando hacia el polo opuesto ; llega a total, disminuye progresivamente y muere al cabo de 1.150 años, apareciendo un nuevo Saros, que camina en dirección opuesta.

Los primeros cálculos de eclipses, prescindiendo del período caldeo, se deben a Hiparco, cuyas reglas y procedimientos aparecen en el *Almagesto*. No se dió en el asunto un avance eficaz hasta la época de Kepler, que perfeccionó el método de Hiparco y sacó partido de estos fenómenos para calcular las longitudes terrestres. A partir del siglo xvii, la teoría de los eclipses ha hecho notables progresos, y hoy día el cálculo detallado de los mismos está sometido a reglas fijas que permiten prever y anunciar todas las circunstancias. La parte que pudiéramos llamar matemática está descartada, y, en cambio, desde mediados del siglo pasado, el nacimiento de la Astronomía física ha planteado y resuelto multitud de curiosísimos problemas, suscitando cada día cuestiones nuevas a medida que aumentan los descubrimientos de la Astronomía, la Física y la Química, siendo de notar que hay algunas que sólo pueden acometerse en estas ocasiones excepcionales, mientras otras se han estudiado en cualquier época, una vez surgidas o suscitadas por la observación de aquellos interesantes fenómenos.

Por la circunstancia de haber sido favorecida nuestra Península con varios eclipses totales de Sol en las épocas en que el programa de su estudio se ha ensanchado considerablemente, España ha contribuído, de un modo proporcional a sus modestos recursos, al progreso de esta rama de la Ciencia, y la historia de los eclipses contiene, por esta razón, trabajos propios y ajenos efectuados en nuestro suelo.

Grande ha sido el esfuerzo de los geómetras hasta llegar a calcular teóricamente las desigualdades de los movimientos celestes y a dar una explicación física de los singulares fenómenos que ofrecen estos movimientos. En su espinoso camino han encontrado particularidades tan extrañas como la del movimiento del perihelio de Mercurio, pesadilla y preocupación constante

de los sabios de todos los países, hasta que, en nuestros días, Einstein calculó teóricamente el valor de dicho movimiento, partiendo de sus teorías relativistas, lo cual constituye, a mi juicio, la comprobación de orden físico más contundente de las ideas del sabio alemán ; pero no ha sido menor el mérito de los astrónomos, que con tenaz perseverancia han convertido en tablas numéricas las fórmulas teóricas, corrigiendo y perfeccionando sin cesar según aconsejaban el cálculo y las observaciones, llegando a obtener las tablas del Sol y de la Luna, indispensables para la predicción de los eclipses, y formando efemérides admirables por su exactitud.

Tampoco ha dejado de tomar parte nuestro país en esta labor meritísima ; a la más antigua de estas obras, impresa en Nuremberg en 1474, premiada por el rey de Hungría con 800 escudos de oro, y que se agotó rápidamente a pesar de su elevado coste, siguieron las efemérides del médico de Barcelona Bernardo de Granollach, que aparecieron en 1487, con el título *Sumario en el cual se contienen las conjunciones y oposiciones, los eclipses de Sol y Luna y las fiestas movibles, desde 1488 a 1550*.

A principios del siglo xvii se publicó también en Madrid otra obra importante, basada en las tablas Alfonsinas y en las de Copérnico, con el título *Efemérides generales de los movimientos de los cielos*, en la cual el autor, Suárez de Argüello, insertaba las posiciones del Sol, la Luna y los planetas desde 1607 a 1618. A continuación publicó Kepler otra obra de igual índole, que llega a 1636, y al final del mismo siglo se publicaron en Barcelona las *Efemérides* de López de Silva.

Ya en esta época se publicaban trabajos de esta clase en diversos países de Europa, en cuya enumeración no hemos de insistir en este lugar ; pero sí llamaremos la atención, por

tratarse de un progreso notable, sobre la aparición en 1678 del primer volumen de la *Connaissance des Temps*, publicación que, aumentada y perfeccionada constantemente, no ha dejado de publicarse hasta la fecha. El autor anónimo de la obra era Picard, ilustre astrónomo, fundador del Observatorio de París, y en su pequeño folleto de 60 páginas figuraba, además de los datos relativos al Sol, Luna y planetas, la predicción de los eclipses que habían de tener lugar en 1879. En los años siguientes se fué aumentando el número de tablas, acompañadas de explicaciones para su uso y de ejemplos prácticos de Astronomía y Navegación. El último volumen publicado por Picard fué el de 1683; murió al año siguiente, y a partir de esta época la *Connaissance* se publicó bajo la dirección de Lefevre, siguiendo las instrucciones del sabio fundador del Observatorio. En 1702 cesó Lefevre, a quien se le retiró el privilegio del almanaque y se le borró de la lista de académicos, a consecuencia de un incidente desagradable (nota 1) que prueba que el cálculo de los eclipses no había llegado a la perfección alcanzada en nuestros días.

La *Connaissance* se publicó sin interrupción por los sucesores de Lefevre, entre los cuales merece especial mención el eminente Lalande, que modificó y mejoró notablemente la obra de sus antecesores incluyendo en el almanaque, a partir de 1760, cuantos datos podían necesitar los astrónomos y navegantes y anunciando los eclipses y ocultaciones con mayor precisión que se había hecho anteriormente, gracias a la exactitud de las nuevas tablas de que ya se podía disponer.

El ejemplo de Francia fué seguido en casi todas las naciones de Europa, comenzando en 1766 la publicación en Londres del *Nautical Almanach*, en 1774 la del *Astronomische Jahrbuch*, de Berlín, y otras efemérides análogas, entre las que debe men-

cionarse el *Almanaque náutico de San Fernando*, que alcanza ya el tomo CXXXII.

El perfeccionamiento sucesivo de estos almanaques astronómicos, debido a las excelentes tablas del Sol, Luna y planetas, sobre todo a las publicadas recientemente por Le Verrier y Newcomb, permite construir efemérides de precisión extraordinaria y calcular los eclipses con toda la antelación que se desee, sin miedo a equivocación en el momento del fenómeno ni en lo relativo a la magnitud y demás circunstancias del eclipse.

* * *

Hemos dicho que el Saros contiene $6585^d,3212$, que, convertidos en años, son 18 años $10^d 7^h 42^m 33^s,6$ si en el período hay cinco años bisiestos, y 18 años $11^d 7^h 42^m 33^s,6$ si en el mismo período hay solamente cuatro años bisiestos. Supongamos que se desea saber si habrá un eclipse total de Sol en Septiembre de 1923. Busquemos los eclipses registrados en 1905, y encontraremos uno total de Sol, que comenzó para la Tierra en general el 29 de Agosto, a las $23^h 41^m$, 4 t. m. de Greenwich. Como en el intervalo del año 5 al 23 hay solamente cuatro años bisiestos, habrá que agregar a la primera fecha 18 años $11^d 7^h 42^m$, y resultará que se repite el eclipse, en circunstancias parecidas, el 10 de Septiembre, a las dos horas t. m. de Greenwich.

Teniendo la seguridad de que en un día y a una hora determinada ha de ocurrir un eclipse, por haber empleado la regla del Saros o consultado el Canon de Opolzer, no hay más que utilizar un almanaque astronómico y aplicar metódicamente las fórmulas expuestas en cualquier tratado clásico, y sobre todo en la *Astronomía* de Chauvenet, para llegar con toda seguridad

a resultados satisfactorios en el cálculo de los momentos del fenómeno en cada una de sus fases para cualquier punto de la Tierra, duración del eclipse en distintos lugares, representación del eclipse sobre la superficie del globo, y más minuciosa y detallada de la zona especial en que ocurre la totalidad. Teóricamente el problema está completamente resuelto, y cuando ocurre que entre la observación y el cálculo hay discrepancia en la duración o en el momento físico de un contacto determinado hay que achacarlo a la variación por extremo irregular del diámetro y paralaje de la Luna, y en parte, también, al valor del diámetro solar, respecto del cual se ha convenido en adoptar un valor particular para el cálculo de eclipses. Mas estas discrepancias son siempre de muy pocos segundos, y no alcanzan ni se aproximan a las que se notaban en tiempo de La Hire y Lefevre, cuando no se había llegado a la perfección actual en las tablas del Sol y de la Luna y en el cálculo previo de efemérides.

* * *

Por lo dicho se comprende que existe una diferencia notable entre las observaciones de eclipses anteriores y posteriores al siglo XIX. Los primeros se observan sin plan preconcebido y sin propósito deliberado de obtener toda clase de consecuencias útiles, mientras en los segundos se procede con arreglo a un programa previamente acordado, se prepara un material científico especial para llevar la empresa a feliz término, se acometen problemas planteados con anterioridad al fenómeno y se utiliza la observación del mismo para deducir consecuencias que puedan tener útil aplicación fuera de estas ocasiones excepcionales.

Puede considerarse como enlace entre los eclipses antiguos

y modernos la labor realizada en el siglo XVIII por Halley, Mac-Laurin, Ulloa y otros sabios, que trataron de buscar explicación a determinados fenómenos observados, como la corona solar y las protuberancias, acerca de las cuales llamó la atención en varias ocasiones aquel eximio navegante español.

Pero el eclipse que marca época y señala una nueva pauta en la clase de investigaciones que deben efectuarse en estos casos es el del año 1842. A partir de esta fecha puede decirse que queda relegado a segundo término todo lo concerniente a la Astronomía esférica, y toma incremento creciente el estudio físico y químico del Sol y de sus envolventes gaseosas. En la fecha citada llamaron la atención dos protuberancias notables medidas en diversos puntos de la zona de totalidad, y acerca de cuya naturaleza se emitieron las más variadas hipótesis, constituyendo el asunto un interesante problema por resolver.

Un paso notable se dió con motivo del eclipse de 1860, que tuvo lugar en España, y en que por primera vez se obtuvieron fotografías de las protuberancias, en sustitución de los dibujos, variables según la habilidad y manera de apreciar el fenómeno diferentes observadores.

En el *Anuario del Observatorio de Madrid para 1861* figura una descripción completa del eclipse, con las fotografías obtenidas por los astrónomos madrileños, por Warren de la Rue y por el Padre Sechi. En aquella ocasión se puso de manifiesto la importancia excepcional de los eclipses para estudiar apariencias portentosas de ciertas regiones solares, que sólo pueden percibirse en estos críticos momentos. En el Desierto de Las Palmas se midió una protuberancia cuya altura medía tres minutos, esto es, diez veces el diámetro de nuestro globo.

Ante fenómeno de tal magnitud no es extraño que los astrónomos trataran de averiguar la naturaleza y particularidades de

la atmósfera solar, y como las leyes de Kirchoff, ya conocidas en aquella época, dieron gran impulso al análisis espectral, cada eclipse total de Sol era esperado con verdadera ansiedad, para poder descifrar, mediante el espectroscopio, la verdadera naturaleza de las protuberancias, cromosfera y corona.

Los trabajos de laboratorio hicieron notar que los vapores de ciertos cuerpos, llevados a la incandescencia, producían un espectro cuyas rayas brillantes tenían la misma longitud de onda que las oscuras del espectro solar. Y cuando en los eclipses de Sol comienza la totalidad se puede ver durante el brevísimo espacio de unos dos segundos un espectro de rayas brillantes indicando la existencia de un finísimo estrato, la capa inversora yuxtapuesta a la fotosfera, que produce las rayas oscuras ordinarias del espectro solar y las brillantes cuando dicha capa puede observarse aislada en los eclipses totales.

Resulta, pues, que gracias a la observación de los eclipses se puede saber que el globo luminoso, limitado por la superficie llamada fotosfera, está rodeado de una capa finísima de vapores metálicos, muy interesante para el estudio de la física y química solar; de otra más extensa, llamada cromosfera, en la que se forman las protuberancias, y, por último, de otra capa mucho más tenue y variable en su forma y extensión, que es la corona solar.

Y aunque estas tres regiones exteriores al Sol únicamente podían estudiarse en el corto espacio de tiempo que permiten los eclipses totales, la capa cromosférica se observa sistemáticamente, sin necesidad de eclipses, desde 1868. en que Jansen y Lockyer idearon, independientemente, el procedimiento de la rendija tangente al borde solar, con lo que se produce un espectro muy tenue de la luz difusa del Sol, y uno discontinuo e intenso de rayas brillantes de la cromosfera y protuberancias.

A partir de esta época cada eclipse total de Sol es objeto de muy detenido estudio, y las naciones cultas no escatiman sacrificios para nombrar Comisiones competentes, con la pretensión de llegar al conocimiento, tan exacto como es posible, del estado físico y de la composición química de las envolventes solares, y como, por otra parte, los progresos de la Física moderna suministran medios para llegar a conocer la temperatura fotosférica dentro de límites relativamente moderados, se ha pretendido aspirar a conocer la marcha de la temperatura cuando se pasa de la superficie al núcleo del astro, extendiendo así las investigaciones lo mismo hacia el interior que hacia el exterior de la fotosfera. Es claro que de estas investigaciones surgen a diario cuestiones difíciles de resolver, que aumentan los muchos puntos que quedan por dilucidar ; pero a ello se consagra hoy con entusiasmo el mundo científico, pues toda clase de esfuerzos y desvelos merece el estudio físico y químico de la única estrella del firmamento que nos ofrece diámetro aparente y puede servirnos de guía en el estudio de las demás.

La relación de los trabajos llevados a cabo con motivo de los eclipses de 1900, 1905, 1912 y 1914, en los que España ha tomado parte muy activa, exigiría un espacio y un tiempo de que no podemos ahora disponer ; pero no es posible pasar en silencio la comprobación astronómica de las teorías relativistas, deducidas de la observación del eclipse de Australia. A fuer de imparciales hemos de reconocer que los resultados del eclipse de 1919 se prestaban a interpretaciones favorables y adversas respecto de las teorías y predicciones de Einstein, y los elementos de juicio no ofrecían para algunos base suficiente para fundar sobre ellos conclusiones definitivas (nota 2). Pero las medidas de Campbell y Trumpler, que dan para la desviación del rayo luminoso un valor promedio de $1''.74$, cuando el valor teórico

de Einstein es igual a $1'',75$, no deja lugar a duda, sobre todo si se tienen en cuenta la perfección de los instrumentos, la riqueza y abundancia de material científico y las múltiples precauciones que se han tomado para llegar a tener conclusiones del mayor peso posible. Conocida la manera de pensar de los astrónomos norteamericanos, que no eran por cierto los más entusiastas partidarios de las teorías relativistas, y leyendo atentamente el proceso de este delicadísimo trabajo en los números de *Popular Astronomy* anteriores y posteriores al 21 de Septiembre de 1922, hay que convenir con el ilustre director del Observatorio de Lick en que el punto queda suficientemente discutido y comprobado.

* * *

Resulta, pues, que los eclipses, considerados en un principio como amenazas del cielo, nuncio de desdichas y calamidades, y avisos a los príncipes y magnates; esos fenómenos celestes, cuyos peligros se trataba de conjurar con prácticas ridículas, han servido para establecer una teoría que los anuncia y detalla con admirable precisión, fijando al segundo de tiempo el momento del principio y fin de cada una de sus fases, y dando una relación detallada de las circunstancias todas del fenómeno en cualquier punto de la superficie de la Tierra. En el orden físico nos han mostrado la naturaleza de la capa inversora, probando la unidad de la materia que constituye el Universo; nos han revelado la existencia de nuevos cuerpos simples en la cromosfera y en la corona; nos compelen a resolver problemas curiosísimos, como son el distinto aspecto que ofrece la corona según que el eclipse coincida con el máximo o el mínimo de manchas, la presencia o ausencia de determinadas rayas en

unas u otras ocasiones y otra porción de cuestiones que sería prolijo enumerar y que han de ser objeto de meditación y estudio en lo futuro, juntamente con los nuevos problemas que surgirán seguramente en el terreno de la espectroscopia y de la constitución de las diversas partes del astro. Finalmente, el fenómeno que durante muchos siglos ha infundido terror y espanto ha servido recientemente para aquilatar y medir la discrepancia de menos de una décima de segundo de arco entre los valores asignados a la desviación del rayo luminoso, en la Ciencia clásica y en la teoría relativista.

La Humanidad puede sentirse orgullosa de la labor realizada en esta rama especial de nuestros conocimientos. Pero las conquistas científicas que hemos relatado, los descubrimientos a que ha dado lugar el estudio razonado de los eclipses a través del tiempo, ¿son los únicos o los más notables triunfos a que esta labor continua y sistemática nos ha conducido? De ninguna manera. Es, a mi juicio, más maravilloso que todo cuanto llevamos dicho el hecho de que la teoría de eclipses, en su sentido de mayor generalidad, nos permita asegurar la existencia de astros que no vemos ni veremos jamás y calcular su órbita alrededor de una estrella visible. Efectivamente, una estrella cuyo brillo presente variaciones periódicas de magnitud indica la ocurrencia de eclipses ocasionados por un astro opaco, invisible para nosotros, y el cálculo, conocida la duración del período, puede conducirnos al conocimiento de la órbita del astro opaco y al de su masa relativamente a la del astro brillante.

¿Qué aspecto ofrecería un eclipse de Sol visto desde una estrella? El astro del día, sin presentar diámetro aparente, se mostraría como un punto luminoso; la Luna, por supuesto, sería invisible, y los habitantes de Sirio dirían que el Sol era una

estrella variable de corto período y achacarían el cambio de su brillo a un cuerpo opaco que para los habitantes de la Tierra produce eclipse, pero para los estelares sólo puede ocasionar una disminución de brillo o cambio de magnitud.

Si el astro eclipsante fuera un planeta, el período de variación sería tanto mayor cuanto mayor fuese su distancia al Sol, y el cambio de magnitud sería función de las dimensiones del planeta y de su distancia a dicho astro.

Tampoco escapa a las investigaciones modernas el eclipse entre estrellas, es decir, la ocultación de un sol por otro sol, aunque no sepamos que existen ambos soles ni sea posible distinguirlos. Imaginemos dos estrellas tan próximas que no puedan separarse con auxilio de los más poderosos instrumentos. Es claro que supondremos que se trata de una estrella única; pero la luz que recibe el observador es la suma de las transmitidas por los dos astros. Si estos forman un par físico, cuando en la revolución de la estrella secundaria alrededor de la principal se coloquen ambas en la línea de puntería habrá eclipse, perceptible por las variaciones de la luz, y esto nos hará comprender que se trata de una estrella variable. Resulta, pues, que para que se produzcan variaciones periódicas de brillo no es indispensable que el astro ocultante sea opaco, o, lo que es lo mismo, dos soles pueden producir eclipses, y éstos se reconocen mediante el análisis espectral.

Consideremos un par físico de estrellas inseparables. Obteniendo numerosas fotografías espectrales, el espectro estelar será la superposición de los producidos por ambas estrellas, y si en una de ellas hay espectro de absorción y en la otra de emisión, las rayas brillantes del hidrógeno, por ejemplo, se desviarán sucesivamente a uno y otro lado de las oscuras, mientras el astro secundario describe su órbita, y en ciertos momentos

se superpondrán con dominio de la raya de absorción o de la brillante.

El examen de estos espectros superpuestos ha denunciado la duplicidad de ciertas estrellas, llamadas *dobles espectroscópicas*, imposibles de separar con los mayores anteojos. En esta clase de astros podemos reconocer la composición química y aspirar al conocimiento del estado físico de cada foco emisor, así como al de sus movimientos relativos. Tenemos, pues, un nuevo tipo de eclipses que no hubiera nadie podido imaginar al contemplar en tiempos antiguos el espectáculo imponente de nuestros eclipses solares.

* * *

Si se tiene en cuenta que España ha contribuido al progreso de esta interesante y curiosa rama del árbol frondoso de la Ciencia desde la época en que se elaboraban tablas destinadas a facilitar el cálculo de eclipses hasta los observados en el siglo actual ; que desempeñó un papel importantísimo en los totales de 1860 y 70 y que en el reciente de 1914 el éxito favoreció en Crimea a nuestra Comisión, que obtuvo fotografías del espectro coronal en que apareció por primera vez la raya roja, que parece mostrarse en la época de máximo de manchas, se comprenderá que ha sido una lástima nuestra ausencia en los eclipses de Australia y de Méjico.

Antes que los astrónomos americanos había pensado el Observatorio de Madrid en acudir a Vollal si se nos concedía el crédito necesario. El Director del Observatorio de Perth, Mr. Courlewis, nos dió toda clase de detalles relativos al viaje y a la instalación ; pero el crédito se negó cuando ya no había tiempo para cumplir nuestro cometido aun cuando se hubiera

concedido. El estado del cielo favoreció las observaciones de Campbell, que se trasladó a Volla, después de haber efectuado las operaciones preliminares en la isla de Tahiti. Si hubiéramos podido asistir, aun cuando nuestros elementos materiales hubieran sido modestísimos, comparados con la riqueza y abundancia de instrumentos de que disponían los norteamericanos, hubiéramos suministrado nuevos elementos de juicio para comprobar el efecto Einstein, sumándose a los resultados de Campbell en caso de conformidad o dando lugar a interesantes discusiones sobre el particular si resultaba notoria discrepancia.

La Comisión holandesa-alemana, que tuvo la desgracia de ver sus planes desbaratados por el estado del cielo, ha acudido a Méjico a realizar el programa preparado para Australia ; pero las condiciones del eclipse del año 23 no son tan favorables como la del anterior para el estudio de la desviación de los rayos luminosos, por la pequeñez de las estrellas próximas al Sol en el momento crítico.

Ya que no ha sido posible la concurrencia de España a estos dos eclipses, preparémonos para asistir a los de 1925, 26 y 27, cuya zona de totalidad, más próxima a nuestra Península, exige menores dispendios, y así reanudaremos nuestra interrumpida colaboración en empresas nobles y cultas que tanto ennoblecen a los pueblos que las realizan.

* * *

NOTA 1.—La Hire hijo reprochó a Lefevre haberse equivocado en media hora en la predicción del eclipse de 15 de Marzo de 1699, publicada en la *Connaissance* para dicho año. Contestó Lefevre que el error no pasaba de siete minutos y que era imputable a la imperfección de las tablas Rudolfinas empleadas, y con este motivo trató

a La Hire de joven novicio, embustero y propagador de falsedades. Además acusó a La Hire padre de haberse equivocado en siete u ocho minutos al calcular el eclipse de Luna de 20 de Noviembre de 1695 y de haber cometido el pecado mucho más grave de falsificar la observación para acomodarla al cálculo. En un prefacio de la *Connaissance* para 1701, que se suprimió luego de la edición y no se encuentra en ningún ejemplar, decía Lefevre: «La Hire padre calculó, sirviéndose de sus tablas astronómicas, el eclipse de Luna de 20 de Noviembre de 1695 y comunicó a varias personas, entre las que estaba yo, que el eclipse terminaría a las 8^h 42^m de la noche; pero otro astrónomo afirmó que el fenómeno acabaría a las 8^h 35^m 28^s. Efectuada la observación, afirmó La Hire que el eclipse había terminado a las 8^h 41^m, con un minuto de discrepancia respecto de su cálculo. Por de pronto obtuvo un triunfo, haciendo ver que su predicción era la más exacta y tratando con desprecio a los otros calculadores. Mas habiendo observado dicho eclipse Casini en Bolonia con gran precisión, envió los resultados a París, y hecha la reducción a este meridiano resultaba que el fenómeno había terminado a las 8^h 34^m 30^s, lo que acusaba un error de siete a ocho minutos en los datos de la La Hire, y ponía de manifiesto que dicho señor había falsificado la observación para acomodarla a su cálculo.»

La Academia consideró irreverente la conducta de Lefevre y le amenazó con excluirlo si no retiraba el prefacio y lo sustituía por otro con la debida retractación, exigiéndole además que diera satisfacción a los ofendidos en plena sesión. A todo se sometió el astrónomo antes que dejar de ser académico; y aunque varios compañeros le libraron de la humillación de dar satisfacciones públicas, la reconciliación no fué mas que aparente, ya que habiéndose visto obligado a faltar a varias sesiones seguidas fué excluido, a pretexto de que el reglamento imponía la asiduidad.

Fué, en opinión de Lalande, una verdadera pérdida para la Academia; calculaba los eclipses mejor que sus contemporáneos y, además de la *Connaissance*, publicó efemérides para el meridiano de París y tablas astronómicas utilísimas para el cálculo de los eclipses de Sol y de Luna. Murió en 1706.

NOTA 2.—«Las teorías relativistas fijaban para el valor de la desviación 1",75, y la Mecánica clásica predecía 0",87. Tres Comi-

siones observaron el eclipse : una en Africa, en la isla del Príncipe, y dos en Sobral, en el Brasil. Los resultados obtenidos para la desviación, que llamaremos 1.º, 2.º y 3.º fueron, respectivamente, $1'',98$, $1'',60$ y $0'',93$. Se ve que los dos primeros se aproximan al número de Einstein, con diferencias de $+0'',23$ y $-0'',15$, en tanto que el tercero se acomoda al número de Newton, con un error de $+0'',06$.

El hecho de haber rechazado algunos astrónomos este último número, fundándose en que no se había obtenido con ecuatorial, sino utilizando un espejo reflector que, calentado por el Sol antes del momento de impresionar las placas, podía alterar la posición de las imágenes, ha dado lugar a justificadas discusiones y a que se emitan opiniones discordantes y contradictorias.

Es cierto que debe evitarse el empleo de aparatos reflectores, los cuales, sometidos a la acción de los rayos solares antes del eclipse, pueden producir una pequeña variación del foco y una distorsión que puede originar alguna variación en la posición de la estrella, insignificante en verdad, pero no despreciable cuando se trata de medir arcos tan exigüos y fracciones de milímetro pequeñísimas en la placa fotográfica ; mas como no se apuntaron estos inconvenientes antes de la observación y, sobre todo, antes de efectuar los cálculos y reducciones necesarios para llegar al número 0,93, que tanto se aproxima a lo previsto en las teorías de Newton, no es extraño que los defensores de éstas, y aun los espectadores imparciales, se opongan a que se rechace de plano el resultado tercero, que, por otra parte, se obtuvo con mayor número de estrellas y con mayor número de placas.

Estudiando el asunto con serenidad y sin prejuicios de ningún género, es preciso convenir en que los dos primeros resultados, y aun los tres, en el supuesto de que fueran más concordantes, son elementos no muy seguros para basar en ellos una conclusión definitiva y pronunciarse resueltamente en favor de las nuevas teorías con motivo de tan escasos datos de observación.»

(*Anuario del Observatorio de Madrid para 1923*, págs. 292 y 293.)