

pequeño laboratorio donde podían llevar a cabo experimentos sencillos. Siempre supo que quería estudiar Ciencias Químicas, y así lo hizo en las universidades de California y Harvard, donde se doctoró en 1971, y realizó sus estudios posdoctorales en la Universidad de Cambridge (Gran Bretaña).

En 1972 fue contratado por la compañía química E. I. DuPont de Nemours and Company, donde formó parte del grupo investigador de George Parshall. Tres años después, entró en el prestigioso Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), donde se convirtió en profesor en 1980.

En agosto de 1971 se casó con Nancy Carlson, con quien tuvo dos hijos. Entre los galardones que ha logrado a lo largo de su carrera figuran los Premios en Química Inorgánica y Química Organo-metálica de la Sociedad Química Americana. Actualmente, es Profesor Frederick G. Keyes de Química en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) en Cambridge (EE.UU.). Hasta este año lleva publicados más de 425 artículos científicos, dirigidas 65 tesis doctorales y 75 alumnos posdoctorales. Al preguntarle sobre su vida profesional, comentó: *“sigo encontrando el proceso de abrir los secretos de la naturaleza como una profesión enormemente satisfactoria, que espero tener suficiente suer-*

te para continuar practicándola durante más tiempo”.

Robert H. Grubbs nació en 1942 en Kentucky y se crió en una granja familiar. Su interés en la ciencia comenzó cuando era joven en la escuela superior, gracias a su profesora de ciencias, Mrs. Baumgardner. Como era de esperar, dado que pasaba mucho tiempo trabajando en la granja, estudió Química Agrícola en la Universidad de Florida, que continuó en la Universidad de Columbia (Nueva York) y finalizó en la californiana de Stanford (1969). Poco después, entró como profesor ayudante en la Universidad de Michigan, donde en 1973 fue promocionado a profesor asociado, pero cinco años más tarde regresó a California para ejercer como catedrático de Química en el Instituto de Tecnología de California (Caltech).

Sus investigaciones en química órgano-metálica le han proporcionado una sólida reputación internacional e innumerables reconocimientos, como el Premio de la Sociedad Americana de Química y la Medalla Benjamin Franklin. Durante su carrera profesional ha tenido alrededor de 200 alumnos posdoctorales, que han trabajado en su grupo de investigación. Uno de los más importantes desarrollos de su grupo se basó en la química de los

polímeros. El investigador premiado da las gracias a todos sus colaboradores por su duro trabajo, por sus creativas contribuciones y por hacer la *“química divertida”*.

Durante su segundo año en Columbia se unió sentimentalmente a Helen O'Ken con quien tiene tres hijos. Actualmente es profesor Profesor Victor y Elisabeth Atkins de Química del Instituto de Tecnología de California (Caltech), en Pasadena (EE.UU.).

Conclusiones

La reacción de metátesis es un ejemplo de cómo la Química básica puede ser aplicada en beneficio de la sociedad y el medio ambiente. Lo más importante del descubrimiento es haber logrado un proceso de síntesis orgánica relativamente sencillo y fácil. Aunque hasta el momento el proceso premiado no es muy revolucionario, desde el punto de vista de sus aplicaciones tiene un gran potencial y es muy posible que en el futuro genere importantes desarrollos. Además, representa un gran paso hacia la *“química ecológica”*. La Academia Sueca afirmaba: *“el único límite para la fabricación de nuevas moléculas será la imaginación”*.

Pilar Fernández Hernando
Dpto. de Ciencias Analíticas

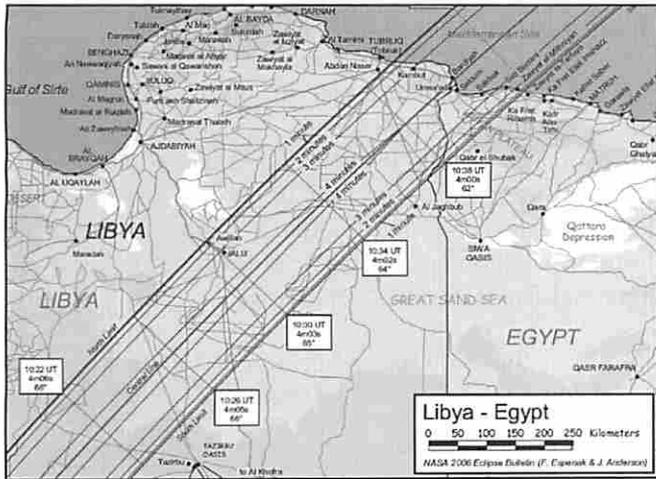
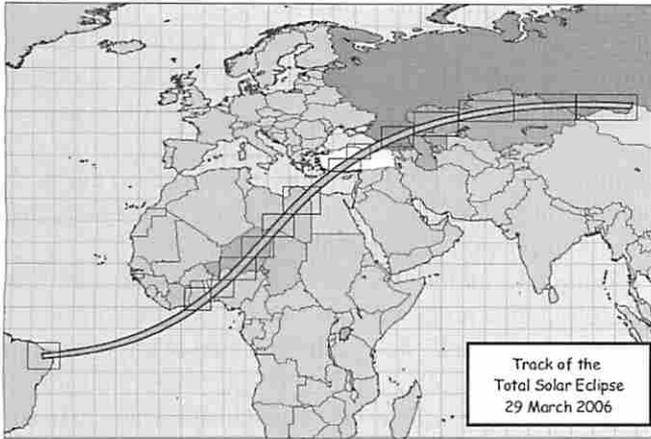
EFEMÉRIDES

La experiencia del eclipse total de Sol del 29 de marzo de 2006 y algunas actividades más

INTRODUCCIÓN

Un eclipse parcial de Sol fue visible el 29 de marzo de 2006 en nuestro país, pero si el observador se hubiera desplazado a otros lugares habría podido disfrutar de un eclipse total de Sol. La sombra del eclipse tocó la

costa de Brasil (2 minutos de totalidad), cruzó el Atlántico, acariciando la costa africana en Ghana y Tongo (3 minutos y medio de totalidad), atravesó el continente africano alcanzando la duración máxima de totalidad en el desierto del Sahara (4 minutos 7 segundos), pasó por el borde de Libia con Egipto por la ciudad egipcia de El Sallum (4 minutos de totalidad), cruzó el Mediterráneo siguiendo hacia Turquía (3 minutos y medio de totalidad), atravesó el mar Negro introduciéndose en la Federación Rusa y finalizó su trayectoria en Mongolia (con 2 minutos de totalidad).



Tuve la suerte de poder disfrutar del eclipse total de Sol en la ciudad de El Sallum (Egipto) donde la duración de la totalidad alcanzaba prácticamente el máximo de duración de este eclipse. La observación de un eclipse total de Sol es una de las experiencias inolvidables que se pueden tener. Es un espectáculo grandioso. Desde sus inicios, con la bajada de la intensidad de la luz, los cambios atmosféricos, los juegos de sombras y la sensación de curiosidad por parte de todos: “algo extraordinario va a suceder”.

El primer eclipse total de Sol que tuve la oportunidad de ver tuvo lugar el 11 de agosto de 1999. Estaba en el norte de Francia, cerca de la frontera con Alemania, en Briey. Las nubes nos hicieron sufrir durante toda la mañana, pero finalmente fue posible ver el eclipse aunque un poco empañado por la nubosidad. Recuerdo perfectamente que en el periodo anterior a la totalidad, cuando se apreciaba un claro descenso de la luminosidad, un gran pájaro negro empezó a volar en una enorme espiral, subiendo vertiginosamente hacia arriba alejándose del suelo, hasta llegar a desaparecer como un pequeño punto negro. No se me olvidará nunca. El pánico del pobre animal fue total, y no había para menos. El eclipse no duró más que unos tres minutos, pero tres minutos de “noche” a media mañana, son muchos minutos, si no se está seguro de que el Sol vuelva a aparecer.

Imagino que muchos lectores estarán recordando el magnifico espectáculo del eclipse anular del 3 de octu-

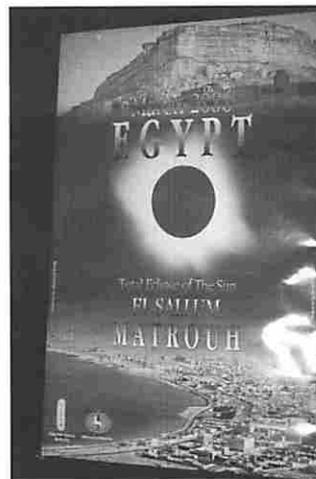
bre del 2005 que tuvo lugar en nuestro país. Tuve oportunidad de participar personalmente en las actividades organizadas por la UNED en Madrid y disfruté mucho de la experiencia. Aunque la luminosidad disminuyó mucho, mi ojo me jugó una mala pasada. Se fue acostumbrando lentamente al cambio de luminosidad, de forma que descubrí la falta de luz, más porque mi cámara estaba tomando las fotos con el flash, que por mi propia vivencia personal.

Realmente a mí no me parecía que hubiera cambiado tanto. Es indudable que el eclipse anular en el instante de la totalidad fue de una gran belleza. Pero los cambios de luminosidad no me impresionaron tanto como en los eclipses totales que he tenido la oportunidad de observar.

Con ser muy espectacular, sinceramente, no es comparable a la sensación que produce un eclipse total. Vivir, aunque sean sólo “4 minutos de oscuridad” en pleno día, te hace comprender la vacilación y el miedo que sentía la humanidad, miles de años atrás, cuando no estaba al corriente de las causas de este fenómeno y temía que el astro rey no volviera a aparecer.

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 29 DE MARZO DE 2006

No fue hasta el pasado mes de marzo que tuve la oportunidad de presenciar otro eclipse total de Sol. Fue en El Sallum, en Egipto, en una zona de desierto próxima a la frontera de Libia. El gobierno egipcio organizó toda una infraestructura para recibir a miles de reporteros, científicos y curiosos interesados en presenciar este evento. La zona elegida estaba en medio del desierto. Sólo había cuatro casas (un restaurante, un par de edificios del ejército y una mezquita). Se instaló al estilo “beduino” un conjunto de tiendas para atender a los visitantes. Algunos llegaron el día anterior, otros llegamos esa misma mañana. El desierto aparecía recubierto de bruma y el Sol apenas se podía vislumbrar. Desapareció la bruma cuando la altura del Sol fue creciendo sobre el horizonte y pudimos disfrutar de un día claro y transparente.



Se instalaron miles de telescopios y todos nos preparamos para observar el eclipse. Fue espectacular todo el fenómeno, las perlas de Bailly, el anillo de diamantes, que sólo apareció un instante, pero un instante totalmente mágico, la impresionante corona,...

Un eclipse total viene antecedido y precedido de todo un proceso. Aproximadamente una hora antes empieza el eclipse parcial. Con filtros se puede observar el limbo accidentado de la Luna, se va acercando la totalidad y la luz disminuye todavía mas, los animales y las propias personas sentimos que algo va a suceder. Todo lo que nos rodea se vuelve más y más oscuro y la temperatura baja. La luz ambiente desciende todavía más y empieza a ser difícil distinguir los objetos y personas que tienes cerca. La bajada de luz es repentinamente muy notoria. Ha empezado la totalidad.

La observación en El Sallum fue soberbia. Minutos antes de la totalidad se pudo observar un espléndido anillo de diamantes y las perlas de Bailly (luz solar que filtra el borde irregular de la Luna) y finalmente la corona solar con penachos pronunciados de color blanquecino que fueron increíblemente bellos. Realmente es de una belleza difícil de describir. Con telescopios dotados de filtro también fue posible distinguir algunas prominencias solares visibles en el limbo del Sol. Tras los cuatro minutos de totalidad el proceso se invierte, de nuevo el espectacular anillo de diamantes, el incremento de la luminosidad y disfrutar de nuevo del eclipse parcial que poco a poco va dejando paso a la luz solar.

Un eclipse total de Sol es uno de los espectáculos que no se olvidan mientras vives, pero hay que percibirlo en vivo y en directo. Cualquier imagen (fotografía o película) que podamos ver después es sencillamente un

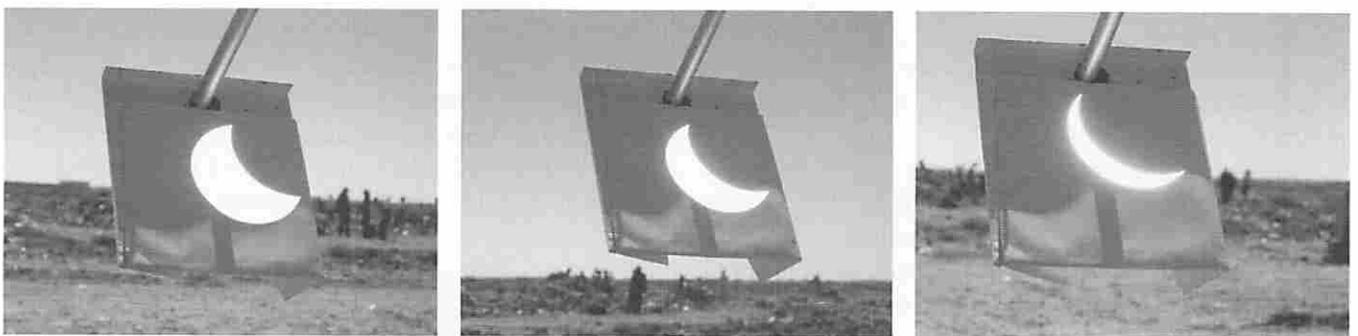
“eclipse-descafeinado”, un “eclipse-sin”, en el sentido que no nos da la real sensación del hecho. Es algo así como comparar una imagen del fuego de una chimenea con una fotografía de la misma. Hay algo diferente que se nos escapa. El fuego real se percibe de forma más completa, no sólo por lo mirada. Todo nuestro cuerpo lo percibe, la piel, el oído..., mientras que la fotografía nos da una impresión encorsetada y más pobre.

Aunque lo mejor es verlo en directo y cualquier imagen fotográfica no es más que una “pobre aproximación a la observación real”, he sucumbido ante el impulso de incluir algunas imágenes, quizás porque más vale esto que nada. Mi deseo es que estas instantáneas sirvan para animar a todos los lectores a pensar en la posibilidad de observar los próximos eclipses del 2008 y 2009.

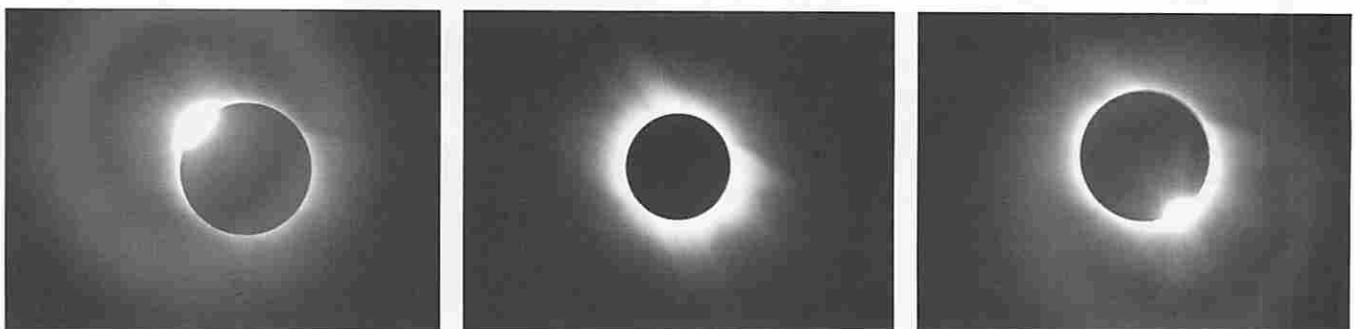
Los datos del eclipse figuran en la Tabla 1 y las imágenes que acompañan a este artículo, justifican, a mi juicio, los adjetivos empleados. Me ha parecido interesante mostrar la total oscuridad a la que se llegó en las diversas fases del eclipse en la composición de fotos donde puede verse una tienda de campaña, en la que durmieron algunos asistentes, en la totalidad, durante la parcialidad y después del eclipse.

Tabla 1. Datos relativos a El-Sallum
(Latitud $31^{\circ} 34' 03,23''$ y Longitud $25^{\circ} 07' 39,35''$)

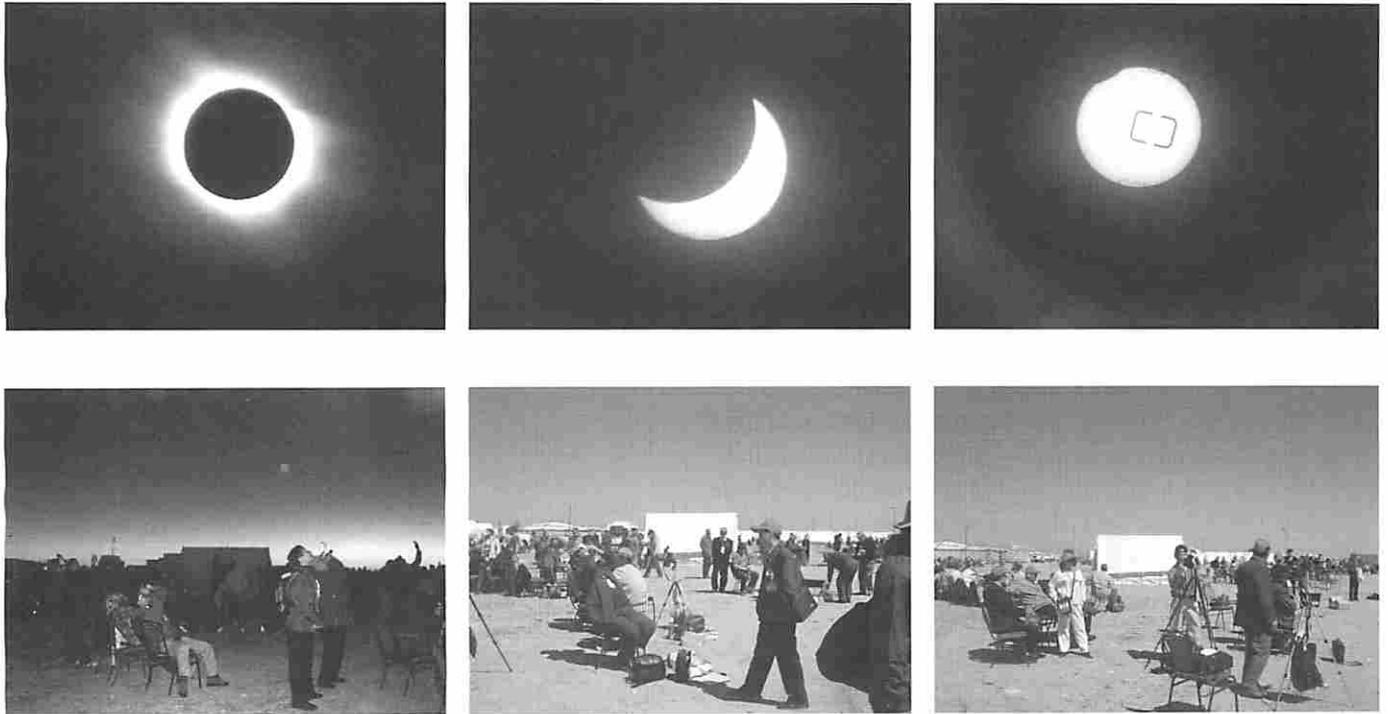
Inicio eclipse parcial	11:20:06,8
Inicio eclipse total	12:38:05,3
Eclipse central	12:40:03,3
Final eclipse total	12:42:00,8
Final eclipse parcial	13:59:56,5



Tres instantes de la parcialidad.



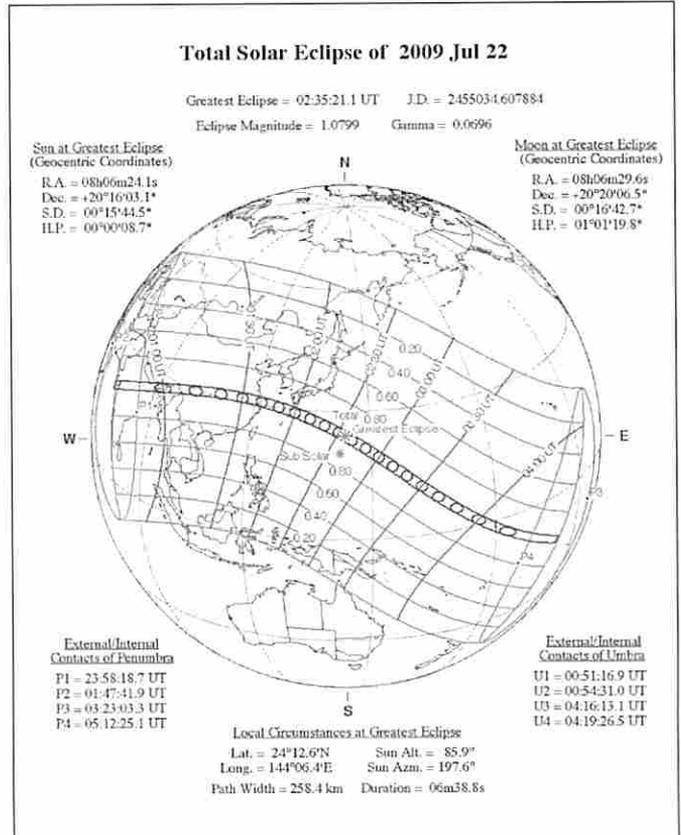
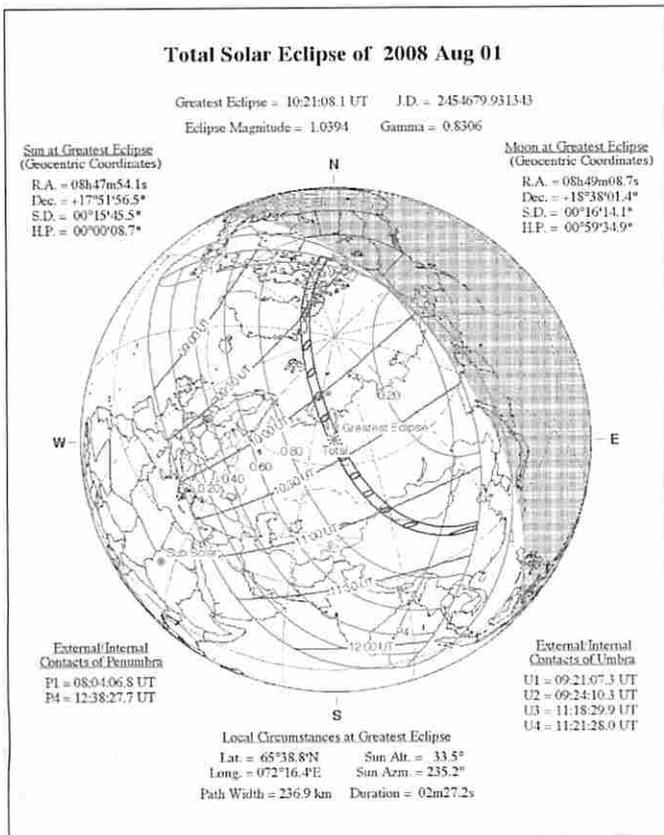
Anillos de diamantes y corona.



El descenso de luz es impresionante.

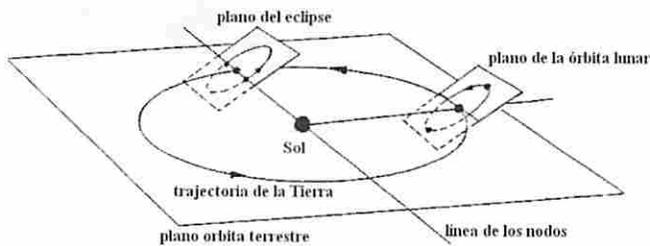
Después de haber vivido una de estas experiencias puedes comprender el terror que despertaba este tipo de fenómenos en las culturas antiguas. En nuestro caso tenemos la seguridad de que el Sol va a “renacer”, pero en un pueblo sin memoria escrita, que presenciaba uno de estos fenómenos que nadie vivo había visto antes, sin duda debía producirse un pánico aterrador. Para los

amantes de descubrir cosas nuevas, me gustaría recomendar que no se pierdan el próximo eclipse total de Sol. En 2008 y 2009 habrá un par de ellos visibles en China y otras zonas algo alejadas de nuestro país, pero tenemos la gran ventaja de que son en agosto y julio, respectivamente, lo que sin duda nos puede permitir planear con tiempo unas vacaciones “muy astronómicas”.



LOS ECLIPSES Y SU APORTACIÓN AL DESARROLLO CIENTÍFICO DE LA HUMANIDAD

Está claro que en tiempos remotos los eclipses totales de Sol eran sentidos como grandes peligros. El destino del mundo dependía de las estrellas eternas y divinas. La destrucción de la más importante estrella era equivalente al repentino fin del mundo y, por lo tanto, los rituales religiosos se desarrollaron para apoyar al dios Sol en este peligro. Era pues importante hallar las reglas que permitieran predecir estos eventos y se hizo necesaria la observación sistemática, primer paso a una iniciativa científica. Predecir los eclipses lunares no fue tan difícil, pero los eclipses totales de Sol fueron más complejos de estudiar. Un eclipse total de Sol es un evento local que acaba por ocurrir muy raramente en el lugar donde se vive (como veremos en la segunda sección).



El plano orbital de la Luna está levemente inclinado 5 grados respecto al plano orbital terrestre (el dibujo no está a escala). Sin esta inclinación se tendría un eclipse anular cada mes en cada Luna llena. Pero en la mayoría de los casos la Luna pasa un poco antes o después y no hay eclipse. Cuando la Luna está suficientemente cerca de la línea de corte hay eclipse, lo cual sucede normalmente dos veces al año. Teniendo en cuenta la probabilidad de que se dé la noche en el lugar donde se vive cuando esto pasa, se ve en promedio un eclipse de Luna cada año mientras los eclipses de Sol son mucho más raros. Se hizo evidente que las fechas tenían un ciclo repetitivo de 19 años. Éste fue el origen del Ciclo de Saros. Es sorprendente que este ciclo fuera conocido en la Edad de Piedra. Las ruinas de Stonehenge, en Inglaterra, tienen un anillo de 56 agujeros que están datados, en su parte más antigua, en 1900 a.C. (con los datos modernos $3 \times 18,61 = 53,83$ años, que tiene sólo una desviación de 1 día/año, lo cual realmente es extraordinario para un calendario de aquellos tiempos). Hay una cita de Diodoros de Sicilia, historiador romano del tiempo de César, que menciona: "Dicen los Hypoboreanos que dios vuelve cada 56 años para visitar las islas (Británicas), cuando las estrellas van a sus posiciones de partida". Sin duda es una referencia escrita al Ciclo de Saros.

Los eclipses de Sol son mucho más difíciles de predecir. Así, dos astrónomos chinos fueron condenados a muerte por fallar en la predicción de un eclipse solar; en cambio Tales, filósofo griego, fue afortunado al predecir

un eclipse solar visible desde Grecia. Éste coincidió con la batalla entre los Persas y los Medas el años 585 a.C., en el área donde está hoy Turquía. Tal "intervención divina" motivó un armisticio y Tales se convirtió en un hombre de gran reputación.

	Jan	Feb	Mrz	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1990												
1991		☉										
1992	☉											
1993												
1994												
1995				☉								
1996				☉								
1997												
1998												
1999												
2000	☉											

* solar eclipse ☉ lunar eclipse

Los eclipses son fenómenos que se repiten periódicamente.

Los eclipses fueron el decisivo soporte del primer modelo heliocéntrico propuesto por Aristarco. A partir de la observación, Aristarco dedujo que el Sol tenía un diámetro 5 veces mayor que la Tierra y argumentó que carecía de sentido que el cuerpo grande girara en torno al pequeño, lo que le condujo a un modelo heliocéntrico. Hoy, con las leyes de Newton, esta deducción se entiende muy bien. Aristarco lo vio necesario por intuición. Su modelo heliocéntrico era correcto, aunque cometió un error de factor 20 para la distancia al Sol y su diámetro, el cual es en realidad 109 veces mayor que el de la Tierra. Pero incluso Copérnico se refiere a las ideas de Aristarco cuando propone su sistema. De nuevo se ve que todo parte de un inteligente análisis de la observación de los eclipses.

Otro problema que se resolvió con un eclipse fue el de la determinación de la longitud de un lugar. La posición geográfica relativa al Norte/Sur, o latitud, se puede deducir de diversas formas, pero un método sencillo para ello puede ser medir la altura de la estrella polar. Este método era conocido por los marineros de la antigüedad así como el diámetro de la Tierra, lo que les permitía medir fácilmente distancias Norte/Sur. Pero las posiciones Este/Oeste, o longitudes, y en consecuencia las distancias en este ámbito fueron durante siglos un serio problema para la humanidad.

De hecho, fue un eclipse lunar observado por Alejandro el Grande en la India el que ayudó a resolver este problema accidentalmente. Cuando su expedición llegaba de vuelta a Grecia, la gente les dijo que el eclipse había sido observado unas horas antes de la noche. Esta fue la primera experiencia de las zonas de tiempo sobre el globo, por el hecho de que la puesta del Sol en Grecia ocurre algunas horas después que en la India, se hizo evidente cuántos grados está localizada la India, hacia el Este, comparándola con Grecia. Así se dedujo la distancia a la India en unidades de longitud.

El problema de la determinación de la longitud y de las distancias Este/Oeste se mantuvo como un tema desafiante durante siglos. Se había descubierto América,

pero ¿cómo medir la distancia a Méjico? Habría sido fácil resolverlo usando relojes sincrónicos, pero éstos no estaban disponibles. El reloj de péndulo había sido inventado por Huygens, pero ¿cómo llevar uno de estos relojes en un barco? ¿Cómo podía ser sincrónico un reloj “tratado bastante mal” durante días en un barco con uno situado en casa? Era imposible. De nuevo un eclipse ayudó a solucionar el problema. En este caso fueron los eclipses de las Lunas de Júpiter detectadas por Galileo. Realmente él mismo propuso usar dicho eclipse como un puntero que podía ser leído de forma simultánea en muchos países. El instante en que la Luna desaparece de repente al entrar en la sombra de Júpiter podía ser “leído” simultáneamente en Europa y Méjico y la determinación de la hora que permitía este método tenía la precisión de ¡un minuto!

Fue Cassini, en el Observatorio de París, el que inició un proyecto global para poder leer este tiempo global. Pero al calibrar los datos resultantes de la observación surgieron algunas dificultades. El tiempo transcurrido entre dos eclipses era inestable. Roemer, un joven danés de su equipo, se propuso entender esta inestabilidad como resultado del tiempo que la luz necesita para propagarse hasta alcanzar la Tierra en distintas posiciones. Como consecuencia de ello se dedujo un método para medir la velocidad de la luz.

De nuevo en el siglo XX, un eclipse de Sol fue usado para promover un paso fundamental en la física moderna. Albert Einstein predijo que la luz sería desviada por la gravitación de las masas. Este fenómeno se verificó durante el eclipse de Sol de 1919. Eddington, tras estudiar sus datos de observación minuciosamente, anunció que la nueva teoría de Einstein coincidía con sus resultados observacionales. Eddington había obtenido un valor ($1,98 \pm 0,16''$) en concordancia con la predicción teórica de Einstein.

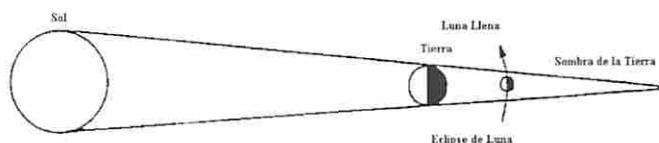
Otro tipo de “eclipse” permitió comprobar la teoría de Einstein con más precisión. Fue la ocultación de un quasar por el Sol, lo que permitió medir la desviación del quasar en 1987 por técnicas de interferometría, dando una verificación de la teoría con sólo un error del 0,1%.

Tomando el término eclipse en el sentido más general de “ocultación”, se puede considerar que en la actualidad los eclipses vuelven a ser punteros en la investigación científica. Una forma de detectar la materia en el universo, en particular las enanas marrones, demasiado apagadas para ser detectadas por su propia luz, es como consecuencia del efecto de “microlente” que tienen lugar cuando una enana marrón es ocultada por otra estrella. La luz de la estrella enana es desviada y focalizada a lo largo del eje óptico de la lente gravitacional presentando, por un corto intervalo de tiempo, un brillo realzado que permite detectarla. En este mismo ámbito, las enormes masas constituidas por la galaxia y cúmulos de galaxias desvían la luz de otros objetos situados a gran distancia siendo, desde 1979 en que fue detectada la primera lente gravitacional, un gran tema de investigación de la astronomía actual. En 1912 Einstein había predicho este

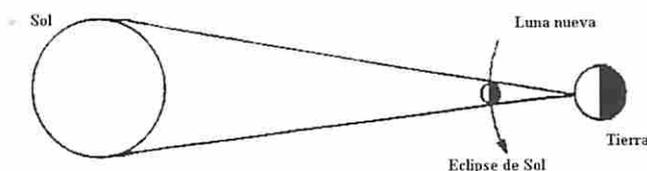
efecto en alguna de sus notas, pero no lo publicó por creerlo de poca importancia. No fue hasta que un amigo le habló de ello una y otra vez, que en 1936 lo publicó con la intención de “hacer feliz a ese pobre chico”.

LA GEOMETRÍA DE LOS ECLIPSES Y CÓMO LLEVARLA AL AULA

El término eclipse corresponde a distintos tipos de fenómenos. En particular se aplica a eclipses de Luna y de Sol. En general, no es sencillo entender cuál es la diferente distribución de los cuerpos en cada tipo de caso. Así, por ejemplo, no es trivial entender que los eclipses de Sol tienen lugar siempre durante la Luna nueva, mientras que los de Luna se dan en Luna llena. Creo que es éste un buen momento para dar un sencillo modelo, útil en el aula, pero que puede ser interesante para todos, y que permite explicar las diferentes situaciones, tan comunes para los astrónomos, pero tan difíciles de asumir para el profano, como: ¿Por qué no hay un eclipse en cada Luna nueva o en cada Luna llena? O, ¿por qué hay muchos más eclipses de Luna que de Sol?



Esquema de un eclipse de Luna (tiene lugar durante la Luna llena).



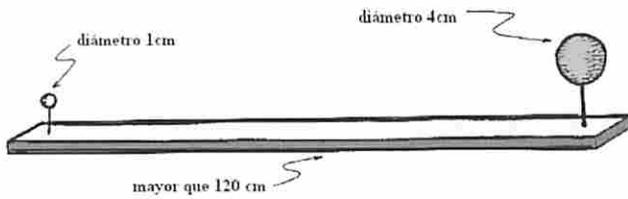
Esquema de un eclipse de Sol (tiene lugar durante una Luna nueva).

MODELO TIERRA-LUNA

Manejando el modelo que se introduce a continuación todas las respuestas a las preguntas anteriores tienen una simple explicación fruto de la experiencia. Se comprueba que es mucho más difícil producir un eclipse de Sol, en lugar de uno de Luna, y que salvo que los tres cuerpos estén muy bien alineados, lo cual no es tan sencillo como pueda parecer de entrada, no tiene por qué tener lugar ningún tipo de eclipse. Así pues se observan las diferentes fases lunares, mes tras mes, sin dar lugar a ningún tipo de eclipse.

Basta mencionar que la órbita de la Luna está inclinada 5 grados respecto al plano de la eclíptica, donde se mueve la Tierra girando en torno al Sol. Así pues los eclipses sólo tienen lugar cuando la Luna se encuentra próxima a la línea de los nodos (línea intersección entre

el plano de traslación de la Tierra en torno al Sol y de la Luna en torno a la Tierra). Veamos pues el modelo.



Modelo del sistema Tierra-Luna.

Para mostrar las fases de la Luna y explicar los diferentes tipos de eclipses basta construir un modelo como sigue: Hay que clavar 2 clavos (de unos 3 ó 4 cm de largo) en un listón de madera de unos 125 cm de largo. La distancia entre los dos clavos debe ser de 120 cm. En cada clavo fijamos una esfera de polyexpan de 4 y 1 cm de diámetro en cada caso, que simularán la Tierra y la Luna, respectivamente. Es muy importante usar las medidas mencionadas para que el modelo esté a escala, conservando las proporciones de distancias y diámetros (escala 1:320.000).

Tabla 2. Relaciones entre los diámetros y distancias en el modelo Tierra-Luna

Diámetro Tierra	12.800 km	4 cm
Diámetro Luna	3.500 km	1 cm
Distancia Tierra-Luna	384.000 km	120 cm
Diámetro Sol	1.400.000 km	440 cm
Distancia Tierra-Sol	150.000.000 km	4.700 cm

Simulando las fases de la Luna

En un lugar soleado y cuando la Luna es visible, se usa el modelo situando la esfera mayor (que representa la Tierra próxima a nosotros) y la esfera pequeña (que representa la Luna) en la dirección en que está situado la Luna en el cielo. Podemos observar las Lunas (la real y la simulada por el modelo) con el mismo tamaño y las

mismas fases. Si se modifica la orientación del palo, se reproducen las diferentes fases de la Luna en función de la luz que la pequeña esfera recibe del Sol. Hay que mover la Luna de derecha a izquierda para reproducir en orden las diferentes fases de la Luna.

Es mejor realizar esta actividad al aire libre, pero si está nublado se puede llevar a cabo dentro de una habitación usando un retroproyector o una linterna en lugar del Sol.

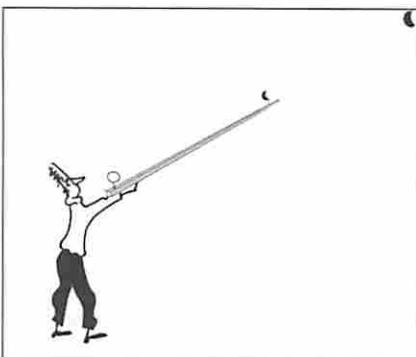
Simulando eclipses de Luna

Para simular los eclipses, usaremos el modelo dentro de una habitación con un retroproyector (actuando de Sol). Es mejor usar el retroproyector para evitar mirar directamente al Sol. Tomando el modelo, situamos la esfera de la Tierra dirigida hacia el Sol y movemos la Luna dentro del cono de sombra que produce la Tierra. Como el cono de sombra es mayor que la Luna, es fácilmente reproducible un eclipse (cuando la sombra del cono cubre la superficie de la Luna).

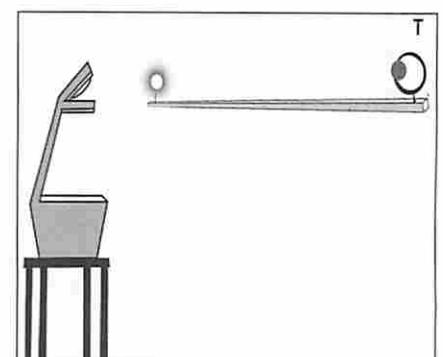
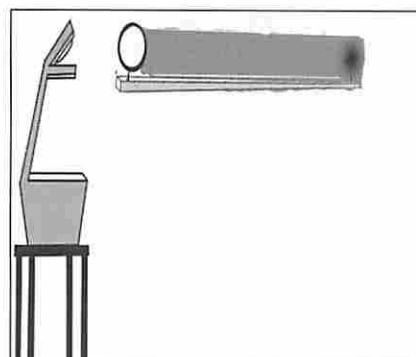
Además, es evidente que la Tierra está alineada entre el Sol y la Luna, así pues la fase lunar correspondiente es Luna Llena.

Simulando eclipses de Sol

Usando el retroproyector de nuevo para simular el Sol, se obtiene un eclipse solar situando la Luna del modelo en frente del retroproyector. Hay que mover el modelo hasta conseguir que la sombra de la Luna aparezca sobre la superficie de la esfera que representa la Tierra. Cualquier persona que intente esta actividad se dará cuenta de que no es tan sencillo conseguir este tipo de eclipse en relación con el anterior. Además, resulta evidente que los eclipses de Sol sólo se observan desde una zona local de la superficie terrestre, lo cual no sucede con los lunares. Queda pues demostrado, de forma experimental, que los eclipses de Sol tienen lugar en menos ocasiones, para cualquier observador terrestre. Mientras que los de Luna se producen en muchos más casos.



Observando las fases de la Luna con el modelo.



Simulación del eclipse de Luna (izquierda) y de Sol (derecha).

Como se observa claramente, la Tierra está alineada con el Sol y la Luna, manteniendo ambos cuerpos en el mismo lado. Así pues la fase correspondiente es de Luna Nueva.

Este modelo Tierra-Luna es muy útil para explicar las posiciones geométricas de los tres cuerpos: Sol, Tierra y Luna. Después de usar el modelo por unos pocos minutos todos consiguen extraer sus propias conclusiones. Cualquiera entiende que es más fácil que tenga lugar un eclipse de Luna que uno de Sol. También comprende que los eclipses de Luna son observables por mucha más gente que los de Sol, que sólo son observables localmente. Todo el mundo entiende que es normal que podamos observar prácticamente cada año un eclipse de Luna, pero que es necesario esperar muchos años para tener la oportunidad de observar un eclipse de Sol en nuestro país, o mejor dicho en la zona de nuestro país en que vivimos. Porque puede que sea visible en España, pero no en todo el país. Sin embargo, el modelo presentado previamente no da la idea de cómo una pequeña Luna puede tapar un Sol 400 veces mayor. Para poder explicar esto, y de alguna forma visualizar el factor 400, es bueno introducir un nuevo modelo.

MODELO SOL-LUNA

Para visualizar el sistema Sol-Tierra-Luna haciendo un especial énfasis en las distancias, adoptaremos un nuevo modelo, considerando que tenemos que observar el Sol y la Luna desde la Tierra. En este caso, invitamos a dibujar y pintar un Sol de 280 cm de diámetro (casi 3 m) sobre una sábana. Veremos que es posible cubrir este enorme Sol con una pequeña bolita de plastilina de 0,7 cm de diámetro (menos de 1 cm), que representa la Luna. Es una buena idea sustituir la esfera de la Luna por un agujero en una tabla de madera para poder asegurarnos que la posición del observador es correcta con respecto a la Luna y al Sol.

Es muy importante usar las medidas mencionadas, porque son las que corresponden a una escala de 1:500.000, y así poder mantener las proporciones de diámetros y distancias (Tabla 3).

En este modelo, el Sol debe estar situado a 300 m de la Luna y el observador debe estar a 77 cm de la Luna. Cualquiera se siente sorprendido cuando se da cuenta de lo grande que es el Sol y que puede ser tapado por esa

Tabla 3. Relaciones entre los diámetros y distancias en el modelo Sol-Luna

Diámetro Tierra	12.800 km	2,55 cm
Diámetro Luna	3.500 km	0,7 cm
Distancia Tierra-Luna	384.000 km	77 cm
Diámetro Sol	1.400.000 km	280 cm
Distancia Tierra-Sol	150.000.000 km	300 cm

pequeña bolita que corresponde a la Luna. Realmente el factor 400 veces mayor no es fácil de imaginar. Es necesario disponer del modelo para poder entender mejor las escalas del universo. Este método es mucho mejor que recitar listas de números de los que aparecen publicados en las tablas de muchos libros.

ACTIVIDADES A DESARROLLAR DURANTE LAS OBSERVACIONES DE LOS ECLIPSES

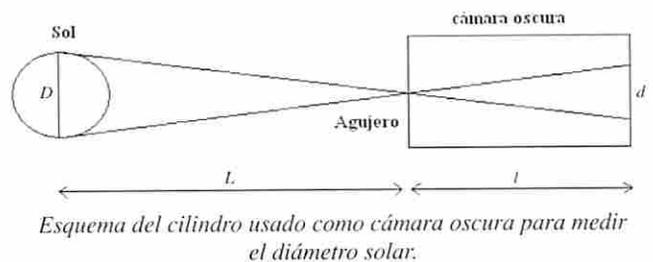
Los eclipses fueron, y continúan siendo, una oportunidad especial para poder conocer más información acerca del universo y, en particular, del sistema Sol-Tierra-Luna.

Es una ocasión especial, nunca desaprovechada por los profesionales, para conocer más acerca de la densidad y la estructura de la corona solar, la interrelación entre la corona y las protuberancias solares, los campos magnéticos, la polarización, el anillo de polvo en torno al Sol, mediciones del diámetro solar e, incluso, comprobaciones de la teoría de la relatividad general.

Para otro tipo de observador, permite estudiar las gráficas entre las variaciones de luminosidad, temperatura, humedad e incluso estudiar particularidades del relieve lunar. Algunas de estas observaciones pueden ser realizadas incluso sin disponer de material especializado. No tiene sentido extenderse en este campo porque esta misma revista publicó, a consecuencia del eclipse anular del octubre del 2005, un completo artículo escrito por el Grupo de Astronomía de la Facultad de Ciencias de la UNED. A continuación proponemos una sencilla experiencia, que algunos de los lectores de esta revista pueden llevar a cabo en el próximo eclipse solar, aunque habrá que esperar bastantes años si se desea realizar en nuestro país.

Calculando el diámetro solar con una “cámara oscura”

No es inusual realizar la observación de un eclipse solar por medio de una “cámara oscura”, tal como hicieron los primeros pioneros de este tipo de observaciones. En este caso, se puede calcular el diámetro del Sol con un cilindro de cartón, de los que sirven de eje central en los rollos de papel transparente o de aluminio que todos tenemos en la cocina.



Basta cubrir uno de los dos extremos del cilindro con papel milimetrado semitransparente y el otro extremo con papel de aluminio donde haremos un pequeño agujero con una aguja. Hay que dirigir el extremo del cilindro con el agujero hacia el Sol y observar la otra parte donde está el papel milimetrado. Se puede medir el diámetro d del Sol sobre el papel milimetrado. Para calcular el diámetro D real del Sol consideramos la figura anterior, donde l es bien conocido, ya que es la longitud del cilindro, y L es la distancia Tierra-Sol, que es de 150 millones de km. Teniendo en cuenta la proporción:

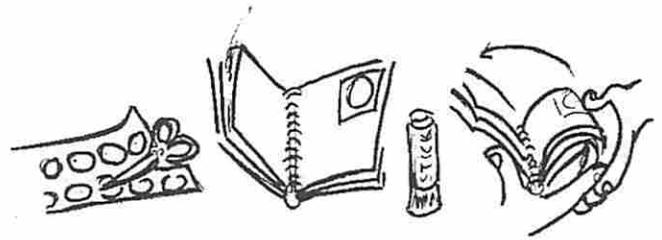
$$D = d \cdot L/l$$

se obtiene el diámetro solar D , sin más que considerar la proporción de los triángulos que aparecen en la mencionada figura.

Es evidente que se pueden conseguir mejores resultados si se utiliza como cilindro un trozo de tubería de más longitud y mayor diámetro que el cilindro mencionado. En cualquier caso, hay que poner mucho cuidado en no mirar directamente al Sol en ningún momento.

Elaborando un "Folidoscopio" para simular los eclipses

Finalmente, introducimos un "divertimento" que se puede realizar con las fotografías realizadas durante un eclipse, a intervalos constantes, a través de un telescopio o usando las de cualquier publicación. Basta con ordenar las fotografías correctamente, colocar una espiral en ellas (o pegarlas en una libreta espiral) y, después, pasar las páginas de la "libreta obtenida" de forma rápida: así se obtiene una simple simulación del eclipse en movimiento.



Usando el folioscopio para simular el movimiento de un eclipse.

BIBLIOGRAFÍA

1. Broman, L., Estalella, R. y Ros, R.M.^a: *Experimentos de Astronomía*, Ed. Alambra (1988).
2. Fucili, L., García, S. & Casali, G.: *A scale model to study solar eclipse*, Proceedings 3rd EAAE Summer School, 107 (1999).
3. Grupo de Astronomía de la Facultad de Ciencias de la UNED: *El eclipse anular del 3 de octubre de 2005*, 100cias@uned, n.º 8, 119 (2005).
4. Ros, R.M.^a: *Lunar eclipses: viewing and calculating activities*, Proceedings 9th EAAE Summer School, 135 (2005).
5. Ros, R.M.^a: *Earth-Moon-Sun System: Eclipses Models*, Proceedings 233 IAU Symposium (2006), en prensa.
6. Ros, R.M.^a & Viñuales, E.: *Evaluating the luminosity, temperature and percentage of the area covered of a solar eclipse*, Proceedings 3rd EAAE Summer School, 125 (1999).
7. Ros, R.M.^a & Viñuales, E.: *Aristarchos proportions*, Proceedings 3rd EAAE Summer School, 55. (1999).

Rosa M.^a Ros Ferré

Dpto. de Matemática Aplicada 4
Universidad Politécnica de Cataluña

Efemérides en Química

HACE 100 AÑOS

- El 18 de febrero de 1906 se celebra en Illescas (Toledo) la inauguración del alumbrado eléctrico.
- El 28 de junio nace la física nuclear germano-estadounidense **María Goepper-Mayer**, fallecida el 29 de febrero de 1972 a la edad de 66 años. Fue Premio Nobel de Física en 1963 (ver 100cias@uned, n.º 4 (2001), págs. 79-80).
- El 1 de julio muere en Londres, a la edad de 102 años, el tenor y científico español **Manuel García**. Su carrera política fue notable, pero pasará a los anales de

nuestro tiempo como investigador y, concretamente, como inventor del *laringoscopio*.

- El 4 de septiembre nació el biólogo germano-estadounidense **Max Delbrück**, Premio Nobel en 1981.
- El 3 de octubre se desarrolla en Berlín la primera conferencia de telegrafía sin hilos, que decide adoptar el SOS como señal de alarma.
- El 1 de noviembre, el médico español **Santiago Ramón y Cajal** obtiene el Premio Nobel de Medicina, compartido con el italiano **Camilo Golgi** (ver página siguiente).

- El 11 de diciembre el rey de Suecia entrega en Estocolmo los Premios Nobel. Junto al español **Ramón y Cajal**, por sus investigaciones en histología y sobre el sistema nervioso central, han obtenido el Nobel de Química el francés **Henri Moissan** y el de Física, el inglés **Joseph Thompson**.

HACE 50 AÑOS

- El 12 de febrero de 1956, los ministros de Asuntos Exteriores de los seis estados integrantes de la Unión Minera acuerdan la creación de un *organismo nuclear europeo*.