

Fantasma de la ciencia y de los eclipses

ROCÍO CHICHARRO, RAMÓN PERALTA-FABI, ARMANDO PERALTA-H Y JORGE PRADO

En la mañana del primer día de primavera, soleada y tranquila, en la que el cálido Sol y una taza de café invitaban a trabajar, recibimos una comunicación de un amigo de Estados Unidos (fuimos unilateralmente "faxeados"). En ésta, pedía una serie de datos acerca del eclipse total de Sol que tendría lugar el 11 de julio; entre otros preguntaba por lugares de máxima duración de la totalidad, probabilidad de cielos despejados y el acceso a los lugares propicios para la observación. En una críptica frase indicaba que tomaría película con una cámara especial.

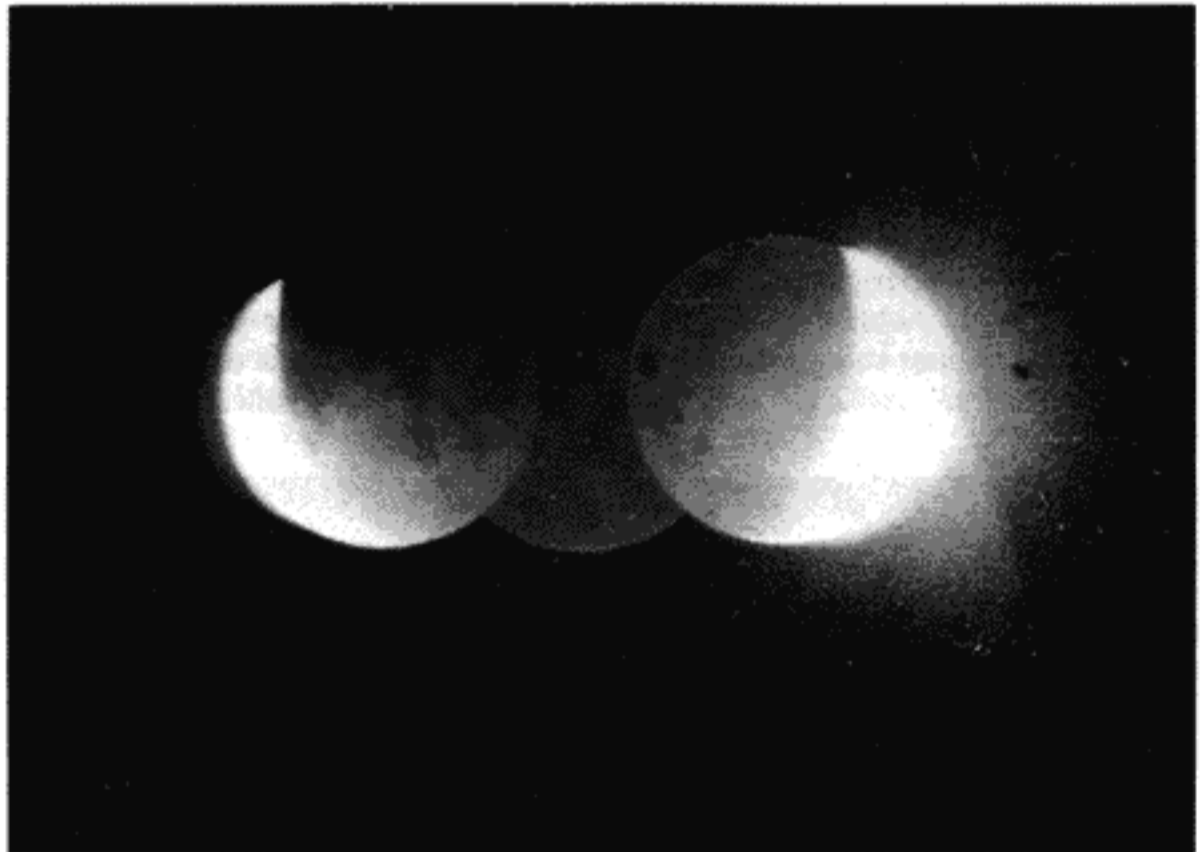
Ese día, lleno de actividades, la predicha ausencia del Sol trajo un cambio en nuestra vida profesional cotidiana. Buscando la información pedida, misma que enviamos en un FAX (insinuando desarrollo, modernidad y... dependencia tecnológica), apareció una inquietud.

¿Qué era lo impactante de un eclipse que lograba inquietar a tanta gente? ¿Era ese extraño encanto que tienen el Sol y la Luna que, aún estando tan lejos, son tan nuestros?, ¿era acaso el sentir a la Naturaleza, como solamente durante un eclipse se percibe?, ¿era el negocio de algún grupo?, ¿había algo que aprender de un evento tan precisamente anticipado? ¿Por qué el interés?

Rocío Chicharro: Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM.

Ramón Peralta-Fabi: Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM. Año sabático en el Departamento de Física, UAM-Iztapalapa.

Armando Peralta-H y Jorge Prado: Ingeniería Aeroespacial, Instituto de Ingeniería, UNAM.



Tomado de: Eclipse total de Sol.

Pues... de todo un poco, y más. Así, nació en nosotros el interés (¿la necesidad?) de observar el eclipse.

Empezamos a documentarnos. El placer de leer, que siempre provoca la curiosidad y el deseo de aprender un poco más, fue suficiente para hacer volar la mente e imaginar una serie de experimentos asociados a un eclipse.

Se antojaba observar todo lo que de una u otra forma asimilábamos. Aprendimos que durante la totalidad del eclipse, pueden determinarse múltiples características de la Corona Solar y del espacio interplanetario; comprobamos que medir la desviación Einstein (la flexión de la trayectoria de la luz por la presencia de masas), como lo intentara Edington en 1917, no era un capítulo

cerrado. Además, se nos presentaba la ocasión de observar los cambios repentinos en el comportamiento de los animales, causados por el inesperado ocaso y la fugaz aurora (muy a nuestro pesar los mosquitos, no fueron la excepción). También, aprendimos que entre el primero y el segundo contactos, cuando los discos se tocan en uno y dos puntos respectivamente, se pueden ver claramente las manchas solares, que al terminar la fase de totalidad, la luz del Sol pasa de manera que los cráteres de la Luna presentan las perlas de Baily y el anillo de diamantes, que al acercarse la totalidad, el temor hace presa de los animales (*Homo sapiens* incluido), que da frío, que el panorama visual es increíble, que es inolvidable...

En fin, queríamos ser testigos de uno de los fenómenos más bellos y espectaculares de la naturaleza. Pero dentro de todo lo que esperábamos que se presentara durante este evento, había algo que llamaba más nuestra atención: la existencia de fenómenos, asociados a procesos dinámicos en la atmósfera, que no parecían estar muy bien entendidos ni adecuadamente registrados: las "sombras viajeras". Ahí se podía hacer un trabajo novedoso y abordarlo con nuestro equipo.

Las ideas fueron ordenándose y el objetivo definiéndose. Empezamos a diseñar el experimento y exploramos la posibilidad de hacerlo en el mismo sitio que ocuparían nuestros colegas "de fuera" (que casi habían olvidado el asunto! Lo que nuestra comunicación produjo fue una entusiasta reacción. Nuestra propuesta, que resultó ser sobre el mismo fenómeno que les interesaba, complementaba sus planes originales. En una semana habían reconsiderado su experimento y una semana más tarde habían conseguido fondos para asegurar su participación y apoyar la nuestra.

Aquí, nuestras reuniones se volvieron más frecuentes, enriqueciéndonos día a día con nuevas inquietudes, sugerencias y los comentarios de cada uno. En forma natural, se conformó un motivado y agradable grupo de trabajo. En conjunto se contaba con la preparación necesaria en las áreas requeridas: óptica, fluidos, electrónica, fotografía y video. En cuanto al equipo, se reunió todo el material con el que se contaba y el resto se adaptó, adquirió o diseñó y construyó.

Al mismo tiempo, el grupo de Estados Unidos se preparaba para la expedición. La comunicación continua entre los dos grupos y los avances que se iban logrando, fueron un constante motivo de entusiasmo. La expectación creció tan rápido que el tiempo no era suficiente para los preparativos; cada día queríamos introducir elementos nuevos en el experimento. La cuenta regresiva de los días agregaba una emoción adicional al esperado evento y una neurosis extra a la creciente actividad.

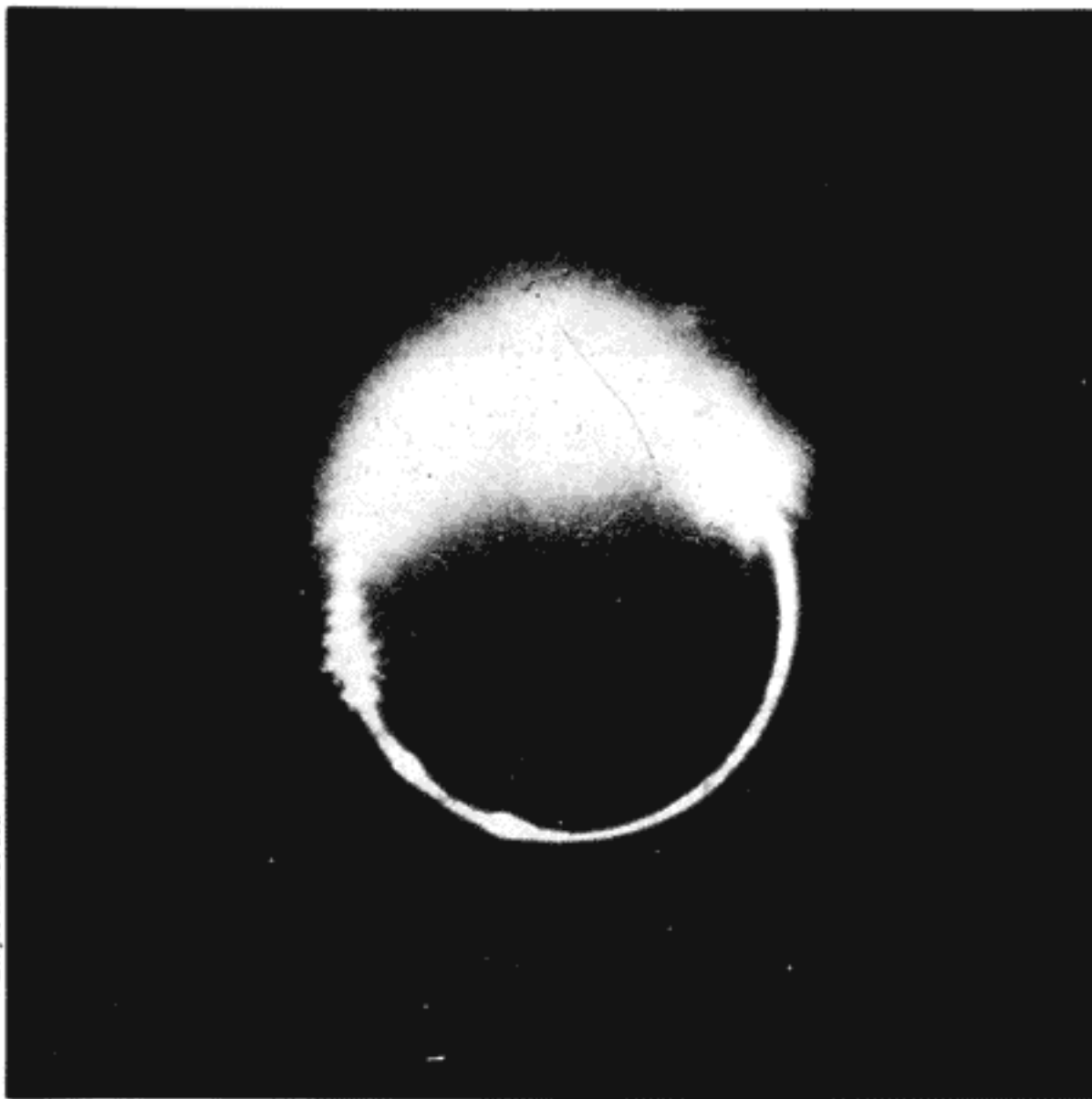
¿Cuál era el lugar propicio? La selección se basó en las condiciones meteorológicas y geográficas; baja proba-

bilidad de cielo cubierto, masas de agua vecinas, tierras bajas, aislamiento y la infraestructura mínima de hospedaje, higiene, electricidad y seguridad. El lugar ideal era La Paz, Baja California. Sin embargo, la premura del tiempo, que limitó las opciones de transporte, y las restricciones presupuestales, nos llevaron a Nayarit. Como resultado de las gestiones ante las autoridades de la "Comisión Nayarita Eclipse 91", se nos asignó el Jardín de Niños Pestalozzi, en la ciudad costera de San Blas, a 60 km de Tepic, la capital del estado. Este sitio contaba con todo lo que se requería para funcionar de manera adecuada.

Faltando cinco días partimos con todo tipo de emociones (alegría, nervios, expectación...) y equipo. Gozamos el camino y sufrimos el hacinamiento que los gitanos conocen bien; el buen humor no dejó de sentirse. Nos encontramos con el grupo de Estados Unidos en Guadalajara, en donde se intercambiaron ideas y planes. El grupo, ahora duplicado (ocho participantes), se integró fácilmente y prevaleció la buena disposición en el trato; todo anticipaba el éxito. Habíamos hecho cuanto estaba a nuestro alcance, lo demás dependía de Tláloc.

Dado lo amplio del grupo y la gran cantidad de equipo que llevamos, salimos de Guadalajara en tres grupos. En formas distintas llegaríamos a San Blas a las 14:00 hrs, aproximadamente. Ahí empezó lo que en ese momento nos pareció hasta divertido y que en otras circunstancias hubiera sido caótico. La llegada de dos grupos fue sin contratiempos. La presentación con las autoridades es lo que podríamos llamar pintoresco: se nos ratificó la asignación del Jardín de Niños, pero el Presidente Municipal, que había ido a Tepic a una "importante reunión del partido", traía las llaves; se le había olvidado dejarlas (!), aunque volvería "al ratito". Con el optimismo que teníamos entonces, aguardamos la llegada del tercer grupo y del Presidente para poder instalarnos.

Las horas pasaron y el cielo se cubrió de nubes y de moscos; hacía mucho que no tenían una plaga de mosquitos como esa, decían, mientras los espantaban o se rascaban. La lluvia, como los piquetes, no se dejaron esperar. Las calles se enlodaron y los brazos y



Tomado de: Eclipse total de Sol.

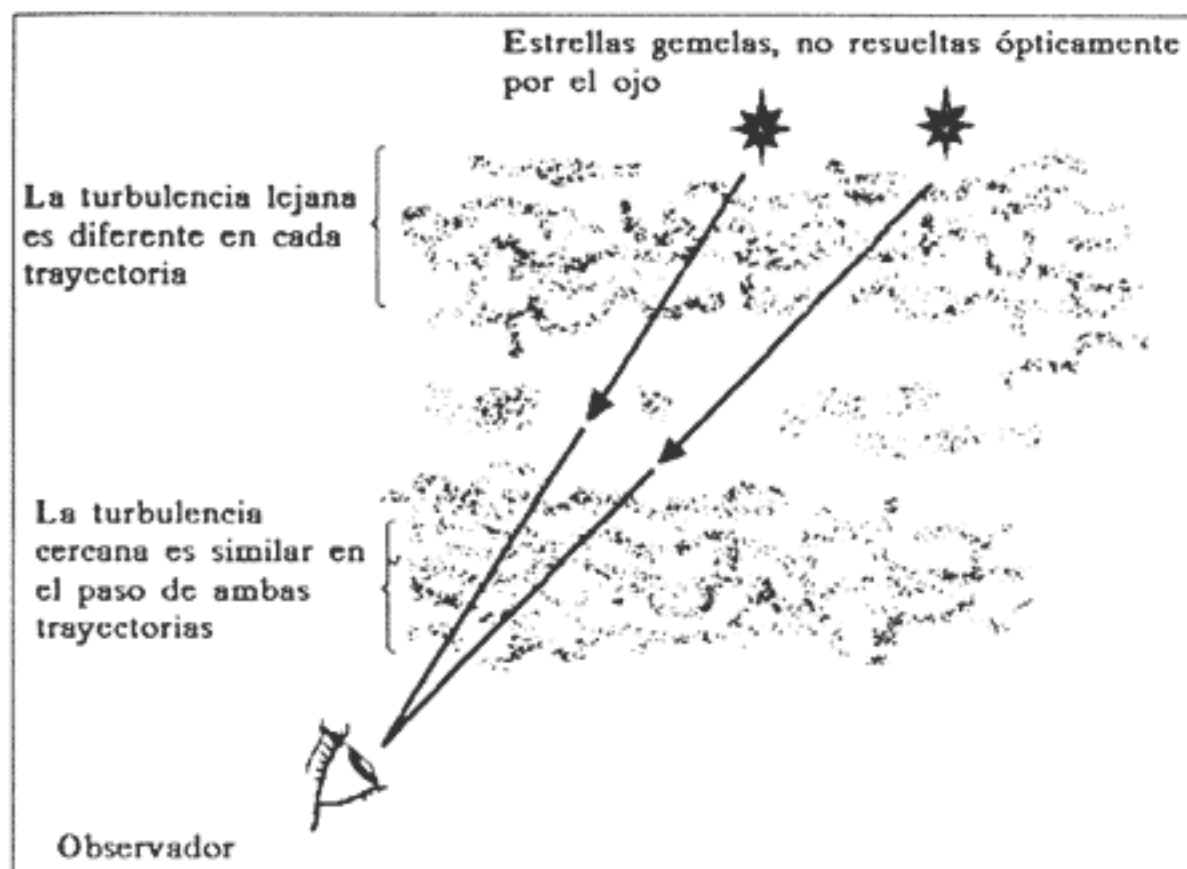


Figura 1.

piernas se irritaron, el buen humor no cedía. Pasado un ratito, como de seis horas, apareció la incertidumbre: en el Palacio Municipal por el "Número uno" (como lo apelaban por la onda corta) y en el quiosco de la Plaza por nuestro tercer grupo. Comenzó la movilización, las llamadas a las líneas de autobuses, a la policía municipal, estatal, de caminos y, por fin, pasadas las diez de la noche aparecieron contentos y cansados. El autobús en el que debían salir a las 9:30 hr "tuvo un problema" y tuvieron que esperar en Guadalajara, paseando y comiendo placenteramente.

Ahora sí, el grupo estaba completo, era el momento de instalarse, pero el No.1 nunca llegó; afortunadamente, nos hospedaron en un hotel por esa noche y al día siguiente nos instalamos. Se nos había dicho en Tepic que nuestra ubicación se había mantenido en secreto para evitar las molestias de la prensa y los curiosos. Al llegar al lugar nos topamos con la falta de agua y con algunos detalles menores; eso sí, había unos carteles gigantescos, que daban hacia la calle, en los que se leía: "Expedición Internacional del Eclipse" y los nombres correctos de las instituciones extranjeras (Departamentos de Física de la Universidad de California, Berkeley, de la Universidad de California, Santa Cruz y de la Universidad de

Houston) y los incorrectos de las instituciones nacionales (UNAM era la única parte correctamente citada !!!). Tras de la divertida bienvenida, cada integrante del grupo empezó a desarrollar su trabajo, con orden, disciplina y respeto. Sólo habíamos perdido un día (!)..., lo que para los fuereños era algo inherente al trabajo en el trópico.

Objetivo

Las sombras viajeras..., patrones de luz y sombra en movimiento.

Las primeras observaciones reportadas sobre las sombras viajeras, se remontan al eclipse total de Sol el 22 de Diciembre de 1870 en Sicilia, Italia. Varios observadores vieron sombras moviéndose rápidamente en la fachada de una casa. A partir de ese eclipse casi siempre ha habido observadores que reportan la presencia de tales bandas. Sin embargo estos reportes son escasos, incompletos o poco sistemáticos (Young, 70a, 70b; Hultz, 1971; Marshall, 1984a, 1984b; Zirker, 1984; Codona, 1991).

¿Por qué se producen las sombras viajeras? La única teoría cuantitativa que se conoce, fue formulada por Jóhanan I. Codona (Codona, 1986). En ella se ofrece una explicación basada en la propagación de la luz a través de la atmósfera (turbulenta) de la Tierra. El

ingrediente principal es la teoría de la cintilación.

¿Por qué titilan las estrellas y los planetas no? La respuesta a esta pregunta apunta a la explicación de las sombras viajeras. Trataremos de dar una idea cualitativa del fenómeno, y de su papel antes y después de la totalidad en un eclipse solar (Codona, 1991).

La diferencia entre el que titilen o no, estrellas u objetos extendidos, como el Sol, la Luna y los planetas, se debe al efecto de la turbulencia atmosférica, conocido como fuente promedio.

La turbulencia es el nombre genérico para un estado de movimiento, de gases o líquidos, en el que se presentan vórtices (remolinos) de distintos tamaños, distribuidos en el espacio y el tiempo en forma irregular. Este complicado movimiento, en la atmósfera, produce fluctuaciones en la temperatura y en la densidad del aire y, como consecuencia, en el índice de refracción. De esta manera, una ráfaga de viento da lugar a una pequeña desviación de la luz que pasa a través de ella. Cada zona turbulenta puede imaginarse como una lente voladora. Sí, cierto, ¡suena muy raro!

Por otra parte, la luz de las estrellas, que por encontrarse tan lejos son prácticamente fuentes puntuales, llega a la Tierra en paquetes compactos de rayos. Estos rayos sufrirán los efectos de la turbulencia, variando su luminosidad, titilando. La luz del Sol, la Luna y los planetas, que por su cercanía son fuentes extendidas, llega en un cono más ancho. Por esta razón pueden imaginarse a cada uno como un conjunto de fuentes puntuales. Veamos qué sucede en este caso.

Tomemos, por ejemplo, un par de estrellas, relativamente cercanas entre sí, lo suficiente como para no diferenciarlas a simple vista (fig. 1). Si la única turbulencia está cerca del observador, la luz de las estrellas pasará por los mismos "paquetes" de turbulencia, titilando en forma sincrónica. Si la turbulencia se extiende muy lejos (más "cerca" de las fuentes), las zonas turbulentas que atraviesa cada haz de luz serán distintas, rompiéndose la sincronía del titilar de cada una. A simple vista, por falta de resolución para distinguir las, percibimos el efecto combinado (superpuesto) de ellas. En este imaginado caso de estrellas vecinas, con turbulencia lejana al observador, la titilación indepen-

diente de cada una se cancela, en promedio (digamos que mientras una se apaga la otra se prende...). Este es el efecto de fuente promedio.

Regresemos al caso de una fuente extendida, como nuestro planeta preferido, al que podemos suponer formado de fuentes puntuales contiguas. Cada par de puntos vecinos titilará en forma sincrónica; cualquier otro par de puntos, menos cercanos, promediará a cero su titilación. El resultado es que el objeto parece no parpadear.

Estrictamente, todos los objetos celestes titilan, ya que la atmósfera siempre está en estado turbulento. A menos que la turbulencia atmosférica sea muy intensa, el efecto es casi imperceptible en objetos extendidos. En días muy calientes puede apreciarse el titilar del Sol (no se recomienda hacerlo directamente pues se corre el riesgo de no apreciar el fenómeno... y ningún otro posterior). Así, en el piso pueden verse sombras irregulares que ondulan como la sombra del humo; se les suele llamar "ondas de calor". La turbulencia en estos casos está muy cerca de la superficie, en las primeras decenas de metros.

Pasemos ahora a los eclipses totales de Sol. Durante los minutos previos a la fase de totalidad, el Sol se aprecia como una rebanada semicircular, delgada y larga, el creciente solar (que en realidad va menguando...). En esta etapa es la turbulencia baja (decenas de metros) la que juega un papel en la formación de sombras. Los puntos luminosos, a lo ancho, están suficientemente juntos como para titilar sincronizadamente, iniciándose la formación de sombras, tenues e irregulares. Los extremos del creciente solar están todavía muy separados y sobre ellos se produce el efecto de fuente promedio. En los últimos 30 segundos antes de la totalidad, la turbulencia importante es la alta (cientos y miles de metros). Aunque la distribución espacial de la turbulencia es prácticamente constante, el creciente solar disminuye mucho más rápido a lo largo que a lo ancho (fig. 2), lo que hace que se acerquen los extremos y empezando a titilar en forma sincrónica. Así, las zonas turbulentas altas empiezan a jugar un papel más importante y las sombras van organizándose cada vez más hasta que desaparecen. El proceso se repite a la inversa al con-

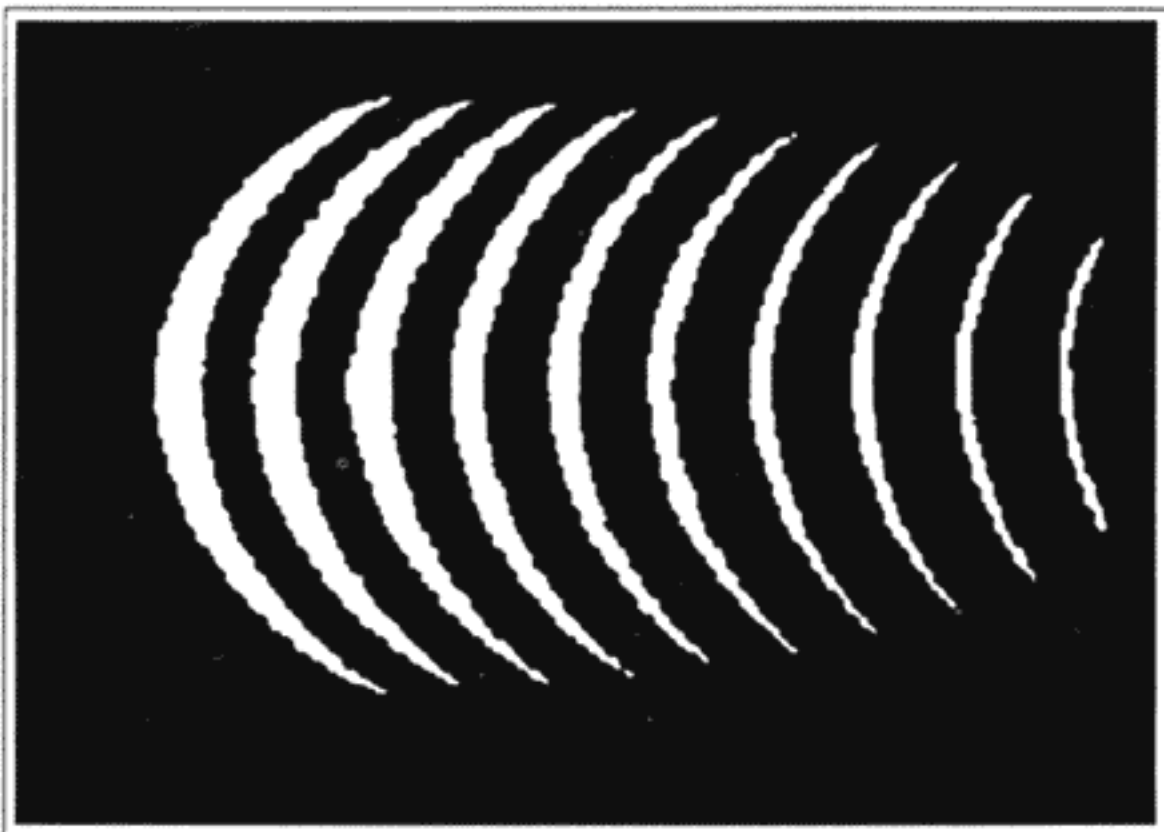


Figura 2.

cluir la fase de totalidad; aparecen las sombras, tenues y bien organizadas, llegan a un máximo y empiezan a decaer y a desorganizarse, hasta desaparecer, como la disciplina en las escuelas primarias a lo largo del día...

Ciertamente hay muchos aspectos de las sombras viajeras que se entienden mejor ahora, a los que no hemos hecho referencia. Por ejemplo, cómo se mueven, hacia dónde, que si se notan mejor en el azul que en el rojo, que si son más anchas primero y se van haciendo delgadas, etc. También, vale la pena enfatizarlo, el desconocimiento del estado de turbulencia de la atmósfera, es una de las razones principales por las cuales no es posible predecir detalladamente las sombras. Sigue habiendo preguntas abiertas y, después de todo, la teoría tiene sus partes "delgadas". Lo que sí teníamos claro, sobre todo después de comunicarnos con Codona unas semanas antes del eclipse, era que requeríamos de datos confiables y sistemáticos del fenómeno.

Con el objetivo bien definido, nos concentramos en diseñar un experimento que nos permitiera hacer un registro cuantitativo de las sombras viajeras y poner a prueba, por primera vez, diversas predicciones de la teoría. Se podía pensar en muchos experimentos para poder explorar hasta los aspectos más sutiles. El tiempo restante y nuestras posibilidades determinaron cuáles hacer.

Diseño del experimento

Con las restricciones externas, las limitaciones de equipo y sobre todo de tiempo, se decidió hacer un registro de imágenes de las sombras viajeras, en video y en fotografía. Para tal efecto se diseñó un experimento que involucrara a todos los participantes y equipo disponibles: principalmente, nueve cámaras de video y diez cámaras fotográficas, con diferentes características.

Con la poca y confusa información que se tenía, había que cubrir el mayor número de posibilidades para el registro gráfico. Es decir, distintas pantallas, orientaciones, lentes, filtros, películas y velocidades de obturación. Además, se debía contar con información precisa de nuestra ubicación, orientación, condiciones meteorológicas, hora universal, etc. Con la lista detallada de necesidades a cubrir, se distribuyeron las responsabilidades y los tiempos requeridos para alcanzar cada etapa.

Una parte consistiría en montar una serie de pantallas, de 2.4 metros por lado y con marcas de escala y orientación, de colores rojo, amarillo, verde, azul y blanco; unas en posición horizontal y otras en posición vertical. Esto debido a que no sabíamos exactamente cuál posición nos daría más contraste en el momento de observar las sombras viajeras. El hacer uso de varias pantallas de colores sería con el objeto de

determinar en qué longitud de onda se tendría el mayor contraste; obteniéndose al mismo tiempo un registro del "color" de las sombras. Esto quiere decir que si las sombras se pudieran ver con mayor contraste en alguna de las pantallas, entonces existiría una longitud de onda predominante, asociada a las sombras viajeras. La pantalla blanca (de cine) sería la que tendría mayores probabilidades de registrar las sombras, puesto que el blanco refleja todas las longitudes de onda visibles (todos los colores); las otras pantallas harían lo suyo con un solo color: el propio. Prever cada cosa, como la forma de marcar orientaciones, de colocar las pantallas o determinar escalas, fue parte del puntillismo a cuidar; herramientas, brújulas, clavos, pitos y flautas se convirtieron en parte del equipo.

Nuestra preocupación principal se centró en los reportes de las sombras, que se tenían de eclipses anteriores. En ellos, se hacía mención de un contraste muy bajo; la diferencia entre la luz y la sombra era muy tenue. Por esta razón se utilizarían, en algunas cámaras fotográficas, distintas películas de alta sensibilidad. Cada cámara estaría montada en un trípode para evitar movimientos. En las cámaras de video se usaría la velocidad de obturación más baja posible (1/60 de segundo).

Se planteó la necesidad de contar con una pista de audio para las cámaras de video, con el fin de registrar continuamente, durante todo el experimento, la señal horaria internacional, que proporciona el National Bureau of Standards de EUA en la frecuencia de onda corta localizada a 2.5, 5, 10, 15 y 20 MHz. Esto permitiría tener la información exacta de cuándo se iniciarían y terminarían las sombras, antes y después de la totalidad. Así, un radio de onda corta y una antena, pasaron a formar parte de la parafernalia.

Para poder disponer de la información sobre las condiciones meteorológicas locales se consiguió una estación automática de monitoreo que funcionara de manera ininterrumpida, así como la computadora correspondiente. Esta última tenía la posibilidad de mostrar en pantalla la temperatura, la velocidad del viento, la humedad y la precipitación pluvial, y también podía generar archivos diarios. Así la evolución de cualquiera de los parámetros, en cual-

quier intervalo de tiempo, podría ser graficada en el momento que se deseara. Afortunadamente este equipo no ocupaba ni la tercera parte del transporte (!).

Adicionalmente, se consideró que sería muy útil contar con un radiómetro para registrar la intensidad de la luz solar a lo largo de la mañana del experimento. El instrumento, un osciloscopio, algunas refacciones y los cables se agregaron al equipaje.

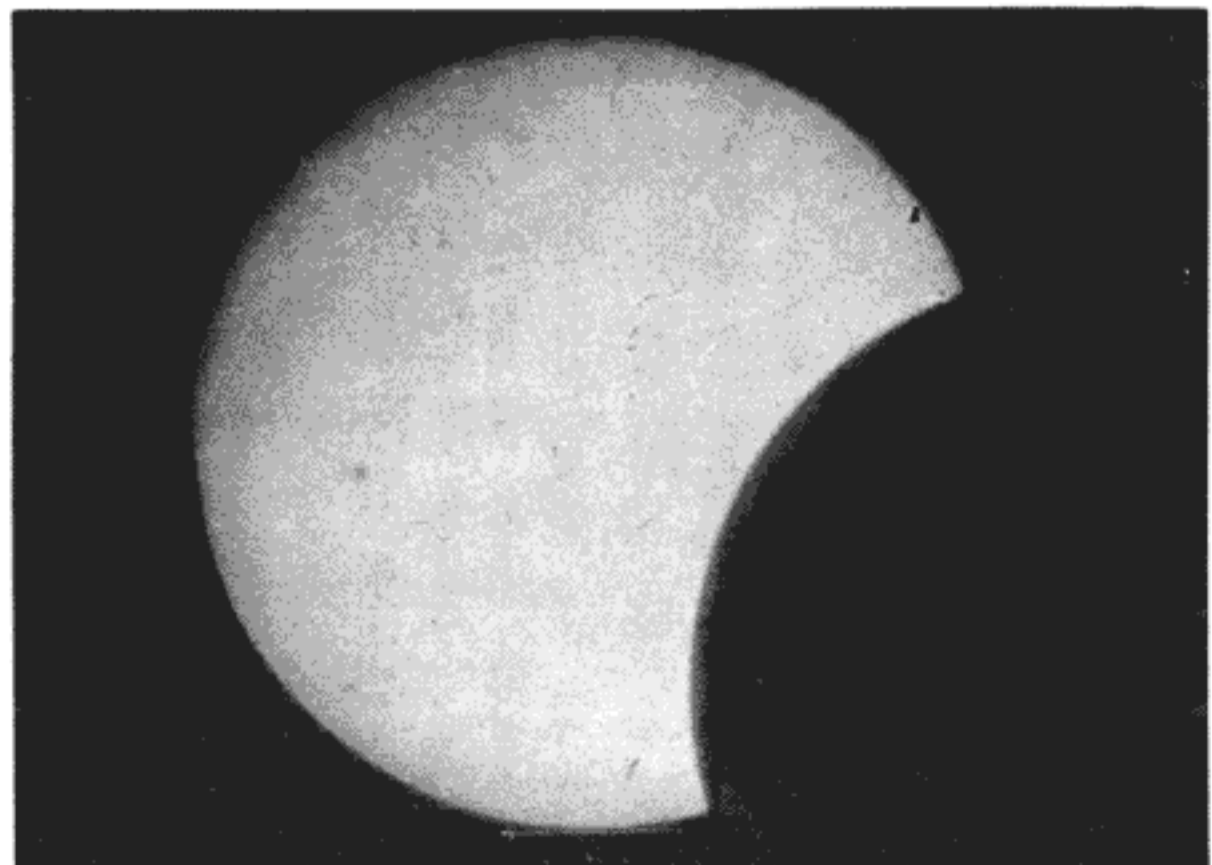
Todo lo que planeamos quedó resumido en dos listas; a una deberíamos apegarnos para la preparación e instalación del equipo, la otra sería la guía durante el eclipse. Una de ellas contenía la relación de las cámaras y el lente, trípode, película y batería que le correspondía. La otra era la secuencia de eventos durante el eclipse, a modo de una partitura con la cual proceder ordenada y coordinadamente. Arreglamos las actividades de manera que cualquiera cumpliera con su función y, además, tuviera unos 30 segundos libres para disfrutar del fenómeno y tomar fotos. Quedaron libres tres cámaras que podrían usarse sin trípode y a discreción, para contar con imágenes del ambiente, y para cualquier otro imprevisto (como para ilustrar a la tía que no pudo verlo..)

Desarrollo del experimento

El día de la llegada esperábamos poder organizar la parte "pedestre" de hospede-

daje y alimentación, desempacar el equipo y montar la estación meteorológica. El pintoresco viaje, que debió tomar cuatro horas, consumió todo un día, por lo que el martes 9 se nos fue en instalarnos, desempacar y arreglar el horario de los alimentos en un restaurante local, lo que resultó ser la mejor parte de la estancia. A cada integrante del equipo se le dotó, desde luego, de repelente en aerosol; a cambio de la nube de moscos, todos pululábamos con una nube de gas tóxico para los insectos y, muy probablemente, para los mamíferos. A pesar del ajetreo, esa noche pudieron realizarse algunas pruebas, pues se había planeado llevar a cabo un "ensayo general" al día siguiente, el anterior al eclipse, pero el miércoles llovió durante la primera parte del día, por lo que no fue posible instalar el equipo ni hacer simulacro alguno; como es de imaginarse, esto nos animó sobremanera.

El propósito del ensayo era el de entrenarnos *in situ* y detectar cualquier inconsistencia o problema técnico. Forzados por las circunstancias, estuvimos probando las cámaras por separado, localizando las estaciones que transmiten la señal horaria y confeccionando adaptadores para filtros. Este día se descompuso una de nuestras cámaras de video y, como la falla era intermitente e impredecible, la dejamos fuera del experimento. Por cierto, otra cámara del mismo tipo falló durante un vuelo



Tomado de: Eclipse total de Sol.

de prueba que realizamos dos de nosotros, como parte de un experimento posterior, y reafirmamos el valor que tiene el probar intensivamente el equipo, antes de asignarle una función importante.

La información sobre el estado del tiempo, disponible 36 horas antes del eclipse, indicaba condiciones difíciles para la observación y ya a estas alturas del proceso no había forma de cambiar de lugar para poder hacer los experimentos adecuadamente, así que no nos quedó más remedio que encomendarnos a la esperanza (que es lo último que muere).

El día del eclipse seguimos la lista de preparativos con meticulosidad, incorporando las modificaciones necesarias. Comenzamos la instalación de las cámaras en el techo (inclinado) del jardín de niños, y colocamos las cinco pantallas. Comprobamos que las cámaras funcionaban y dispusimos la exposición y el enfoque adecuados, según lo planeado. La noche anterior habíamos puesto en cada cámara una cinta de video y una batería recién cargada. A las cámaras fotográficas les cargamos el rollo y les revisamos nuevamente las baterías. En fin, todo fue ejecutado según los planes; aun cuando no se presentaron problemas serios, sabemos que el realizar el simulacro el día anterior nos hubiera evitado algunas preocupaciones innecesarias, dando más se-

guridad a la posibilidad de obtener buenos resultados.

Media hora antes de la totalidad, tuvimos la primera consecuencia del exceso de confianza (¿ignorancia?): una cámara fotográfica, equipada con motor, comenzó a disparar continuamente sin que nadie la tocara. La revisamos y, tras varias hipótesis y pruebas, descubrimos que el papel aluminio con el que la protegimos del calor solar (estuvo al rayo del Sol toda la mañana), tocaba la cámara en varios puntos y cerraba el circuito entre el disparador y la tierra eléctrica. Se dispararon 25 fotos. A pesar de que el lente tenía la tapa puesta, la prudencia nos indicó utilizar un rollo nuevo y guardar el del accidente para una ocasión menos crítica.

Otro aspecto que se vio afectado por la falta de ensayo "con vestuario", fue el no preparar una montura adecuada para la cámara que apuntaba hacia el sol. Se tenía a un lente de 2400mm, equivalente a un pequeño telescopio, montado a una cámara de video con el mejor tripicé. La cámara, a su vez, se hallaba conectada a una videograbadora y a un monitor de televisión, que se encontraban sobre una mesa junto con la herramienta de emergencia, una lámpara y varios juegos de filtros. La ubicación del sistema (el centro del techo de dos aguas) y las restricciones propias de giro y orientación del tripicé, dieron lugar a que en el proceso de seguir al Sol se generara una película que podría titularse "eclipse en crisis". Algunas de las

imágenes que obtuvimos son buenas, desde el punto de vista del experimento, ya que nuestra atención estaba en las pantallas y el eclipse mismo era filmado como referencia; sin embargo, difícilmente aceptaríamos mostrar la película en público.

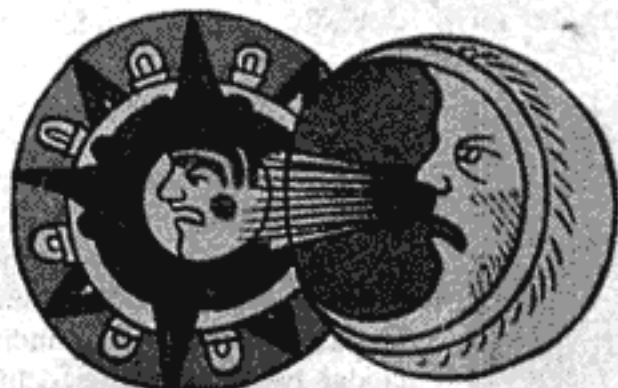
En la pista de audio de cada cámara de video, se iban registrando la señal horaria universal, para lo cual se guardó un riguroso silencio de parte de todos; se utilizaron campanas (aprovechando la "infraestructura" del jardín de niños), que se hicieron sonar a los 15, 10, 5 y 1 minutos antes de la totalidad. También quedaron grabados los detalles circunstanciales de cada cámara.

Por fin llegó el momento esperado: el 11 de julio, día que ninguno de nosotros olvidará. Amaneció con un cielo cubierto en un 20%, lo que parecía ofrecer una excelente posibilidad para el experimento; era el mejor desde nuestra llegada. La realidad es que la mayoría de nosotros no durmió, en parte porque la noche anterior estuvimos repasando paso por paso todos los movimientos, cubriendo hasta el último detalle, y, por otra, porque la emoción y los nervios nos consumían. El desayuno (extremadamente temprano) fue reconfortante; el cielo empezó a despejarse rápidamente y ese silencio que mostraba la incertidumbre desapareció gradualmente. Desde muy temprano se procedió a montar el equipo en un ambiente tenso, motivado por algunos bancos de nubes que se veían cerca del horizonte. El impacto que causaba en esos momentos el radio, con la señal horaria internacional, segundo a segundo, aumentaba la aprehensión que nos provocaban los movimientos de las nubes.

Desde que se inició el primer contacto, se empezó a registrar la imagen con la cámara de video de 2400mm. A partir de las 10 am un fuerte viento arrastró un grueso banco de nubes bajas y medias de Tepic hacia la costa. Una hora antes de la totalidad, empezamos a ver que las posibilidades de que se mantuviera el cielo descubierto iban a ser apretadas. Parecía cosa de un volado. Va a estar cerca, nos empezamos a repetir unos a otros. ¡Diez minutos antes de la totalidad! (12:03:04 hora local) el Sol se cubrió con una nube media y delgada. Ahí se iniciaba el trabajo de cada uno... Cinco minutos después, la



Tomado de: Eclipse total de Sol.



...El corazón de fray Bartolomé Arrazola chorreaba su sangre vehemente sobre la piedra de los sacrificios (brillante bajo la opaca luz de un sol eclipsado), mientras uno de los indígenas recitaba sin ninguna inflexión de voz, sin prisa, una por una, las infinitas fechas en que se producirían eclipses solares y lunares que los astrónomos de la comunidad maya habían previsto y anotado en sus códices sin la valiosa ayuda de Aristóteles."

Fragmento de "El Eclipse", de Augusto Monterroso.

Eclipses de Sol y Luna, en la Constelación el Mamaztlí. Códice Florentino, Fray Bernardino de Sahagún.

Tomado de: Eclipse total de Sol.

única nube que había en la vecindad del cenit, cubrió al Sol, o lo que de él había dejado la Luna. Resultado...se cancelaron todas las posibilidades de ver el eclipse y peor aún, de registrar las sombras. Pese a todo, los ánimos (bastante decaídos) fueron suficientes como para continuar con el experimento tan meticulosamente planeado.

El experimento no produjo resultados por causas que nada tuvieron que ver con los preparativos. Sin embargo, no deben perderse de vista las fallas que tuvimos, porque son lecciones que tenemos que asimilar, porque, sumadas a otras, constituyen nuestra expe-

riencia, base indispensable para el trabajo futuro.

Las diferencias de actitud, los altibajos en las relaciones y los defectos personales, que tantas actividades echan a perder, quedaron de lado durante la realización del trabajo en sí, y su lugar fue cedido al espíritu de equipo, a la autocrítica y a la objetividad. La individualidad apareció sólo cuando sirvió al interés común, en forma de creatividad, de apoyo. Este fue uno de los aspectos más útiles y bellos del trabajo entre personal de diferentes laboratorios, con diferente formación, nivel y hasta nacionalidad.

No pudo evitarse el desencanto y pasaron muchas horas para digerir el resultado, o mejor dicho, la ausencia de éste. Hablábamos entre nosotros para convencernos de que no podíamos haber hecho más de lo que hicimos; de que todo lo realizamos por el placer mismo de hacer ciencia; que debíamos analizar los videos y las películas fotográficas para confirmar que no se habían registrado las sombras; que habría otros eclipses... Cada uno debía buscar la manera de aprovechar esa experiencia y, aceptados los hechos, así lo hizo.

Reflexiones

Cuando decidimos intentar el registro de las sombras viajeras, había varios elementos que hacían atractivo el esfuerzo. Estaba, desde luego, la oportunidad de ser testigos de uno de los fenómenos más espectaculares que ofrece la Naturaleza. Había la posibilidad de llevar a cabo el experimento con el equipo disponible y contábamos con la gente adecuada. También, en competencia con otros grupos, podíamos obtener datos novedosos que permitirían poner a prueba a la primera teoría que se formulaba sobre las sombras. Los resultados nos convencerían de la teoría, sobre la cual aún hay varias dudas, o nos pondrían a trabajar sobre los aspectos teóricos del problema. Después de todo, ¡ése es nuestro negocio!

Una cosa era clara desde el principio. Existía la probabilidad de que las condiciones meteorológicas no fueran las adecuadas para observar las sombras, aun con cielos despejados.

¿Se justificarían el esfuerzo y los gastos institucionales y personales, aunque no se pudieran registrar las sombras durante el eclipse? O, la otra duda, de haberse registrado, ¿no habría otro grupo que pudiera publicar los resultados antes que nosotros?

Estas preguntas son parte de la preocupación, casi cotidiana, de quienes nos dedicamos a la investigación. Las respuestas a estas y a otras de carácter más general dependen, unas, de las circunstancias específicas de un proyecto, otras de la responsabilidad de los investigadores. Las dudas siempre están presentes y juegan el papel de la conciencia.

Un punto que vale la pena resaltar, por su papel en la investigación, es el

que concierne a las posibilidades y a las probabilidades; el quehacer de la ciencia tiene que ver, fundamentalmente, con lo probable, no con lo posible. Por ejemplo, ¿para qué viajar a otro lado, cuando era posible observar el fenómeno en la ciudad de México, como pueden atestiguarlo ahora varios millones de capitalinos? El hecho es que era muy poco probable que se viera en el DF, ¡también hay millones de decesos que no lo vieron! ¿Por qué muchos grupos fueron a La Paz, Baja California, y no a otros sitios, a pesar de saber que el 11 de julio del año anterior el cielo había estado totalmente cubierto? Nuevamente, las estadísticas de muchas décadas mostraban que era una de las mejores ubicaciones; las condiciones para la observación durante ese día lo confirmaron. Aunque no hay garantías, como nos lo re-

petimos muchas veces antes y después de que no las tuvimos (!) Sin negar el papel que juega y ha jugado la casualidad en el avance de la ciencia, no tiene sentido alguno trabajar bajo su amparo. Así, sólo se logran resultados (y apoyos) casualmente (!) Como quienes juegan a la lotería, que ignoran las probabilidades y sueñan con las posibilidades. Ahora que, para qué negarlo, de vez en vez compramos un boleto de lotería... a pesar de que no nos sorprendería que si compráramos todos los números el resultado sería en letras!

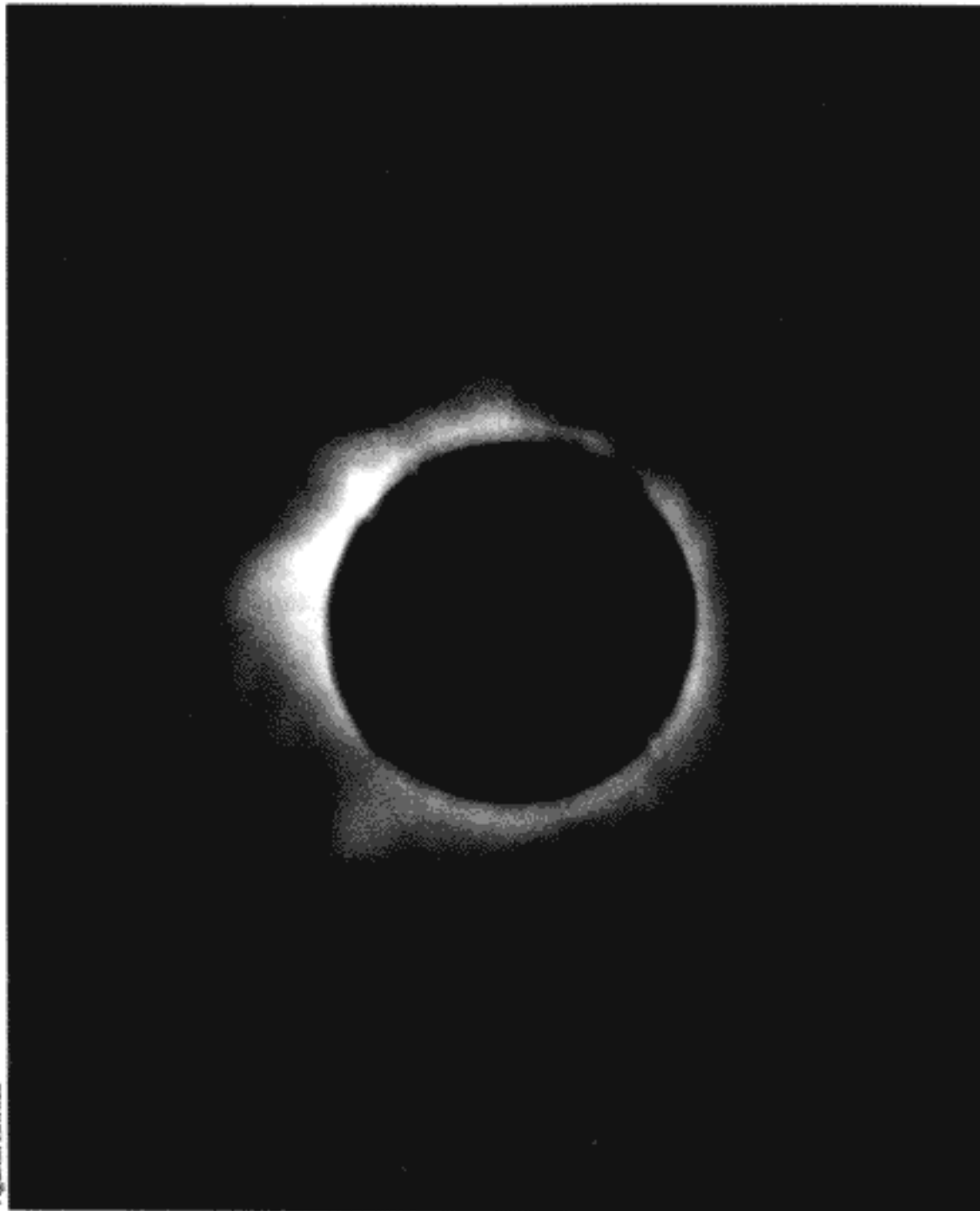
Las reflexiones con las que concluimos este escrito están directamente conectadas con la motivación para escribirlo. Compartir la deliciosa experiencia del quehacer científico y repasar una de sus lecciones; no siempre el sacrificio y el trabajo se ven coronados con un resultado. Que esta sencilla mo-

raleja sea comprendida por quienes dirigen la política científica en el país, y en particular en la UNAM, sería un paso importante hacia adelante, en el desarrollo de nuestra actividad. Los mecanismos de estímulos o el Sistema Nacional de Investigadores ignoran por completo esta parte cotidiana del trabajo de investigación. Aunque, claro está, si sólo se obtienen resultados negativos quiere decir que la cosa va mal y no es muy sensato esperar un premio.

La primera reflexión que quisiéramos hacer es la de compartir el gusto por hacer, o intentar hacer, ciencia, no la de hacer una apología del trabajo científico. Este placer abarca muchas cosas. Incluye nuestras esperanzas e idiosincrasias, nuestras mejores virtudes y muchas de nuestras limitaciones. Durante la génesis del experimento y el diseño de su protocolo, recordamos las horas de discusión en soliloquio, los periodos de meditación en voz alta con los demás participantes, los momentos de satisfacción personal y colectiva al aclarar algún punto difícil en las pláticas o al resolver los problemas que se iban presentando. Después, vinieron etapas de concentración individual para cuidar los detalles que debían ser afinados y, al final ¡cómo olvidarlo!, la creciente expectación para realizar el rito tantas veces repetido en la cabeza de cada uno de nosotros, con tantas esperanzas.

El llevar a cabo un experimento en torno a un eclipse, introduce un elemento adicional bien conocido por los astrónomos, y que consiste en el sencillo hecho de que se tiene una fecha y una hora perfectamente determinados; no es posible trabajar de otra manera que con antelación. No se lleva a cabo cuando los preparativos están a punto; no puede posponerse, como sucede con la gran mayoría de los experimentos científicos. Los preparativos adquieren la excitación que sólo tienen los hechos que poseen una "primera vez", que, además, puede ser la última.

El conjunto de memorables momentos que se van acumulando y de personajes especiales que se van conociendo a lo largo de una carrera científica, es parte de lo que induce a la pasión con la que se persigue la investigación. Para algunos desde fuera, parece una labor pintoresca y enajenante o curiosamente descabellada.



Agustín Estrada



Agustín Estrada

Nuestra segunda reflexión tiene que ver con el contrapunto al romanticismo que poseen los científicos; el trabajo cotidiano y la práctica de la investigación, que son arduos, no tienen garantías. A veces no depende del investigador o del esfuerzo invertido el alcanzar los resultados buscados o esperados. En diversas ocasiones la respuesta encontrada o su defecto, da al problema un interés adicional, en otras es sólo decorazonadora. Es parte del trabajo. Quien se frustra, está en la actividad equivocada. Llevar a cabo un experimento glamoroso o uno como los que hacemos casi siempre, encierra un secreto múltiple: muchas horas de pruebas rutinarias, de lecturas pesadas, de ensayos fallidos, de gestiones administrativas, de consultas aburridas, de fatiga, de aprehensiones y desvelos, de presiones económicas, de incompreensiones institucionales y personales, cuando no de ambiciones ajenas y de envidias gratuitas. La ventaja está en que no es todo eso todo el tiempo! Y, otra cosa: hay que hacerlo, entenderlo y reportarlo antes que nadie. Sí, no es fácil. Tampoco lo es subir un pico nevado y escarpado.

La Naturaleza tiene sus secretos y parte de nuestro quehacer es encontrar caminos que eventualmente permitan descubrirlos. Los "genios" descubren los secretos, otros, los científicos que brillan en la historia, son los que abren los caminos; la mayoría de los científicos, los de "a pie", recorremos los caminos para señalar las piedras y los obstáculos y para registrar (y gozar) la belleza virgen que ofrece el panorama; también, hay que decirlo, soñamos con las posibilidades. Igual que en la lotería, hay mortales que ganan.

Llegar hasta donde se ha explorado toma tiempo y dedicación; avanzar requiere un poco más. Los problemas, una vez resueltos, casi siempre se ven fáciles, aunque nunca faltan los que parecen haber sido resueltos por la inspiración que —dicen— sólo poseen los místicos. La inspiración, que nunca sobra una poca, únicamente viene después de la perspiración que resulta del trabajo de todos los días, de muchos meses, de años...

El método científico dista mucho de ser una serie de pasos a seguir para obtener resultados, para hacer ciencia. Parte del proceso se entiende y parte

se intuye, siendo motivo de la especulación de quienes han hecho ciencia o de quienes la estudian a distancia, con la perspectiva y prejuicios de su propia actividad. Lo que no es eludible es el esfuerzo y el trabajo tenaces, apoyados en la mejor formación profesional posible.

Es necesario conocer las exigencias y responsabilidades de la actividad científica. La pasión, el gusto y las satisfacciones que da el trabajo creativo que conlleva el dedicarse a la investigación, lo pueden entender quienes han estado enamorados. Después de todo, la Ciencia es un amor correspondido. ♦

Referencias

- Codona, J. L., 1986, *Astron. Astrophys.* 164: 415-
 Codona, J. L., 1991, *Sky Telesc.* May: 482-
 Hults, M. E., R. D. Burgess, D. A. Mitchell, & D. W. Warn., 1971, *Nature*, 231, 255-
 Marshall, L. A., 1984a, *Sky Telesc.* 67: 116-
 Marshall, L. A., R. Mahon & R. C. Henry, 1984b, *Appl. Opt.* 23: 4390-
 Young, A. T., 1970a, *Sky Telesc.* 40: 176-
 Young, A. T., 1970b, *Sky Telesc.* 40: 242-
 Zirker, J. B., 1984, *Total Eclipses of the Sun*, Van Nostrand Reinhold. Ver Cap. VII.