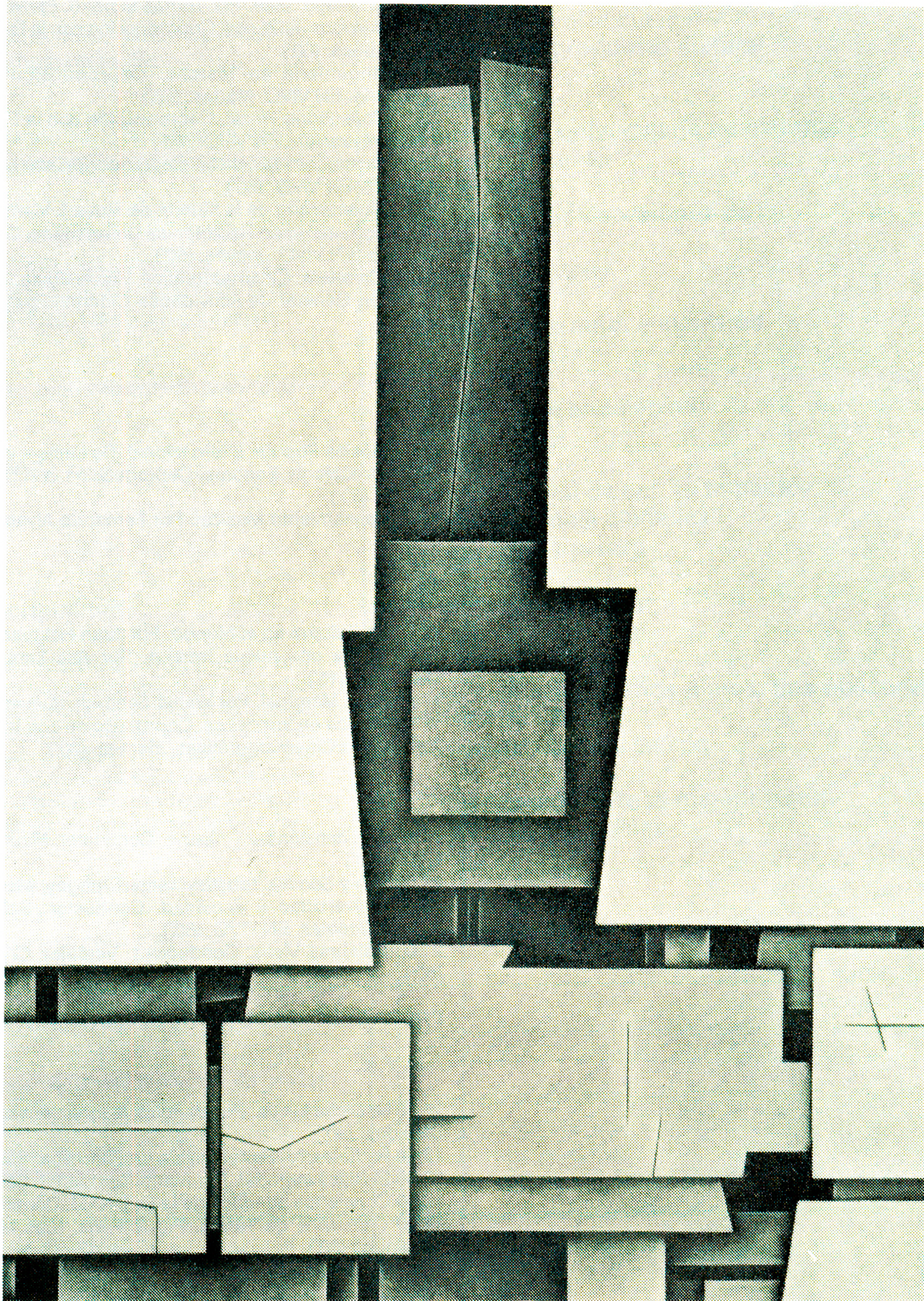


artos

educación / investigación / crítica



artes plásticas • teatro • música • danza • arquitectura • cine • fotografía • diseño
revista bimestral internacional num 22 julio-agosto 1991 \$4000 / 2dls.

a muchos de estos artistas, les llamaron "degenerados" y por paradójico que parezca, esos artistas "degenerados" son nuestros maestros, los guías hacia una libertad que, aunque dolorosa, es real. También nos enseñaron a jugar seriamente, como Klee y Kandinsky, o nos enseñaron la pureza, como Mondrian.

El arte "político" nazi se ha perdido en el limbo del error, del olvido y de la mentira. Las obras del periodo staliniano comparten un destino similar.

De aquí parte la profunda desconfianza de los artistas contemporáneos a participar en política. Los engaños del poder no son para él, no se adaptan a los encargos del hombre político y cuando aceptan es en la línea de sus concepciones personales. La sola palabra "política" les produce malestar y algunos llegan a la alergia y la fobia. Alergia y fobia que puede extenderse a cualquier "realismo".

La pintura mexicana de los "tres grandes" y la de otros considerados menos grandes pretendió ser "política". Podemos alegar en su favor que Diego Rivera partió —en oposición hacia una burguesía que admiraba ese arte académico al estilo Saint Sulpice— a la búsqueda de un pueblo real y al rescate de su cultura pasada. Que Siqueiros mostraba las heridas producidas por los imperios y los esfuerzos que las masas proletarias hacían y harían en camino hacia su libertad. Que Orozco incendiaba sus muros, señalando corrupción, violencia y destrucción universales por

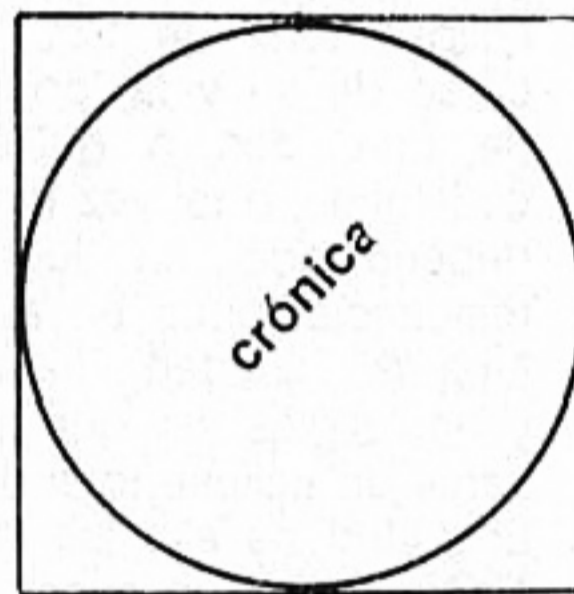
las ideologías y filosofías del presente y del pasado. Los demás se adjudicaban una nacionalidad recientemente adquirida y todavía confusa. El nacionalismo es también una actitud política aunque sea el "nacionalismo de los pobres, de los humillados" y los artistas nacionalistas no encajan muy bien en las corrientes casi universales del arte actual.

Historiadores de arte de otros países se encuentran incómodos cuando tienen que tratar, si es que lo tratan, del arte mexicano. Cuando no lo ignoran, escogen de preferencia a Tamayo sin negarle sus raíces "indígenas". No saben si situar este movimiento en línea directa con el "realismo socialista" o en algo ligeramente nacionalista-fascistoides. Admiran, a veces, el tierno realismo o el "cubismo" de Rivera, el "surrealismo" de Siqueiros, el "expresionismo goyesco" de Orozco, pero aun así, la pintura mexicana pende de un hilo de Mamocles, puede correr el riesgo al que se ha deparado a la pin-



tura staliniana o nazi, aunque los mexicanos no estemos de acuerdo. Diego en su obra es marxista, no staliniano. La obra de Siqueiros se ve incoherente al lado de otros autores del "realismo socialista". Y Orozco pondría en aprietos a cualquier ideólogo.

El romance del artista actual con la democracia liberal de este tiempo será motivo para otro ensayo. Aquí hemos apuntado, para aclararlo ligeramente, un tema por demás confuso y contradictorio.



ECLIPSE TOTAL DE SOL,
SU IMPACTO E
IMPORTANCIA
CIENTIFICA

Jorge Pérez Peraza

Para entonces

Quiero morir cuando decline el día,
en alta mar y con la cara al cielo;
donde parezca sueño la agonía,
y el alma, un ave que remonta el vuelo.
No escuchar en los últimos instantes,
ya con el cielo y con el mar a solas,
más voces ni plegarias sollozantes
qu el majestuoso tumbo de las olas.
Morir cuando la luz, triste, retira

sus áureas redes de la onda verde,
y ser como ese Sol que lento expira:
algo muy luminoso que se pierde.
Morir, y joven: antes que destruya
el tiempo aleve la gentil corona:
cuando la vida dice aún: soy tuya,
aunque sepamos bien que nos traiciona.

Manuel Gutiérrez Nájera

I. Introducción

La palabra eclipse proviene del griego y puede traducirse como desaparición, opacamiento, ocultamiento en la sombra. Para el astrónomo, el estudio de los eclipses se extiende a una amplia variedad de objetos celestes, como por ejemplo en los que intervienen ciertas estrellas dobles, llamadas variables eclipsadas, o con los satélites de planetas como Júpiter, etc. Para el resto de la gente sólo interesan los eclipses en los que interviene nuestro satélite natural, la Luna, únicos que le son familiares y atractivos.

Ocurre un eclipse cuando la sombra de la luna cae sobre la Tierra, o, cuando la sombra de la Tierra cae sobre la Luna. En el primer caso se trata de un eclipse de Sol y en el segundo un eclipse de Luna. El eclipse de sol sobreviene cuando el Sol y la Luna están en conjunción (Luna Nueva), es decir cuando el orden de alineación se tiene Sol-Luna-Tierra, en tanto que el eclipse lunar tiene lugar cuando el Sol y la Luna están diametralmente opuestos con respecto a la Tierra (Luna llena), es decir, cuando el orden de alineación se tiene Sol-Tierra-Luna. Actualmente es relativa-

mente fácil comprender el mecanismo de los eclipses, sus principales características, su gran variedad, las leyes que rigen su sucesión en el tiempo, y poder predecir su ocurrencia en el futuro y en el pasado, lo cual sólo requiere conocimientos de aritmética y geometría elemental. Es así que, al menos desde el siglo VII a.C., ya se hacían predicciones de eclipses de Luna. ¿Por qué entonces, aún más de 25 siglos después los eclipses, principalmente los totales de Sol, siguen maravillando a la gente, presentando un atractivo muy espectacular en los diferentes ámbitos de las diversas sociedades?

Las respuestas son múltiples y de naturaleza muy variada, por lo que nos limitaremos a dar una breve descripción de su atractivo para el hombre cotidiano y para el científico, particularmente para el Astrofísico Solar.

II Implicaciones socio-culturales político-económicas y religiosas

Impacto de Eclipses de Sol en las Sociedades Modernas:

Un eclipse de Sol es un evento poco común, que ocurre en diversos lugares del globo terrestre, sumando un total de 14 veces en cada periodo de 6585.32 días, (el llamado ciclo de Saros), es decir que en el presente siglo sólo habrán ocurrido en todo el planeta 72 eclipses totales de Sol, o sea un promedio de 1.39 por año, lo que significa que hay años en los que ocurren 2, otros en los que sólo ocurre uno, e in-

cluso años en los que no ocurre ninguno, por ejemplo, en México sólo 4 de esos 72 eclipses del siglo XX se habrán visto, los de 1900, 1923, 1970 y 1991, en Francia sólo 3 de ellos serán vistos en su territorio, en 1912, 1961 y 1999, en la India se habrán visto los de 1980, 1995 y 1999. El científico avocado al estudio de este fenómeno tiene que desplazarse a menudo a lugares muy distantes de su país de residencia, para poder observarlo; para el resto de la gente la oportunidad de presenciar un eclipse total de Sol, en el curso de su vida, podrá ser de una, dos o quizá tres ocasiones, o tal vez ninguna, dependiendo su lugar de residencia, pues en algunos lugares pueden transcurrir varios siglos sin que se observe un eclipse total de Sol. En virtud de ello, se le considera como un evento raro, extraordinario y espectacular, lo que se enfatiza además por los medios de comunicación masiva.

Para informar a la población del peligro eminente que representa el observar directamente hacia el Sol, sin protección adecuada, en las fases previas y posterior a la de la totalidad (ocultamiento total del disco solar), en lo relativo a posibles daños oculares, y evitar la proliferación de rumores esotéricos en relación al eclipse, generalmente se crean comités avocados a esos objetivos. Aunque también suelen a veces surgir ciertas instancias que aprovechan el consumismo de las sociedades modernas para comercializar ese

espectáculo natural como un espectáculo de moda, organizando viajes a lugares donde se observará adecuadamente el eclipse y vendiendo camisetas, llaveros, medallas conmemorativas y diversos objetos alusivos al eclipse. Incluso suele aparecer quien emulando a las castas sagradas de sacerdotes de la antigüedad, pretendan obtener algún beneficio político y cultural con la ocurrencia de este fenómeno en su comunidad

Astronomía y Eclipses

La atracción del hombre por el cielo y los fenómenos celestes data al menos del final del Paleolítico, por lo que no es nada raro encontrar vestigios con alusiones astronómicas de las civilizaciones más antiguas en África, Asia, Europa y América, cuyos habitantes intentaban adquirir el conocimiento y por ende el entendimiento del firmamento. A medida que el hombre dejaba de ser nómada para convertirse en sedentario, el cultivo de la Astronomía pasaba de las etapas expectativas a las analíticas: la salida y la puesta del Sol en un cierto punto del horizonte les permitía conocer donde y cuando sembrar sus cultivos. La planificación de sus siembras y cosechas se fueron regulando en base a los movimientos cíclicos de los astros. La regularidad de la salida del Sol y la aparición de la Luna, la renovación cada 28 días de la Luna, y la de los movimientos cíclicos de otros cuerpos celestes, hizo que el hombre concibiera el cosmos como un

modelo de perfección, atribuyéndole un carácter mágico que derivó en reverencia religiosa hacia los astros en todas las antiguas civilizaciones. El Sol y la Luna fueron divinizados e idolatrados a través de monumentos, esculturas y pirámides (como las de Teotihuacán). Las festividades, celebraciones de eventos sociales y religiosos, e incluso acciones militares, estuvieron influenciadas sensiblemente por el acontecer cósmico. La vida cotidiana de las antiguas civilizaciones y diversas facetas de su cultura sostenían una relación muy íntima con el cosmos.

Aunque el entendimiento de los movimientos regulares celestes de carácter cotidiano representó una incógnita para el hombre, aprendió, sin embargo, a servirse del conocimiento de ellos para el desarrollo de la agricultura y ganadería y a concebirlos como procesos ordinarios y cotidianos del cosmos. Por ello la ocurrencia eventual de fenómenos celestes de naturaleza esporádica, fuera del esquema cotidiano, como son los cometas y eclipses, han causado tanta espectacularidad y asombro desde las épocas más remotas hasta el presente. Tales fenómenos fuera de la habitual regularidad celeste, resultaban comprensibles en menor grado, por lo que generalmente fueron atribuidos a causas mágicas y sobrenaturales, asociándolos con seres antropomórficos de naturaleza apocalíptica, portadores de malos presagios y de desastres, lo que



Fig. 1.- Eclipse Central del tipo ANULAR.

provocaba verdadero pánico en la población. Leyendas, mitos, teologías y mitologías de las antiguas civilizaciones atribuían los eclipses a dragones (el eclipse en China, en el año 2137 a.C. por ejemplo), serpientes, lobos, jaguares y cerdos que devoraban al Astro Rey y a Selene.

En Mesoamérica se concebía al eclipse de Sol como una mordida del jaguar al astro, lo que ocurría en un tiempo fuera del ritmo cotidiano de mordidas nocturnas, y que en maya se denominó como Chibil Kin, y en nahuatl como Tonatiuh Cualó. El eclipse de Luna, según la versión maya tenía lugar cuando Xulab (hormigas) invadían la superficie lunar para devorarla por completo.

Sin embargo, aún en las civilizaciones antiguas una élite de estudiosos fueron gradualmente penetrando en el conocimiento astronómico, invadiendo el terreno del pensamiento mágico, cada vez con razonamientos de naturaleza más científica, acorde a la evolución del co-

nocimiento matemático y de las leyes físicas elementales que rigen la naturaleza. Estas élites poseedoras del conocimiento se lo transmitían de generación en generación, con la subsecuente implicación de que el conocimiento da el poder. En algunas civilizaciones esto dio lugar a la formación de castas divinas de sacerdotes, y en otras de sabios muy cercanos a los gobernantes e íntimamente ligados a la iglesia. Es sorprendente cómo sin equipo e instrumentos astronómicos modernos, sino únicamente basándose en conocimientos matemáticos y sistemas rigurosos de registro de movimientos celestes, de fenómenos y eventos astronómicos esporádicos, los antiguos estudiosos de mesopotamia (en Caldea y Babilonia), Egipto, Mesoamérica, Grecia y otras civilizaciones, llegaron a dominar la Astronomía de posición y a predecir el movimiento de los astros en la bóveda celeste. Son precisamente los eclipses el primer fenómeno celeste cuyo mecanismo ha sido comprendido por el hombre. Hay evidencias de registros de eclipses solares en las famosas Tablas Caldeas, realizados al menos desde el siglo XIV (a.C.) por los Sumerios de Caldea, y más tarde en Babilonia la predicción de un eclipse de Luna en el siglo VII (a.C.).

Los métodos de predicción de eclipses de los Sumerios fueron posteriormente utilizados por los Griegos. Acorde a la obra "Introducción a los Fenómenos",

escrita por Géminus en el año 75 (a.C.), las Tablas Caldeas contenían estudios de periodicidad de eclipses durante un período de 54 años, equivalente a 3 ciclos de Saros. También se ha dicho frecuentemente que Tales de Mileto predijo un eclipse solar del año 584 (a.C.), sin embargo, esto ha sido fuertemente cuestionado por Neugebauer, en su obra "The exact sciences in Antiquity" (Princeton, 1952), quien afirma que "tal predicción de Tales de Mileto, así como las periodicidades de los Saros Caldeos y la relevancia astronómica de las Pirámides de Egipto no son más que mitos históricos aceptados y difundidos por el snobismo de algunos medios superficialmente intelectuales, y que las verdaderas predicciones se dieron gracias al avance de la ciencia Griega en los últimos siglos antes de nuestra era".

En Mesoamérica, se sabe a través de los códices mayas, mixtecos y del altiplano que aún persisten, como el de Dresden y Azcatitlán, que sus astrónomos desarrollaron tablas de registros de eclipses, e incluso algunas predicciones de eclipses solares. Durante la época colonial en México, a pesar del obscurantismo impuesto por la Santa Inquisición, se tiene información del registro de algunos eclipses, como los eclipses de Sol del 11 de junio de 1611 y el del 23 de agosto de 1691, este último estudiado por el astrónomo real de la Nueva España, Don Carlos de Singüenza y Góngora

Astrología y mitos

Desde los días de los astrónomos Caldeos y Babilonios en los que ya se tenía una clara concepción de que las estaciones, los eclipses y otros eventos en la Tierra, como las mareas, dependían de la posición de los astros, los estudiosos comenzaron a interrogarse si tales posiciones de los astros controlaban también el destino de los hombres. No está claro si la Astrología se derivó de la Astronomía como un impulso automático de investigar una posible influencia de los astros sobre el destino de los seres humanos, o como un instrumento de control de las élites que poseían el conocimiento astronómico sobre las grandes masas de la población, e incluso a los mismos gobernantes, algunos de los cuales se hicieron altamente dependientes de sus divinos consejeros astrólogos. Lo cierto es que, en contraste con el continuo desarrollo científico de la Astronomía en el curso de los siglos, la Astrología se estancó en los mismos preceptos mágicos de la época de los Sumerios. Es así que al presente, los "adivinos del destino del hombre", siguen considerando la posición del Sol con respecto a otras estrellas, tal como se encontraba en los tiempos del auge astrológico en Mesopotamia, sin tener en cuenta que el movimiento del Sol alrededor de la Galaxia (la Vía Láctea), se realiza con diferente cadencia que el de las otras estrellas, y que su posición, respecto a las constelaciones circundantes varía en el tiempo con un período cercano a los 26,000 años. Es decir, actualmente todas las

constelaciones del Zodiaco están desplazadas con respecto a su posición en la época de los astrólogos Caldeos y Babilonios, por ejemplo, el Sol pasa frente a la constelación de Leo a mediados de agosto y no en el mes de julio como en la época del inicio de la Astrología.

Hoy en día, a pesar del esfuerzo mundial que existe para la divulgación de la ciencia, por diversos motivos, principalmente de carácter socio-cultural, la ciencia no es producto de consumo popular, de tal suerte que aun algunos líderes políticos, artistas e intelectuales consultan cotidianamente su horóscopo de la era Mesopotámica. Cabe mencionar que para la ocasión del próximo eclipse total de Sol visible en territorio mexicano, el 11 de julio de 1991, el Sol estará situado enfrente de Géminis, lo que permitirá observar fácilmente las estrellas más prominentes de esa constelación del Zodiaco.

En contraste con la Astrología, afortunadamente desde el principio de los tiempos, el desarrollo de la razón humana ha ido superponiéndose a los aspectos mágicos que las civilizaciones desarrollan como respuesta al miedo, la ignorancia e incapacidad de comprensión de los fenómenos naturales. Dentro de ese contexto, los eclipses han jugado un papel predominante en el florecimiento de la ciencia misma; es así que el perfil circular del borde de la sombra terrestre sobre la luna

permitió determinar que la Tierra es redonda y se encuentra aislada en el espacio, desde el siglo V (a.C.). Es mediante el estudio de los eclipses que Aristarco de Samos, tres siglos antes de nuestra era, calculó el diámetro de la Luna en un factor de 0.3 del de la Tierra, y su distancia en 63 radios terrestres, valores muy cercanos a los reales de 0.27 y 60 respectivamente. Es también mediante los eclipses que Hiparco descubrió la precesión de los equinoccios, 130 años antes de nuestra era, resultado sorprendente si se tiene en cuenta la lentitud del fenómeno (periodo de 26,000 años). Es en función de los eclipses, utilizados como trazadores de la trayectoria anual del Sol y la Tierra, que al plano distendido por esa trayectoria se le designó como la Eclíptica.

II.

La Sombra

Ibamos hacia el oriente
cara al Sol; amanecía
y todo era luz al frente:
nuestra sombra nos seguía.
Hoy, con el Sol en ocaso
al proseguir la jornada,
una sombra prolongada
va precediendo mi paso.

Francisco A. de Icaza

Sin embargo, aun en nuestro días, en plena modernidad, y dejando de lado a los astrólogos, nigromantes y otros charlatanes, existen mitos populares que provienen del miedo atávico entre algunas esferas de las sociedades ac-

tuales. De hecho, en el pasado, algunas mitologías estuvieron inspiradas por los eclipses solares. Entre los atavismos que perduran, existe por ejemplo, la creencia de que las mujeres embarazadas pueden sufrir serias consecuencias en sus bebés si contemplan abiertamente el fenómeno, éste es el caso de algunos sectores de la población en el istmo de Tehuantepec, y también muy expandido en otros lugares como la India. Creencias similares existen con respecto a la esterilidad masculina, daño a las plantas y a aparatos eléctricos que estén funcionando. las civilizaciones precolombinas creían que los niños nacidos durante un eclipse de Sol eran niños débiles, por no haber recibido la energía del astro al nacimiento. En cierta forma es comprensible que siendo el eclipse de Sol un fenómeno, se provoque cierto grado de inquietud y asombro, por lo que es obligación de los medios masivos de comunicación el informar que se trata exclusivamente de un fenómeno astronómico natural que vale la pena admirar al menos una vez en la vida, mediante el debido cuidado de los ojos, con filtros cuyas características y medios de adquisición deben ser difundidos. La población mexicana es particularmente afortunada con respecto a la contemplación de un eclipse total de Sol, pues aquel que tenga más de 70 años habrá podido ver probablemente hasta 3 eclipses totales de Sol, y los que tengan cerca de 25 años habrán podido presenciar dos de ellos, en tanto que los non-

agenarios habrán quizá contemplado los cuatro eclipses que en el Siglo XX hayan ocurrido en territorio nacional.

III.

Si al cielo subir pudiera
las estrellas te bajara,
la luna a tus pies pusiera,
con el Sol te coronara. . .
Entre la noche sombría
tus ojos negros brillaron,
y hasta los gallos cantaron
creyendo que amanecía. . .
Ni el sol en su firmamento
ni la Luna en su apogeo,
ni una calandria en el viento,
ni un pájaro en su gorgojo
goza de tanto contento
como yo cuando te veo. . .

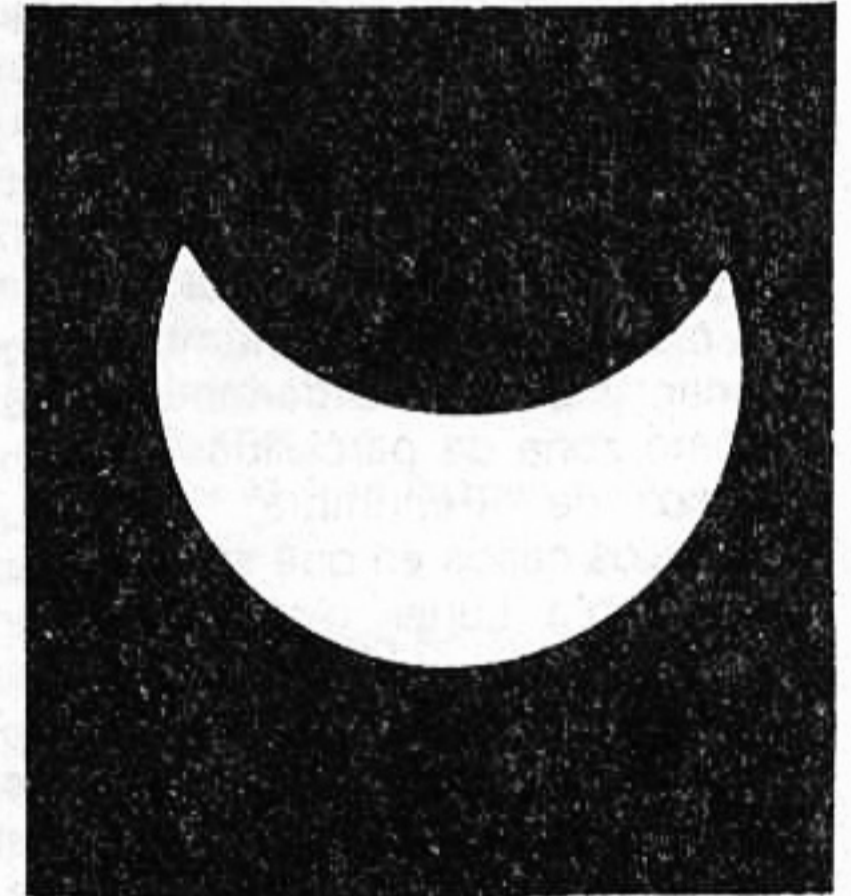
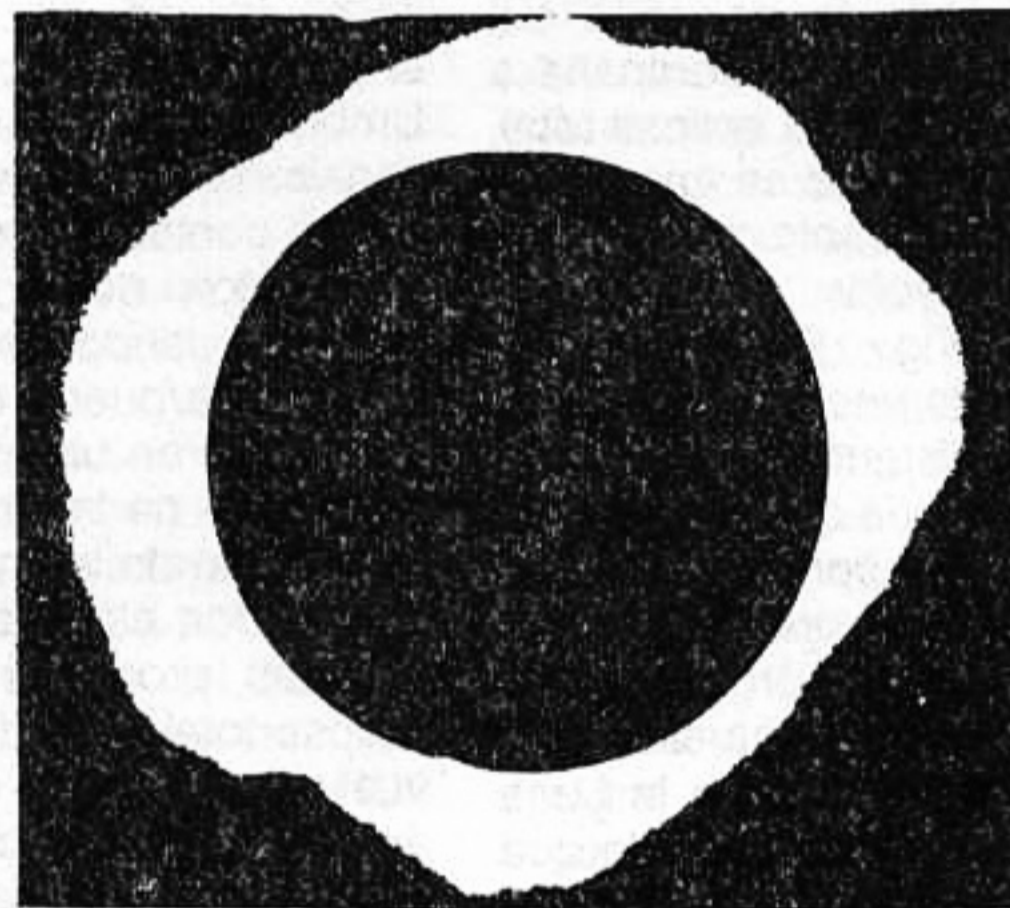
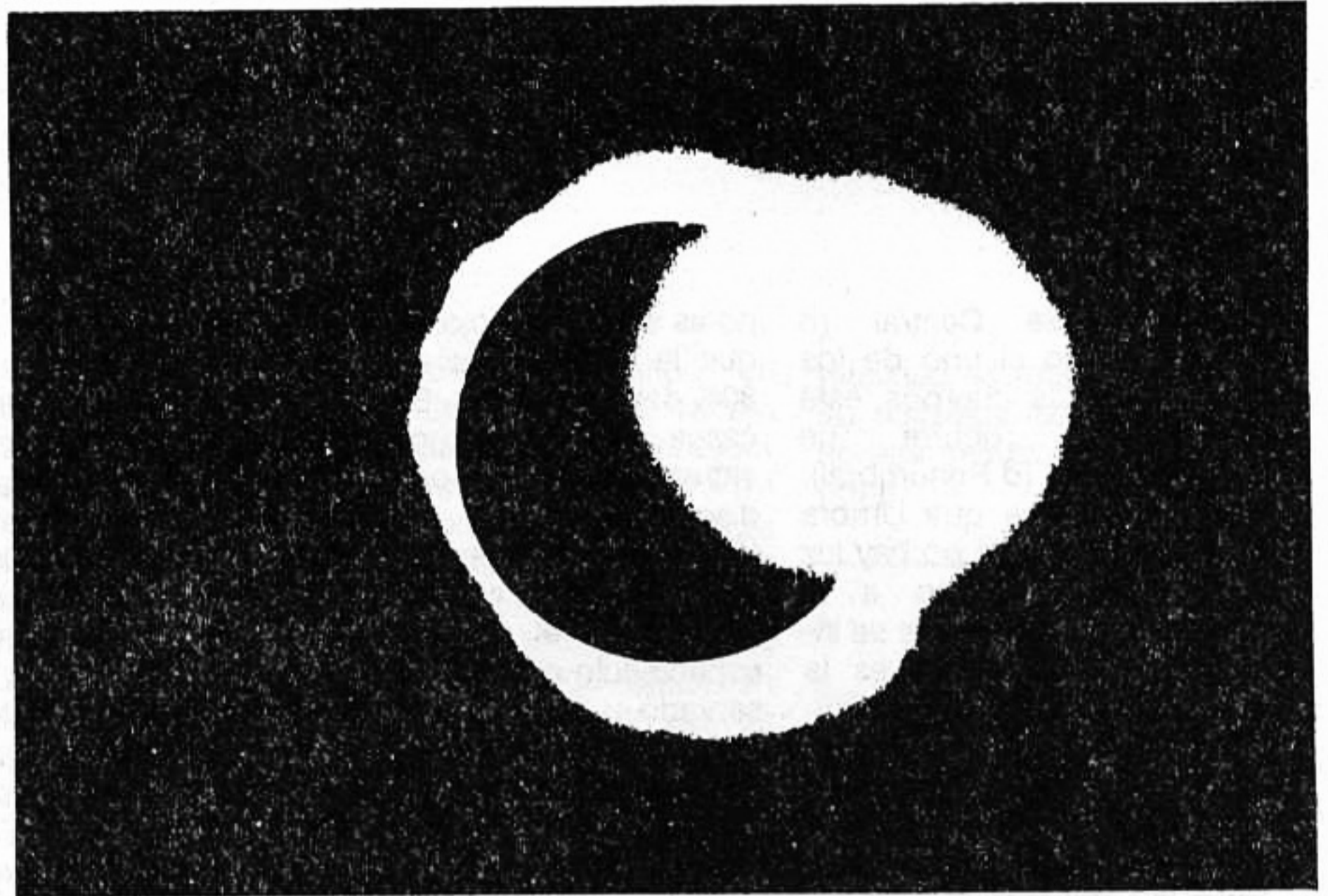
Coplas Populares

III. Generalidades sobre los eclipses

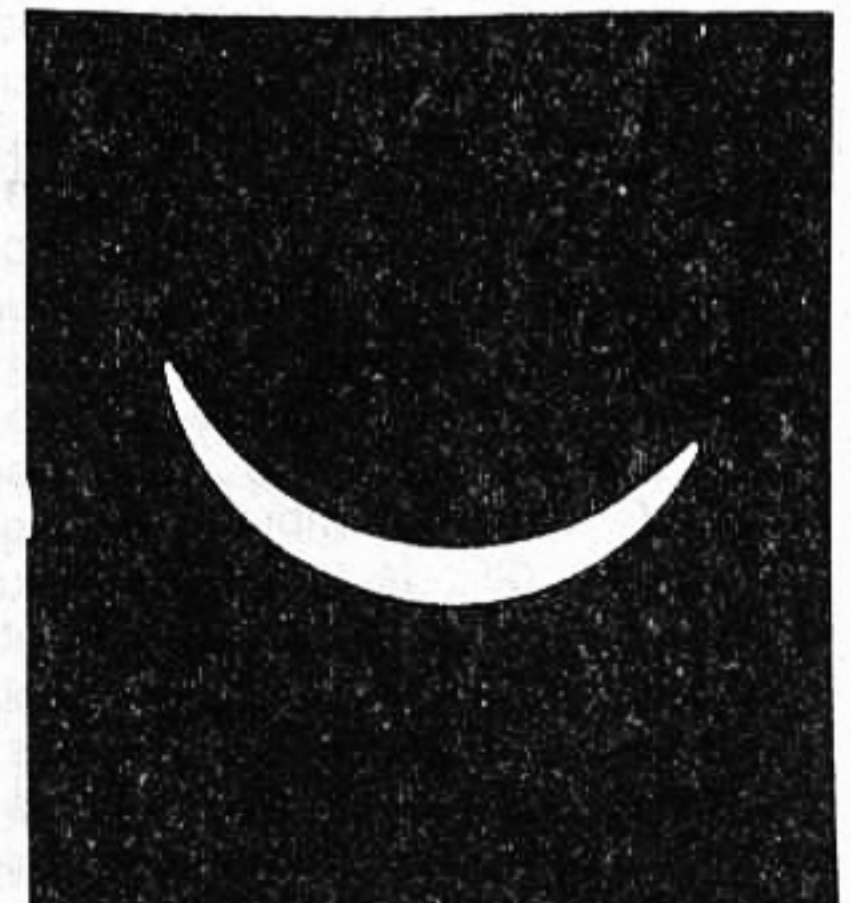
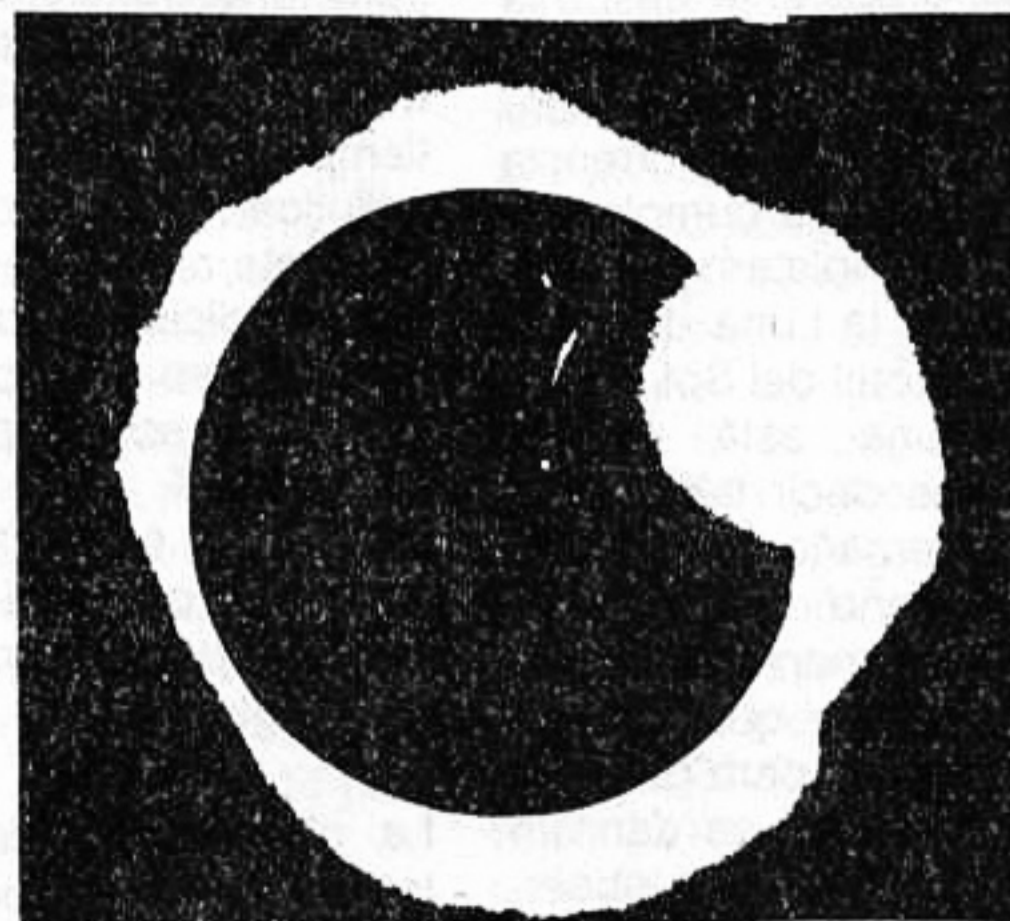
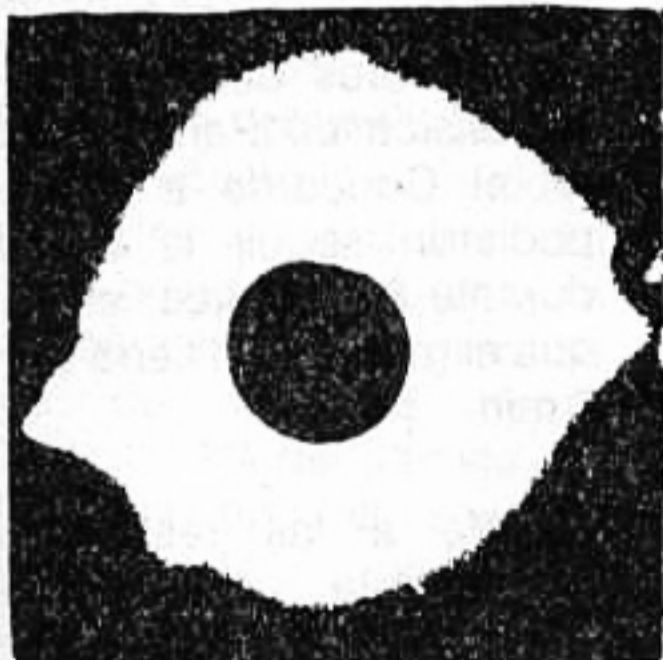
Comenzamos por mencionar que gracias a una feliz coincidencia es posible el gozar de eclipses en nuestro planeta: por un azar extraordinario, los diámetros aparentes de la Luna y el Sol son sensiblemente equivalentes. Es decir que los discos del Sol y la Luna, vistos desde la Tierra, son prácticamente iguales, ya que estando la Luna 400 veces más cerca que el Sol, su diámetro es 400 veces menor que el del Sol. Además la distancia Tierra-Luna es del orden de longitud del cono de la sombra lunar. Para entender porqué en base a estas felices coincidencias ocurren los eclipses hay que recordar que ambas órbitas, las de la Tierra y la Luna son elípticas y que la órbita olímpica de la Luna alrededor de la Tierra se en-

cuentra muy cercana al plano elíptico (el plano de la órbita elíptica de la Tierra alrededor del Sol). La Luna en su movimiento corta al plano de la elíptica en dos puntos opuestos llamados nodos, de tal modo que cuando la línea que intersecta estos dos puntos, (llamada línea de nodos), apunta hacia el Sol y la Luna se encuentra muy cerca de uno de esos nodos, ocurre un eclipse. Como se dijo anteriormente si la Luna está en la fase de Luna Nueva, el eclipse es de Sol, pero si se encuentra en la fase de Luna Llena, el eclipse es de Luna. En concreto, en el caso particular de un eclipse solar dos condiciones deben ser simultáneamente satisfechas: 1) que la Luna este próxima a su conjunción, es decir, cercana a la fase de Luna Nueva; 2) la inclinación de la órbita Lunar debe ser menor a $1^{\circ} 25'$ respecto al plano de la elíptica, o, en todo caso nunca mayor de $1^{\circ} 35'$, lo que equivale a decir que la Luna se encuentra a menos de $15^{\circ} 4'$ de uno de los nodos, o en todo caso más lejos de $18^{\circ} 4'$.

Si los centros de los tres cuerpos celestes están centrados o casi centrados a lo largo de una línea recta, ocurre lo que se denomina



Fotos: Ramón Martínez de Velasco



como eclipse Central (o Umbral), pero si uno de los centros de los cuerpos está descentrado, ocurre un eclipse parcial (o Penumbral). Debe enfatizarse que Umbra es la región donde no hay luz solar directa debido a la sombra del cuerpo que se interpone, y Penumbra es la región donde cae cierta cantidad de luz solar directa. Los eclipses centrales de Sol ocurren entonces cuando la línea que une los centros del Sol y la Luna toca a la Tierra, es decir, cuando el cono de la sombra lunar alcanza la Tierra, curbiendo una banda estrecha llamada Banda de Centralidad, que puede variar de un eclipse a otro entre 2 y 300 km. de ancho, rodeada de una superficie más amplia, de al menos de 700 km. de ancho en donde la Tierra es cubierta por la penumbra lunar, y que se le denomina como zona de parcialidad (o cono de Penumbra). En aquellos casos en que sólo la Penumbra Lunar alcanza la Tierra, quedando excluida la Umbra, se trata de un eclipse parcial, lo que sucede en las altas o bajas latitudes terrestres (las regiones boreales y australes). Dos de cada 3 eclipses solares son del tipo Central y el otro es del tipo Parcial, aunque naturalmente hay que considerar que los eclipses Centrales presentan una ancha región periférica donde, como se dijo anteriormente, el eclipse es visto en parcialidad dentro de esa banda de Penumbra alrededor de la estrecha Umbra.

Los eclipses Parciales son imperceptibles a simple vista, pues la baja de luminosidad

no es sensible al ojo a menos que la Luna cubra más del 80% del disco solar. En estos casos en que la Luna pasa enfrente de una parte del disco solar, este toma la forma de un cuerpo. Estos eclipses no tienen mayor interés que el de un bonito espectáculo celeste a ser observado con un lente astronómico.

Los eclipses Centrales son de 3 tipos, Total, Anular y Mixto; su diferencia es una cuestión de tamaños aparentes entre el Sol y la Luna: si la Luna se ve mayor, el Sol será completamente tapado, y entonces se tendrá toda la panoplia del fenómenos que acompaña a la ocurrencia del eclipse total, pero si la Luna se ve menor, un deslumbrante aro o arillo de luz solar permanecerá visible. (Fig. 1). La razón de estas diferencias estriba en que la distancia entre los 3 cuerpos varía con el curso del tiempo. En particular, la distancia Tierra-Luna está determinada por la órbita elíptica que recorre la Luna alrededor de la Tierra; cuando la Luna está cerca de la Tierra, lo que se denomina como Perigeo, su tamaño aparente desde la Tierra es mayor, de tal forma que si las condiciones mencionadas para la ocurrencia de un eclipse se cumplen, el Sol será completamente bloqueado por la Luna dándose un eclipse total del Sol. Cuando la Luna está en su Apogeo, es decir lejos de la Tierra, su tamaño aparente es muy pequeño como para cubrir enteramente el disco solar, de modo que cuando las condiciones para ocurrencia de un eclipse se dan, un anillo de luz solar es obser-

vado alrededor de la Luna, lo que constituye un eclipse anular. En términos de conos Umbrales, se puede decir que cuando la distancia entre la Tierra y la Luna es tal que la Umbra Lunar alcanza a tocar la Tierra, se tiene un eclipse total, y la superficie barrida por el cono Umbral es la banda de totalidad. Cuando la distancia Luna-Tierra es tal que el cono de la Umbra Lunar se queda corto para alcanzar la Tierra, pero su proyección alcanza la Tierra, se tiene un eclipse anular, y la superficie barrida por la proyección del cono de la Umbra es llamada la banda de anularidad. Algunas veces el punto final del cono de la Umbra cae muy corto para alcanzar la Tierra, tal que el primer contacto ocurre con la proyección del cono de la Umbra, dando un eclipse anular que puede convertirse más tarde en un eclipse total si el cono de la Umbra barre desde uno de los polos hacia el Ecuador, alcanzando bajas latitudes, produciendo así un eclipse total, que después se vuelve a convertir en eclipse anular a medida de que la Umbra se mueve hacia el otro polo terrestre. Estos eclipses son llamados eclipses solares mixtos. La Luna pasa más tiempo en las latitudes eclípticas donde no apantalla de frente al Sol, pero cuando las condiciones para eclipsamiento se dan, los eclipses anulares son aproximadamente 15% más frecuentes que los eclipses totales, debido a que la Luna pasa más tiempo en Apogeo que en Perigeo.

La observación de eclipses totales de Sol es fundamental

para el astrónomo solar, pues le permite estudiar la atmósfera solar, principalmente la cromósfera, sus protuberancias y la Corona solar. En tanto que los eclipses anulares de Sol, a pesar de la gran belleza del espectáculo no representan el mismo interés científico, pues la cromósfera no es observable y sólo muy ocasionalmente se observan las protuberancias solares. En los eclipses totales la sombra de la Luna se desplaza sobre la Tierra a más de 2000 km/h, con una trayectoria ligeramente curvada que puede alcanzar algunos miles de mks. de longitud. A esta banda de totalidad distendida por la sombra lunar se le conoce también como línea de centralidad: en ella la duración de la totalidad es mayor en tanto mayor sea la importancia diametral de la sombra de la Luna. Dependiendo del lugar en que se observe, dicha totalidad puede durar desde unos pocos segundos hasta un máximo de alrededor de 7.5 minutos. El periodo de observación puede prolongarse en beneficio de los científicos especialistas, volando en el avión Concorde a una velocidad semejante a la del desplazamiento del cono Umbral. Es así que durante el eclipse total de 1973, los investigadores del Instituto de Astrofísica de París, volando en el Concorde a Mach 2, pudieron seguir la totalidad durante 80 minutos, en tanto que el máximo en tierra era de 7 min.

Acorde a las restricciones previamente mencionadas, los eclipses tienen lugar

durante dos épocas del año llamadas meses de eclipses, con separación semestral. En cada uno de los meses de eclipses ocurren generalmente dos eclipses, uno de Sol y otro de Luna, pero a veces ocurren tres, dos de los cuales son de Sol. Es decir, que considerando todos los tipos de eclipses solares, en promedio hay 2.35 eclipses de Sol por año. En el siglo XX nuestro planeta habrá preservado 230 eclipses solares, 152 de los cuales son eclipses centrales y 78 eclipses parciales.

Entre los eclipses centrales habrán habido, como se dijo anteriormente, 72 eclipses totales, así como 74 anulares y seis eclipses mixtos, de tal forma que razonando en términos siderales, los eclipses solares son un fenómeno muy frecuente, pero si en cambio sólo consideramos los eclipses totales y delimitamos la zona del globo terrestre donde va a ser observable, el fenómeno a escala del ciudadano común y corriente es un evento muy poco frecuente, más bien raro. Así pues, la población en zonas privilegiadas pueden considerarse muy afortunados de tener en promedio alrededor de dos oportunidades de observar cómo el Sol es súbitamente bloqueado en pleno día. La regiones ecuatoriales pueden gozar de la totalidad del eclipse mayor tiempo que en las altas y bajas latitudes. La zona de totalidad cubre menos del 1% del planeta, en tanto que en los eclipses anulares la zona de Anularidad puede cubrir hasta 1.6% del área del planeta.

Aunque la duración de la totalidad es muy corta, la parcialidad que precede y procede a dicha totalidad puede prolongarse por más de 3 hrs. en un cierto lugar. La zona de parcialidad puede cubrir un máximo del 35% de la Tierra. El tiempo máximo que puede durar un eclipse anular, en un lugar dado, desde el inicio hasta el final de su parcialidad es superior a las 6 hrs., en tanto que el eclipse total puede prolongarse alrededor de 5 hrs. Para la mayoría de los eclipses que cubren la zona ecuatorial, la sombra de la totalidad viaja distancias típicas de 14000 km.

Una peculiaridad especial de los eclipses es que un tipo de eclipse se repite en el mismo orden, en las mismas lunaciones y con características muy poco modificadas, con una periodicidad que es llamada Ciclo de SAROS. La palabra SAROS proviene del Caldeo y significa recurrencia. Por definición, un ciclo de SAROS contiene 223 lunaciones, (una lunación es el periodo entre 2 Lunas Nuevas), conteniendo 38 estaciones (meses de eclipses) de eclipses.

Es decir, 18 años con 10 días ó 11 días (dependiendo si haya 4 ó 5 años bisiestos durante ese ciclo) y 7.7 hrs. El Sol, la Luna y la Tierra se alinean en la misma forma cada ciclo de Saros. Uno de estos ciclos contiene entonces, en promedio, 84 eclipses, 42 de Luna y 42 de Sol. Entre los de Sol 28 son centrales y 14 parciales. Cada familia de SAROS tiene un principio y un fin, duran entre 70 y 80 ciclos,

es decir, 1300 años en promedio. Una cierta familia de Saros comienza alrededor de un polo terrestre y avanza con el tiempo en latitud hasta que desaparece en el otro polo, reapareciendo como una nueva familia de Saros después de 6000 años, en tanto siguen naciendo nuevas familias de SAROS manteniendo el promedio de 2.35 eclipses solares por año. Obviamente, hay muchas familias de SAROS que tienen lugar paralelamente. Esta superposición de SAROS da como resultado que en el curso de un solo ciclo de SAROS se observan en promedio 40 a 42 eclipses adicionales, pertenecientes a otros ciclos de SAROS con diferentes fechas de inicio y término. En la jerga de los especialistas cada familia de SAROS es designada con un número específico. En el caso particular del territorio mexicano, habrá habido para el final del siglo, 59 eclipses de Sol, 49 parciales, 6 anulares y los 4 totales. Se designa como "secuencia larga de eclipses" a una serie de eclipses "homólogos" que se repiten con las mismas características en la misma lunación de Saros consecutivos, lo que en concreto puede considerarse como la repetición del mismo eclipse. Una secuencia larga de eclipses dura en promedio 72 SAROS. El eclipse del 11 de julio de 1991 pertenece a una "secuencia larga" cuyos eclipses homólogos en el siglo XX son los eclipses totales de Sol del 18 de mayo de 1901, 29 de mayo de 1919, 8 de junio de 1937, 20 de junio de 1955 y 30 de junio de 1973. Su duración en

totalidad es muy semejante y su desplazamiento en latitud en esa secuencia es hacia el norte.

IV

Sol Material, pintor ardiente

Al sepultar Faetonte en occidente su cuerpo luminoso, se miraba una nevada nube que copiaba la beldad de su cama refulgente. Y como si esto fuera insuficiente, para hermosear la imagen que tiraba, con mil piedras preciosas coronaba de aquella nube su espaciosa frente.

Allí de Calcedonio los ardores con el rojo del Sardio se han mezclado, y del Berlio brillan los colores. Pues si el Sol material así ha pintado a una nube apurando sus primores, ¿qué hará en imagen suya el Sol Increado?

Fray Joseph Antonio Plancarte

IV. Características observables de los eclipses solares

La secuencia de las propiedades observables en los eclipses solares, parciales, anulares y totales son ligeramente diferentes. En el caso particular de los eclipses totales se puede resumir esa secuencia de la forma siguiente:

A medida de que la sombra de la Luna se acerca por el oeste y efectúa el 1er. contacto con el disco solar, se marca el inicio de la parcialidad del eclipse. (Similarmente, el 4o. y último

contacto por el este indica el final de la parcialidad). Este 1er. contacto es difícilmente notable a simple vista, pues la Luna está en su fase de Luna Nueva, pero unos segundos después se empieza a notar al Sol como rebanado de la orilla oeste. Durante la siguiente hora, o algo más, se observa avanzar el disco de la sombra lunar a través del disco solar, desplegando así plenamente la fase de parcialidad del eclipse. En la Tierra, dentro de la banda de Parcialidad, la luz solar se debilita, y un cierto color amarillo limón pálido puede aparecer en el cielo hasta que los dos discos lleguen a centrarse; es decir, la calidad de la luz solar se ve diferente de la ordinaria. Cuando la magnitud del ocultamiento alcanza el 95% de la totalidad, la tenue oscuridad que se establece permite la observación de planetas tales como Mercurio, Venus, Marte y Júpiter. Debido al bloqueo del disco solar por la Luna, la energía calorífica proveniente del Sol es impedida de llegar normalmente, lo que acarrea una baja de temperatura de al menos 10C. Al ras del horizonte aparece entonces un crepúsculo que se extiende 360° a veces con colores del arcoiris sobrepuestos. Segundos después, cuando se alcanza el 97% de la totalidad, tiene lugar el 2o. contacto que marca el inicio de la centralidad entre los dos discos.

Cuando faltan uno o dos minutos para la totalidad, se observan sobre el piso unas misteriosas ondulaciones en movimiento, en forma de ban-

das alternadas de luz y sombra (dando cierto efecto estroboscópico), que se designan como "Sombras Volantes", cada una de aproximadamente 5 cm de ancho y alternadas cada 15 cm. A menudo estas sombras volantes se observan también después de la fase de totalidad, pero moviéndose en dirección opuesta a la del movimiento previo a la totalidad.

Estas sombras son manifestaciones de turbulencia en el aire, es decir, capas de la inhomogénea atmósfera superior terrestre con diferente densidad, que son empujadas por el viento mientras difractan la luz solar, dando ese espectacular efecto.

Entre 99.3% y 99.5% de totalidad, ocurre una extraña y súbita oscuridad que permite ver las estrellas más brillantes en el cielo. En julio 11 de 1991 las estrellas observables son: la Constelación de Géminis, Castor y Pollux, los gemelos y otras. Están también accesibles a simple vista estrellas como Aldebarán, Bellatrix, Betelgeuse, Procyon, Regulus, las Pleyades, Sirius, Rigel, Canopus, Capella, Mirfak, Dubhe, Alioth, Alkaid, Elmath, Can Mayor y Menor, etc., así como los planetas Venus, Mercurio, Marte y Júpiter. Los últimos segundos antes de la totalidad suele observarse un efecto aparente de aceleración del disco lunar, como una tromba que tiende a cubrir rápidamente el disco solar. Aparecen entonces los últimos destellos del Sol, en forma de puntos luminosos en el limbo, formando una

especie de collar de perlas, cuyos gránulos se distribuyen acorde a las irregularidades del borde de Selene: estos destellos tardíos, espaciados entre sí irregularmente son conocidos como Perlas de Baily, y es el resultado de la filtración de la luz fotosférica solar a través de los valles y montañas del borde lunar; estos deslumbrantes gránulos fulgurantes aparecen en el norte, sur y este del borde lunar en su avance sobre el disco solar (después de la totalidad se observan también en el borde oeste). La última perla de Baily antes de la totalidad corresponde a una depresión del borde oriental de la superficie lunar llamada "Mare Orientale", en cuyo caso la luz proveniente de la fotosfera solar se ve incrementada en intensidad, en forma fulgurante durante algunos segundos, como si fuera un diamante, efecto que se designa como "Anillo de Diamante", que indica precisamente el preludio de la totalidad.

De repente desaparece por completo la luz solar, y en su lugar queda una mancha negra, en un cielo oscuro, sin más luz que la de las estrellas y la de un halo anular de color rojizo pálido (la

cromósfera) alrededor del limbo, (Fig. 5)), rodeado a su vez de un tenue halo blanquiazul perlado que se hace cada vez más tenue con la distancia al limbo, desapareciendo más allá de 4 a 5 radios solares en el fondo oscuro del cielo: en la aparición de ese espléndido y diluido halo, se hace patente la mayor gloria observacional de un eclipse total: la Corona

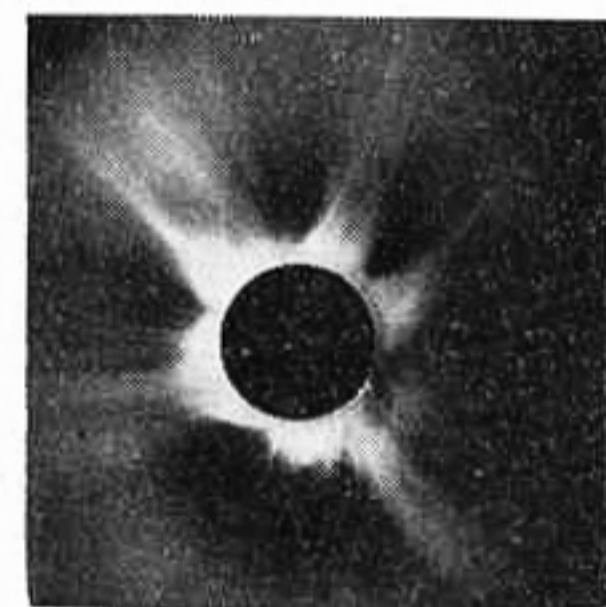
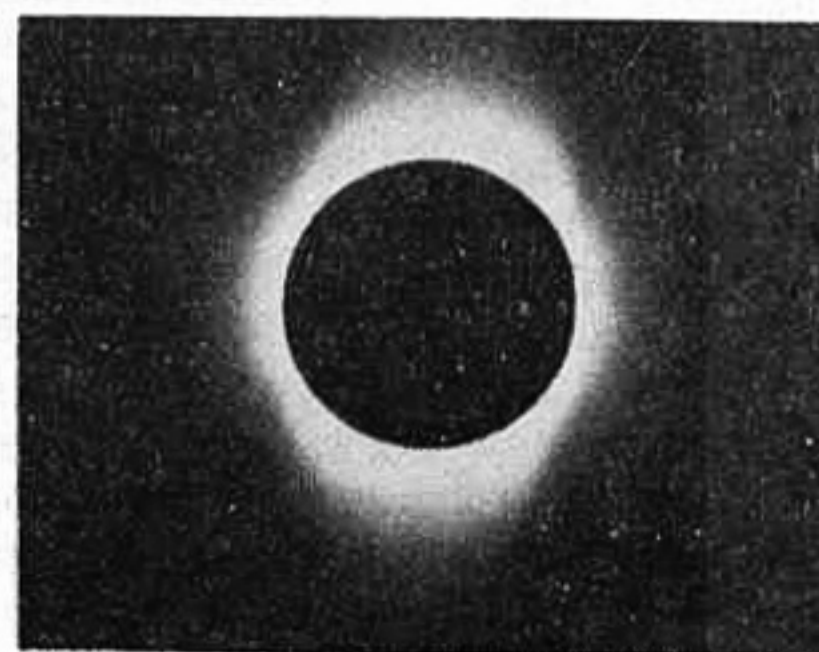


Fig. 2.- Eclipses totales de Sol cerca del mínimo de actividad magnética Solar: (a) 30 de junio de 1954. (b) 30 de junio de 1973.

del Astro Rey en todo su esplendor! La forma de ese halo coronal varía acorde al ciclo de Actividad magnética solar y depende sensiblemente de la configuración del campo magnético coronal a lo largo del cual se mueve el material ionizado que constituye la Corona Solar



(partículas cargadas eléctricamente). la corona visible presenta una forma simétrica en periodos de mínima actividad solar, tornándose asimétrica a medida de que avanza el ciclo solar hacia su máximo. (Fig. 2-4).

En esos momentos de la totalidad, la corona despliega esplendorosamente ciertas concentraciones de materia en forma de rayos, los llamados Torrentes Coronales, indicativos de la configuración momentánea del campo magnético en ese estrato de la atmósfera solar, así como también las plumas polares, indicativas de la configuración magnética que prevalece en los polos solares y que se hace visible durante el eclipse. (Fig.) A nivel del anillo rojizo pálido alrededor del limbo solar eclipsado, aparecen arcos color de rosa, indicando la presencia de protuberancias cromosféricas. A veces esas prominencias muestran movimientos muy violentos, eyectando material de la atmósfera solar en forma de lenguas incandescentes. Durante esta fase de totalidad que puede durar entre unos segundos y 7.5 min., (según el lugar de observación y la distancia Tierra-Luna), la luz cromosférica y coronal integrada es equivalente en brillo a la de la Luna llena, de tal forma que sólo en esos momentos se puede mirar directamente hacia el Sol.

Transcurrido ese efímero intervalo, aparece de repente otro deslumbrante anillo de diamante, marcando así la emergencia del Sol por detrás de la Luna, es decir, el

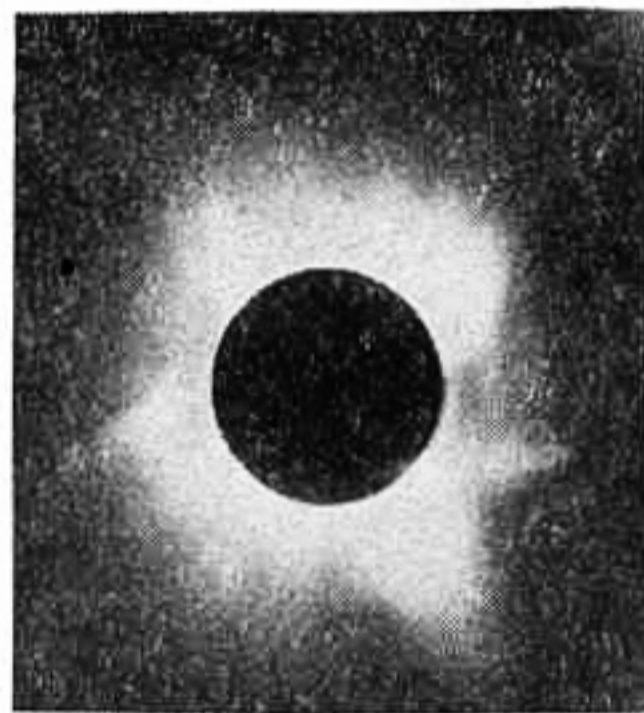
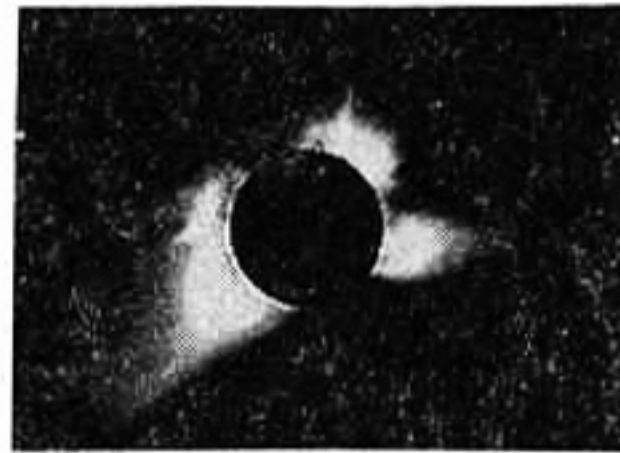


Fig. 3.- Eclipses totales de Sol en periodos de actividad magnética Solar moderada: (a) 11 de junio de 1983. (b) 12 de noviembre de 1966.

llamado 3er. contacto, indicativo del final de la totalidad. Este anillo está asociado a la depresión del borde lunar conocido como "Mare Smythii". Gradualmente desaparecen las protuberancias y el anillo de diamante, la luz solar cambia de un color plateado al amarillo (como un metal en fusión), la corona se desvanece totalmente, el eclipse parcial se hace nuevamente observable, y la luz del día y la temperatura en la Tierra gradualmente se restablecen: el grandioso espectáculo de la totalidad ha llegado a su ocaso, ese eclipse particular, de una cierta fecha, se vuelve historia y los efectos publicitarios asociados al eclipse, gradualmente se van eclipsando.

V.

El Sol, Pintor Material

Tomaba Febo su pincel florido y sobre el lienzo de una nube oscura tira líneas de nieve y grana pura que con perfiles de oro ha guardado. Lo oscuro de la nube ha parecido, al candor de la nieve, azul nevado; y como el oro y grana le ha bordado, es, sobre campo azul, Sol encendido. Logra la nube la feliz Fortuna de que Febo sus sombras le divida cuando va a sepultarse en rojo cuna. . . Si esto hace con la nube quien la olvida y es un Sol material, sin vida alguna, ¿qué hará en las almas aquel Sol de vida?

Fray Joseph Antonio Plancarte

V. Efectos de un eclipse de sol en el entorno terrestre

Es evidente que en las sociedades actuales tan estratificadas e intrínsecamente tan disímbolas en muy diversos aspectos, la gente asimila un evento natural, tal como un eclipse solar, de muy diversos modos e incluso como se dijo antes, ciertas fantasías y mitos suelen desarrollarse. Por ello es conveniente describir los efectos reales de un eclipse total de Sol sobre el entorno terrestre: en primer lugar, el rápido descenso de temperatura local causa cambios de presión, lo que induce vientos rápidos que favorecen las "sombras

volantes", e incluso a veces se forma un cierto rocío; la conductividad del aire se modifica, se altera el estado de ionización de algunas de las capas atmosféricas terrestres, produciéndose interferencia de algunas ondas de radio y modificaciones en el modo en que la radiación electromagnética solar, de diferentes longitudes de onda es absorbida por nuestra atmósfera. Se establece además una ligera modificación del esquema gravitacional de nuestro entorno, debido a la suma de las masas de los 3 cuerpos celestes, centralmente alineados, muy similar a lo que sucede cada Luna Nueva, alterando el ritmo de las mareas.

La disminución repentina de la luminosidad ambiental, produciendo un anochecer artificial, causa que muchas plantas que normalmente se cierran antes de la puesta del Sol, se cierran al aparecer la obscuridad, y se abran como en un nuevo día cuando la luminosidad normal es restaurada. Una respuesta similar al eclipse se observa en el reino animal: las palomas vuelven a su pichonero, los murciélagos, búhos, vampiros, lechuzas, tecolotes, etc., salen de sus escondrijos, los gallos suelen cantar, algunos perros aúllan, los animales de trabajo en el campo inician el regreso muy confusos hacia sus corrales y establos, los pájaros cesan de trinar y los pájaros en vuelo pierden parcialmente el sentido de la orientación, sufriendo algunos caídas en pleno vuelo. aparentemente sólo las hormigas no

muestran perturbación alguna por el eclipse solar.

Se observan también cambios en el comportamiento de algunas plantas, como las algas, el tamarindo, la mimosa y otras, así como en insectos tales como los ortópteros e himenópteros (langostas, abejas) largartijas, etc., en los que algunas funciones biológicas, tales como la fotosíntesis y secreciones hormonales son afectadas durante el eclipse solar.

VI.

Sol de Monterrey

Yo no conocí en mi infancia
sombra, sino resolana.
Cada ventana era Sol
cada cuarto era ventanas
Todo el cielo era de añil
toda la casa, de oro
¡Cuánto Sol se me metía
por ojos!
Saltaban de patio en patio
se revolcaba en mi alcoba
aun creo que algunas veces
lo espantaban con la escoba.
Y la mañana siguiente
ya estaba otra vez conmigo.
No cabe duda: de niño
a mí me seguía el Sol.
Andaba detrás de mí
como perrito faldero.
El fuego de mayo
me armó caballero:
Yo era el Niño Andante
y el Sol, mi escudero,
despeinado y dulce
claro y amarillo
ese Sol con sueño
que sigue a los niños.

Alfonso Reyes

VI. El eclipse total del Sol del 11 de julio de 1991

Aunque el eclipse total de Sol del jueves 11 de julio de 1991, no es un evento tan raro como el eclipse anular-total del 30 de marzo de 1984, en el sentido que de esos últimos, sólo habrán ocurrido 15 de ellos en el siglo XX, y no se verá otro en México en cientos de años, en tanto que el eclipse total habrá ocurrido 72 veces en el curso del siglo, cuatro de ellos visibles en México, esperándose otro el 8 de abril del año 2024 (y de la misma familia de Saros, el 13 de junio del año 2132). Sin embargo el eclipse de julio de 1991 es para los científicos un eclipse verdaderamente excepcional, por su larga duración en la fase de totalidad, de 6 min. 58 seg. (cercano al máximo teórico de 7.5 min.) sensiblemente parecido en duración a los del 8 de junio de 1937, 20 de junio de 1955, 30 de junio de 1973. Esta totalidad tan prolongada se explica por la relación de diámetros aparentes entre los dos astros: 15 min. 43.9 seg. para el Sol y 16 min. 41.2 seg. para la Luna, ambos con una Ascensión Recta de 7 hrs. 22 min. 279 seg. y con una declinación del Sol de 22 grados 5 min. 48.50 seg. y declinación lunar de 22 grados, 5 min. 32.75 seg. La Luna estará en Perigeo y la Tierra cercana a su Afelio.

En término de la hora central de México (y no de la hora universal como suele describirse), el eclipse tiene su inicio 200 km al sureste de Hawaii a las 11 hrs. aproximadamente. El Umbral se dirige hacia México a través del Océano Pacífico entrando por el sur de Baja



Fig. 4.- Eclipses totales de Sol en periodos de Máxima Actividad magnética Solar: (a) junio 8 de 1937. (b) 16 de febrero de 1980. (c) marzo 7 de 1970 (visto en territorio mexicano).

California, iniciándose el eclipse parcial en la Paz a las 11 hrs. 23 min. 11 seg., e iniciando ahí la totalidad, a las 12 hrs. 47.5 min., con una duración de 6.4 min. La trayectoria longitudinal del umbral se desplaza longitudinalmente por los estados de Nayarit, Sinaloa, Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, Michoacán, Querétaro, Edo. de México, llegando al D.F. a las 11 hrs. 54 min., iniciando la totalidad a las 13 hrs. 21 min., con duración de 6.6 min., terminando a las 13 hrs. 27.5 min., la totalidad, y a las 14 hrs. 47.6 min., la par-

cialidad en el área metropolitana. De la capital se dirige hacia Guerrero, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Oaxaca para terminar en Chiapas la totalidad a las 13 hrs. 32.4 min. y abandonar el país a las 14 hrs. 51.8 min., dirigiéndose el umbral hacia América Central, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Brasil, en donde desaparece el umbral 5.5 hrs. después de su inicio en el Océano Pacífico.

Así pues, en México, los lugares más poblados del país habrán podido observar el eclipse total, lo que significa aproximadamente 60% de la población, en tanto que la zona de Penumbra, es un cono tan amplio que habrá permitido ver el eclipse parcial en los Estados Unidos, parte de Canadá y prácticamente toda Sudamérica, exceptuando el Sur de Chile y Argentina. La banda de totalidad en México es de un ancho promedio de 260 km. y la totalidad se habrá prolongado en nuestro territorio aproximadamente por 55.5 min., en tanto que la duración total del eclipse en México de 3 hrs. 36 min. En 9 estados de la República la duración del eclipse total es mayor a 6 min. y en otros 14 estados la totalidad dura más de 3 min. En virtud de que la longitud aproximada de la banda de totalidad es de cerca de 15,000 km. y la duración del eclipse total es de cerca de 5 hrs., se estima que su velocidad de desplazamiento es del orden de 2700 km/h.

Cabe enfatizar nuevamente, que sólo la efímera etapa de la totalidad puede ser observada a simple vista, pero no así la fase de parcialidad antes y después de la totalidad. Hay que recordar que el astrónomo Galileo Galilei sufrió severas consecuencias oculares por observar el Sol con protección inadecuada. Al respecto se recomienda para observar directamente al Sol, el utilizar los vidrios de soldador con número de sombra de al menos 14, o bien, rollo de película en blanco y negro, velado y muy bien revelado (con menos de 10 min), formando varias capas de él y protegidos con plásticos color ámbar, o con láminas del poliéster de alta densidad, metalizado, tipo Mylar. Para fotografiar el eclipse se recomienda usar filtros de Hidrógeno (H α) que dejan pasar únicamente la longitud de onda de 6563 amgstrons. Para la selección de las películas, sensibilidades y tiempos de exposición, existen un buen número de publicaciones de divulgación astronómica, en las que se ofrecen sugerencias con el detalle necesario. Entre esas revistas para astrónomos amateurs, cabe mencionar la que edita la Sociedad Astronómica de México, A.C.

Finalmente, cabe enfatizar que definitivamente lo mejor es observar el eclipse por métodos indirectos, ya sea a través de la televisión, o, por los diferentes métodos de proyección en el suelo, la pared, un espejo, etc.

VII.

Retrato del Sol en los Estanques

¿Viste en la estancia de la hermosa Flora?

Un campo de cristal, lago de plata, en donde el Sol tan vivo se retrata que con todas sus luces allí mora. ¿No has advertido como allí la Aurora

viste todo su espacio de escarlata, cuando el céfiro blanco se desata, y entre apacible risa perlas llora? Pues si en el agua tan tranquila y pura,

se pinta un cielo alegre y refulgente que del Alto es bellísima figura, ¿qué hará el Sol, o la Aurora, más luciente, cuando su hermosura en alma pura retratar intente?

Fray Joseph Antonio Plancarte

VII. Interés científico de los eclipses totales de Sol en la actualidad

Con relación a los eclipses solares han sido escritos un cierto número de artículos muy ilustrativos, en idioma castellano, principalmente en relación al eclipse total de 1970 y el eclipse anular de 1984. La mayoría de estas publicaciones se orientan a explicar la dinámica misma del fenómeno de ocultación, coordenadas geográficas, fechas y horarios de la trayectoria de la umbra sobre la superficie de nuestro planeta, a describir todos esos aspectos tan espectaculares asociados al fenómeno (anillo de diamantes, perlas de Bailey, contactos, etc.) así como las consecuencias psicológicas sobre algunos sectores de la población, conocimientos



Fig. 5.- La cromósfera o "esfera de color" es como una arista color de rosa, debido a las emisiones del hidrógeno local en la llamada línea de emisión H α . La protuberancia en el centro del arco rosado es una prominencia solar (fenómeno típico cromosférico). El halo color azul alrededor de la Luna es la corona interna solar.

que en general ya se manejan desde la remota antigüedad. Sin embargo, escasamente se han abordado las razones por las que actualmente los científicos, particularmente los físicos solares, otorgan una importancia fundamental al estudio de los eclipses solares totales.

Anteriormente a la era espacial, muchos logros científicos en física solar, geofísica, astrofísica aero-nómica y meteorología fueron alcanzados en asociación a eclipses solares totales.

Por ejemplo, en un eclipse total de 1842 se puso en evidencia que las prominencias solares son estructuras de la atmósfera del Sol y no un fenómeno atmosférico en la Tierra. En el eclipse del 18 de agosto de 1868 en la India, el astrofísico francés J. Janssen observó en el espectro de emisión de las

prominencias, la línea amarilla característica del Helio neutro, elemento que fue descubierto en la tierra hasta 1868 por el químico W. Ramsay. Ahí mismo, en el eclipse del 12 de diciembre de 1871, Janssen descubrió las líneas de Fraunhofer (de absorción de radiación) del Sodio (Na) en el espectro Coronal, y Evershad obtuvo el primer espectro ultravioleta de la cromósfera y las prominencias. La causa del ensanchamiento de las líneas de Fraunhofer fue puesta en evidencia por Janssen, atribuyéndolo a la dispersión de las líneas de absorción fotosféricas por partículas a nivel coronal. La línea verde de emisión de longitud de onda = 5303 amgstroms fue descubierta en un eclipse de 1869, pero no fue identificada hasta 1941 cuando W. Grotrian demostró que se trata de emisiones provenientes de átomos de Hierro y Calcio altamente ionizados (FeX, FeXIV, CaXV), lo que condujo a determinar que la temperatura de la Corona solar está por arriba del millón de grados. En los espectros obtenidos por C. Young en el eclipse de 1870 se observó líneas altamente excitadas, lo que condujo a inferir que no se trataba de líneas de origen fotosférico que sufrían dispersión por partículas, sino cromosféricas, infiriéndose así que la temperatura de la cromósfera es superior a la de la fotosfera. Otros resultados relevantes en ocasión de eclipses totales han sido: la determinación de la estratificación de la Corona en tres capas, K, E y F; la corroboración de la Teoría de la Relatividad Especial de

Einstein, con medidas cada vez más refinadas de la desviación de la luz estelar en el campo gravitacional del Sol; el descartar la presencia de un supuesto planeta entre mercurio y el Sol; el medir la tasa de desaceleración de la rotación axial de la Tierra y de la aceleración secular de la Luna. El análisis de datos de eclipses históricos demuestra que el tiempo y localización de los eclipses en la antigüedad no son totalmente consistentes con el actual movimiento de la Luna y de la rotación terrestre. Ello sirvió para evidenciar posteriormente que el efecto de mareas por la interacción gravitacional entre la Tierra y su satélite se traduce en un alejamiento entre ellos a razón de 4 cm por año, en tanto que el período de rotación de la Tierra se incrementa lentamente (el día se está alargando) a razón de 0.002 seg. por siglo.

En realidad, los logros más importantes alcanzados con los eclipses residen en que la mayor parte de nuestro conocimiento acerca de la estructura de las diferentes capas de la atmósfera solar superior y la fenomenología que tiene ahí lugar, provienen de la información recolectada durante los eclipses; cuyo total no excede a un lapso de una hora de recolección de información: algunos minutos en un evento, otros minutos más en otro evento. . . en el curso de un siglo, aproximadamente.

Surge entonces la pregunta ¿cuál es en el presente el interés científico de los eclipses solares, para el físico

solar, cuando estamos viviendo la nueva era espacial, si en realidad la combinación de técnicas radio-astronómicas de alta resolución con experimentos en naves espaciales, como el Skylab, transportando coronógrafos, espectroheliografos y espectroheliografos. Han sido extremadamente útiles para la observación continua, sinóptica, de los detalles cotidianos de la corona solar?

Al efecto, para el amateur, la observación de los anillos de diamantes (Fig. 1), las perlas de Bailey (Fig. 2), las sombras volantes, los diferentes contactos, serán siempre un espectáculo fascinante. Para algunos científicos el interés reside en las reacciones biológicas de plantas y animales, para otros más en experimentos repetitivos para refinar resultados ya conocidos; pero, para el verdadero trabajo de frontera ¿qué interés tiene si el físico solar puede producir eclipses solares a voluntad con los coronógrafos? la respuesta a estas preguntas es que, siendo el Sol una estrella de magnitud absoluta + 4.8, o sea, de magnitud aparente - 26.7 (en la clasificación astronómica), su brillo fotosférico (superficial) es 398,000 veces más luminoso que la Luna, 300 veces más que la Corona Solar interna y diez millones de veces más intenso que el brillo de la tenue y diluida Corona externa. Así pues cuando el Sol está eclipsado al 99%, su brillo es casi igual al de 4000 lunas llenas, lo que impide que en un eclipse anular normal se pueda estudiar la Corona, de tal suerte que el eclipse total es una

verdadera panacea para el físico solar. Aun usando un coronógrafo, existe una ventaja neta de los eclipses naturales sobre los artificiales: con el bloqueo artificial de la luz solar, producido con un coronógrafo, el brillo del cielo alrededor del limbo puede disminuir sólo a una millonésima de la brillantez del disco aproximadamente, tal que en el mejor de los casos solamente la brillante corona interna, hasta 1 radio solar, puede ser observada; en tanto que cuando la Luna bloquea la luz solar, la brillantez del cielo cerca del limbo cae a niveles tan bajos como una billonésima del disco solar, o incluso niveles menores, y uno puede entonces observar los tenues detalles de las estructuras coronales hasta una extensión de 4 a 5 radios solares.

Dado que misiones espaciales, como la "Sonda Estelar Ulises" que penetra la atmósfera solar a distancias del orden de 1.3 - 6 radios solares para tomar datos in situ, no son acontecimientos que puedan ser financiados con mucha frecuencia y por muchos países, y en tanto que los eclipses solares totales ocurren con una frecuencia promedio de 72 por siglo, entonces, los eclipses siguen siendo la fuente primaria de datos para investigaciones cuantitativas, que involucren estudios fotométricos del continuo, intensidad y perfiles de las líneas espectrales de emisión —que son esenciales para estudiar variaciones espaciales de temperatura y densidad electrónica, estructuras de campo magnético, polarización,

etcétera.

Es interesante recordar que la luz visible está constituida de un continuo de colores, tales como violeta, índigo, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo; este continuo es llamado comúnmente luz blanca, y de hecho el color blanco que toma la corona proviene de la luz visible, fotosférica, que ha sido dispersada por los electrones libres en la corona, sin cambiar su color (la dispersión deflecta los fotones pero no modifica su longitud de onda). Superpuesto a este continuo hay cientos de líneas oscuras, las llamadas Líneas de Fraunhofer. Cada línea representa la rúbrica del estado atómico de un cierto elemento presente en la atmósfera solar y proporciona información acerca de su estado de ionización. La intensidad y ancho de estas líneas revelan la temperatura y densidad de los elementos, la posición y polarización de las líneas dan información acerca de las intensidades de campo magnético y movimientos de masa. Sin embargo, puesto que las observaciones coronales durante un eclipse están severamente restringidas en tiempo, no se obtiene información acerca de los cambios dinámicos que tienen lugar; no obstante, debido a las elevadas temperaturas, la corona es como un laboratorio de física de plasmas, donde una gran cantidad de información, referente a las interacciones de partículas de muy alta energía con la materia y los campos magnéticos, puede ser inferida durante los efímeros lapsos de

observación de un eclipse. En concreto, para estudios de la cromósfera y corona en un perímetro inferior a 5 radios solares, la mejor opción siguen siendo los eclipses solares naturales.

En lo concerniente a los estudios sobre los efectos de los eclipses solares en la atmósfera terrestre, éstos están básicamente dirigidos hacia el entendimiento de la variación en la absorción de la radiación (UV y rayos X principalmente) y de la química local, a medida que la luz del sol se oscurece gradualmente.

La atmósfera se extiende varios miles de kilómetros en el espacio. A grosso modo la región ionizada de la atmósfera, la ionósfera, se extiende por arriba de 60 km., en tanto que por abajo de esta altitud se encuentra la atmósfera no ionizada, aunque cierta cantidad de iones positivos y negativos ($10^3/\text{cm}^3$) están presentes. Además, durante todo tipo de disturbio de origen solar, un gran número de electrones son generados en estas capas interiores, de tal suerte que, de manera global, la atmósfera entera puede considerarse como una mezcla de electrones, iones y partículas neutras, en proporciones que varían acordes a las diferentes altitudes. Muchas de estas partículas neutras son el resultado de reacciones químicas complejas; los electrones, iones y muchas de esas moléculas son primariamente producidas por la interacción de la radiación solar con la atmósfera.

El principal interés durante los eclipses solares es el de monitorear la manera en que reaccionan las diferentes capas de la atmósfera superior, conforme se oscurece el Sol, así como el entender la naturaleza de la radiación responsable de la conformación de las diferentes capas ionosféricas. Se hizo evidente, desde el eclipse del 31 de agosto de 1932, que los eclipses tienen siempre un efecto más marcado sobre las capas D y E de la ionósfera. Así también se ha hecho patente un fenómeno inesperado: la "función eclipse" (el cociente del flujo solar instantáneo, a una longitud de onda dada, con respecto a su valor no eclipsado) no varía como se esperaba, de tomar el valor de la unidad en el primero y cuarto contacto y cero en el segundo y tercer contacto. En otros términos, aun cuando el disco visible está completamente cubierto, un (10-15%) de la radiación ionizante está presente, indicando que parte de esa radiación ionizante proviene de fuera del disco solar. Así, también, la ionización irregular y sus efectos sobre las capas D y E durante la fase parcial del eclipse indican que la radiación ionizante no proviene de manera uniforme del disco solar, y que existen dominios de frecuencia en que esas radiaciones se concentran.

Durante una campaña de sondeos por cohetes llevada a cabo en tres eclipses —el 20 de mayo de 1966 (Grecia); 12 de noviembre de 1966 (Brasil) y 7 de marzo de 1970 (Islas Galápagos)— se puso

en evidencia que la concentración electrónica decrecía drásticamente a todas altitudes, en tanto que el decrecimiento de la concentración de iones positivos no era tan marcada. Las capas superiores de la atmósfera fueron estudiadas mediante señales de muy alta frecuencia por satélites geostacionarios: como las radioondas atraviesan toda la ionosfera, los efectos observados son integrales. Se observa que la relación electrónica toma unos cuantos minutos después del eclipse, a la altura de 80 km, mientras que en la capa F, a una altura de 300 km, se prolonga un par de horas. La temperatura electrónica sufre también un decrecimiento correspondiente, en tanto que la densidad y temperatura molecular de la atmósfera no sufre cambios perceptibles en el lapso de un eclipse (Fig.). Otro efecto interesante a estudiar consiste en que la umbra solar viaja a velocidad supersónica a través de la atmósfera baja, a razón de 2600 km/h en el Ecuador, hasta 3 020 km/h en latitudes superiores. Esto debe causar que el gas atómico atmosférico emita ondas de gravedad internas, a manera de formar una onda-arqueada cerca de la umbra. Tales ondas han sido aparentemente detectadas en los eclipses recientes, aunque existe aún una gran controversia al respecto.

Una gran parte de los experimentos atmosféricos durante los eclipses están dirigidos a profundizar en el conocimiento de los procesos químicos que in-

volucran el Ozono en la estratósfera, que es la capa de la atmósfera de la Tierra en que el Ozono alcanza su mayor concentración. Se pretende estudiar los procesos que determinan posibles cambios en la concentración del Ozono y otros constituyentes menores, lo que ocurre con cierta frecuencia, como ocurrió durante la fulguración solar de agosto de 1972, ya que ello permite entender algunas intercorrelaciones climáticas y estudiar los incrementos de radiación ultravioleta, alrededor de $3\ 000 \text{ \AA}$, para inferir efectos relacionados con los riesgos de cáncer en la piel. Otros experimentos conciernen al entendimiento del circuito eléctrico global atmosférico, que depende sensiblemente de la concentración iónica estratosférica; se estudia como cambia esa concentración iónica en el curso de un eclipse. En fin, estas medidas, aunque de carácter efímero, son de gran utilidad como elementos de información, dentro del marco de los modelos que intentan describir la dinámica de la físico-química de la atmósfera y sus intercorrelaciones con la magnetósfera y el clima terrestre.

Es evidente que lo descrito en relación a la incidencia del estudio de los eclipses solares en la física coronal y en la física de la atmósfera terrestre es únicamente de carácter ilustrativo, y que en realidad hay muchísimos más problemas de la física solar y la física de nuestra atmósfera en que los eclipses proporcionan una ayuda excep-

cional. La idea esencial de esto es exponer un muestreo característico, aunque reducido, del interés de los científicos en organizar expediciones, a veces muy costosas, con fines obviamente muy diferentes a la observación del aspecto espectacular del fenómeno, tan conocido y estimado por los amateurs de la astronomía.

A la ocasión del eclipse del 11 de julio de 1991, científicos de la Unión Soviética, Estados Unidos, Japón, Francia y otros países, se darán cita en México para estudiar el Sol durante unos pocos minutos, o incluso sólo obtengan datos durante unos cuantos segundos. En virtud de que el Sol se encuentra a mediados de 1991 en plena fase de actividad solar, se espera poder estudiar algunos de los fenómenos cromosféricos y coronales más típicos de la Actividad Magnética Solar. Se planea particularmente el estudio de esos fenómenos en ondas de radio, que son características de esos fenómenos impulsivos. También se llevarán a cabo estudios de Heliosismología para sondear el interior del Sol, inaccesible a ser observado directamente y así a partir de las vibraciones intrínsecas del astro que se propagan hacia su superficie, poder inferir con mayor precisión acerca de las condiciones que prevalecen en el núcleo (donde se genera nuclearmente toda la energía solar), y las capas internas llamadas zona radiactiva y convectiva. Al estar la cromósfera solar, se podrán obtener espectros de radiación emitidas desde ese

sustrato y de cuyas líneas, algunas podrán proporcionar información valiosa acerca de esas "ondas sísmicas" portadoras de los secretos del interior del Astro Rey. Otros estudios estarán dirigidos a estudiar los procesos de formación del polvo interestelar, cuyo origen se sitúa en la vecindad de los envolventes estelares. Astrofísicos Solares desde el Hawaii hasta el Brasil, estarán realizando observaciones a nivel terrestre, en globos extratósfericos, cohetes y aviones supersónicos. El eclipse será efímero, pero cualquier eventual descubrimiento quedará para siempre en el acervo del conocimiento del hombre



BESOS ASINTOTICOS

Miguel Z. Cházaro

*"¡Las rectas paralelas en el infinito ha de encontrarse!
Así Euclides, repetidamente, apasionadamente, lo exigía.
Hasta que murió, y arribó a tal vecindario, y en él descubrió...
¡Que las muy condenadas divergían!*

Piet Hein, Grooms VI

Habrá quien no lo recuerde o

nunca lo haya sabido: una línea (curva necesariamente) es asintótica de otra (recta o curva también), cuando guardan entre sí una curiosa relación: por más que se prolonguen nunca se tocarán; pueden acercarse una a la otra tanto como se imagine o se quiera, sin embargo, nunca podrán tocarse. Quizás eso ocurra en el infinito matemático, pero ya para el caso, llegar así, al infinito, no tiene gracia. O ¿la tendrá?

El beso asintótico es, pues, ése que encierra el deseo inmenso de darse, lo cual nunca ocurre. ¿Cuántas veces dos personas que por alguna razón no deben besarse viven intensamente el deseo de hacerlo? ¿Por consideraciones de una moral? ¿Por temor de confesárselo? ¿Por razón de pensar que si se externa el deseo éste puede ser rechazado, lo que acabaría con el embrujo que se vive?, o, en el más extraño de los casos, ¿por que el beso le de fin al freno exquisito de desearlo? En fin. . .

Esos besos asintóticos los hemos vivido todos los humanos. Los jóvenes, los viejos, las Lolitas, los Chèris, los don Juanes, Marcelo con Niní, el mayordomo con la amita, el maestro con su alumna preferida; los casos son tantos como la infinitud del "asintotismo". Cada quien vive, o ha vivido, su beso asintótico. Quizó algo de muy variada naturaleza haya roto, para bien o para mal, su tan sugestiva "asintocidad", lo que no significa que con ella se haya alcanzado el infinito, sino un instante asaz finito y encantador.

