

REVISTA ASTRONÓMICA

ORGANO MENSUAL DE LOS
"AMIGOS DE LA ASTRONOMIA"

DIRECTOR:

CARLOS CARDALDA

BUENOS AIRES

SUMARIO

La Refracción Astronómica, *por Ismael Gajardo Reyes.*

Los eclipses de Luna, *por Abate Th. Moreux.*

La Tierra, *por S. Newcomb y R. Engelmann.*

Construcción de un pié ecuatorial sencillo,
por Ulises Bergara.

Lista de estrellas cercanas, *por P. van de Kamp. (Traducido por C. C.)*

Meteorología: Objeto de la meteorología - La red de observaciones meteorológicas, *por W. Trabert.*

Noticiario astronómico: Mapa del cielo - Cometa Schwassmann - Wachmann - Notas sísmicas.

Biblioteca, donaciones.

Noticias: Reunión de socios - Visita nocturna al observatorio de La Plata.

Comisión Directiva.

Nómina de socios.

SALA DE LA WAGNERIANA

FLORIDA 940

BUENOS AIRES

LA REFRACCION ASTRONOMICA

“No existe quizás ninguna otra rama de la Astronomía en que se haya escrito tanto como en ésta (la Refracción) y que se encuentra aún en condiciones tan poco satisfactorias”.

(Palabras estampadas veinticinco años atrás por Newcomb, como Escolio a su propio trabajo sobre la teoría de la Refracción).

El rayo de luz que llega desde un cuerpo celeste al ojo del observador, sigue en el vacío un camino rectilíneo; pero al atravesar las diversas capas de aire, de densidades diferentes, sufre una serie de desviaciones que dependen del ángulo de incidencia y de la densidad y poder refringente de las capas sucesivas que encuentra en su camino.

Es posible que exista también una *Refracción Cósmica*, producida por enormes masas gaseosas diseminadas en el espacio o por capas heterogéneas de polvo cósmico, como cree von Seeliger; pero por ahora dejaremos esto afuera de nuestro campo de investigación.

La Atmósfera puede considerarse como compuesta de capas esféricas concéntricas a la superficie terrestre y de espesor muy pequeño; y, puesto que el aire es un cuerpo *pesado y compresible*, la densidad de dichas capas irá aumentando de arriba a abajo en razón de las presiones que las inferiores experimentan por el peso de las superiores.

Al pasar, entonces, un rayo de una capa a otra, sufre una desviación infinitesimal, y la suma de todas esas desviaciones da su desviación total.

El efecto de esa desviación producida por la refracción, es que los astros aparezcan más arriba de donde realmente están; por lo que es preciso *agregar su valor a la distancia cenital aparente para tener la verdadera*. En eso consiste la *corrección por refracción*.

De estas consideraciones se deduce:

1º — Que la trayectoria de un rayo luminoso que viene del vacío y atraviesa la Atmósfera, es una curva cóncava hacia abajo;

2º — Que toda ella está contenida en el plano de su dirección primera y la vertical del observador, es decir, en *el plano vertical del astro*.

La tangente $O P'$ (Fig. 21) a la trayectoria luminosa en el punto O , que ocupa el ojo del observador, marca la dirección en que éste ve el astro P ; hay, pues, que distinguir entre la *posición verdadera* P del astro (aquella en que se le vería si la luz se propa-

gara rectilíneamente en la Atmósfera y en la misma dirección que viene del vacío) y la *posición aparente* P' del mismo.

Refracción Astronómica es, pues, el ángulo R formado en el ojo del observador por dos rectas OP y OP' dirigidas, una a la posición verdadera y otra a la posición aparente de un mismo astro en un momento determinado.

Considerando el pequeño espesor de la Atmósfera pueden tomarse como rectas paralelas las PI y PO .

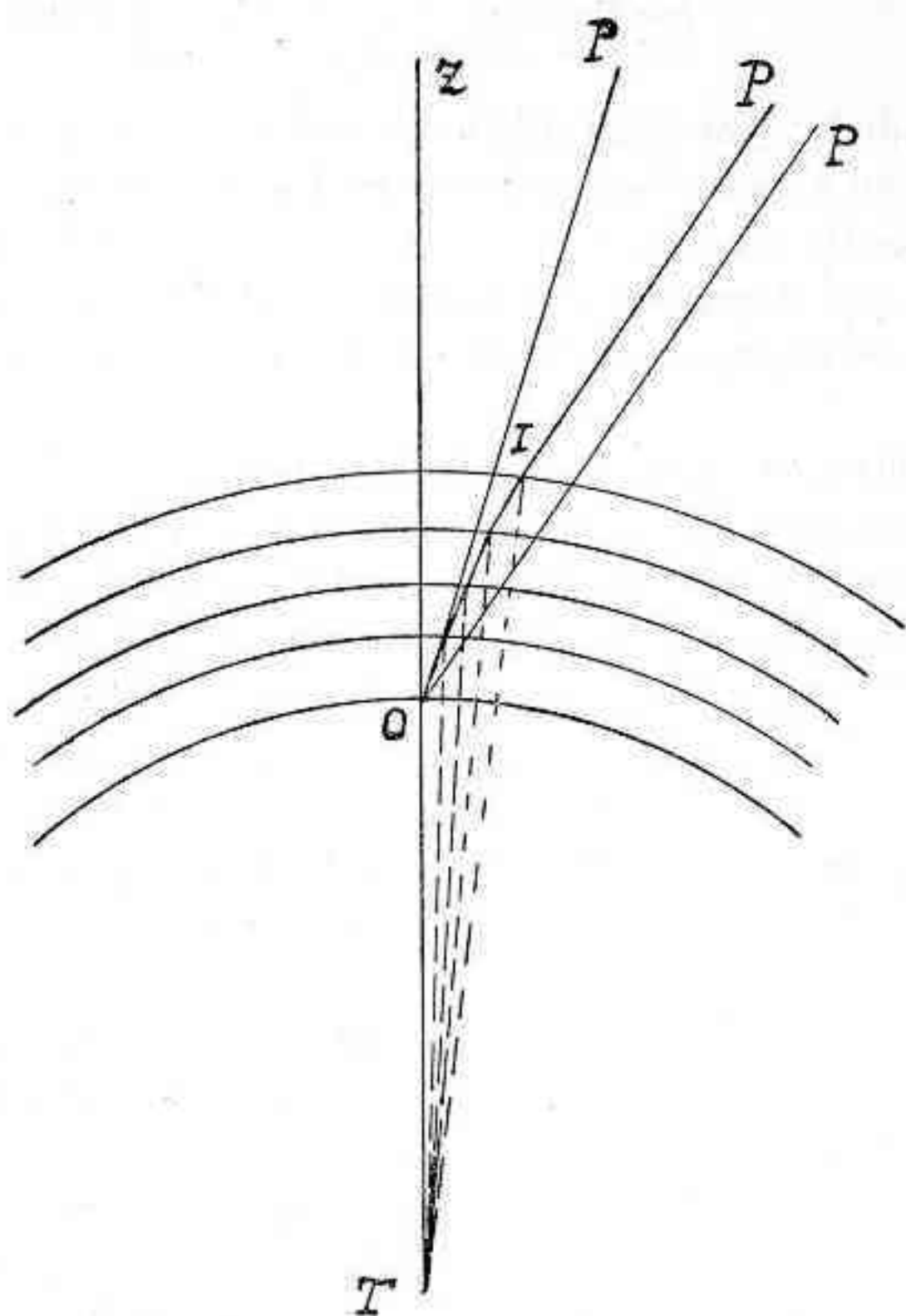


Figura 21

El valor de la *Refracción Astronómica* depende en primer lugar de la distancia cenital del astro. Cuanto mayor es esta distancia mayor es el ángulo de incidencia, y, por consiguiente, mayor es la Refracción: en el cenit la Refracción es nula; ella aumenta a medida que la distancia aumenta.

A primera vista, parece muy sencillo el cálculo del ángulo R . Sin embargo, para calcularlo exactamente, sería necesario conocer la constitución de la Atmósfera, o, a lo menos, la sucesión de los índices de refracción de las capas que atraviesa el rayo luminoso bajo incidencias variadas.

El índice de refracción de cada una de ellas varía desde la superficie libre de la Atmósfera, donde se reduce al valor 1, lo mismo que en el vacío, hasta la capa donde está el observador, en que es de 1,000294, a lo menos para la temperatura de 0°C y la presión de 760 mm.

Vamos, pues, a dar una idea de la manera cómo puede calcularse, lo mejor posible, esa *corrección por refracción*, y también de los progresos que se han hecho en este sentido, desde el lamentado fallecimiento del gran Astrónomo Newcomb hasta nuestros días.

Desde luego, es muy fácil deducir la fórmula de la refracción para distancias cenitales pequeñas, pues, en este caso se puede prescindir de la curvatura de las capas, y el desarrollo matemático es sencillo y hasta elegante.

En efecto, por la bien conocida ley de la refracción se tiene:

$$\begin{aligned} \text{sen } Z_1 & : \text{sen } Z_0 = \mu_0 : \mu_1 \\ \text{sen } Z_2 & : \text{sen } Z_1 = \mu_1 : \mu_2 \\ & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \text{sen } Z_n & : \text{sen } Z_{n-1} = \mu_{n-1} : \mu_n \end{aligned}$$

Multiplicando estas ecuaciones entre sí y eliminando factores iguales en ambos miembros, nos queda:

$$\text{sen } Z_0 : \text{sen } Z_n = \mu_n : \mu_0 \tag{1}$$

En esta fórmula:

Z_0 es la distancia cenital verdadera;

Z_n es la distancia cenital aparente;

μ_0 el índice de refracción en el límite de la Atmósfera, y su valor es, como dijimos, igual a la unidad;

μ_n el índice de refracción en la capa donde está el observador.

Por consiguiente, al suponer que las capas de aire sean planas y paralelas al suelo, resulta una fórmula que sólo considera los índices de refracción de las capas extremas y no toma en cuenta los de las capas intermedias, o, en otras palabras, que el valor de la Refracción es independiente de la constitución de la Atmósfera.

De (1), se deduce

$$\text{sen } Z_0 = \mu_n : \text{sen } Z_n \tag{2}$$

Ahora, llamando R a la refracción total, tenemos:

$$Z_0 = Z_n + R$$

Introduciendo este valor en (2) y desarrollando $\sin (Z_n + R)$ resulta:

$$\sin (Z_n + R) = \sin Z_n + R \sin 1'' \cos Z_n \quad (3)$$

(puesto que $\cos R$ es casi la unidad y $\sin R = R \sin 1''$, por ser R un ángulo muy pequeño).

Ahora, igualando (2) y (3), se tiene:

$$\sin Z_n + R \sin 1'' \cos Z_n = \mu_n \sin Z_n$$

de donde:

$$R = \frac{1}{\sin 1''} \frac{(\mu_n - 1) \sin Z_n}{\cos Z_n}$$

Y finalmente:

$$R = \frac{(\mu_n - 1)}{\sin 1''} \tan Z_n$$

Es costumbre también abreviar esta fórmula, poniendo

$$\frac{(\mu_n - 1)}{\sin 1''} = a.$$

Así queda:

$$R = a. \tan z \quad (4)$$

Tenemos así, este importante teorema:

“Para distancias cenitales pequeñas, la refracción es proporcional a la tangente de la distancia cenital aparente.”

La teoría matemática de la Refracción es muy complicada, y de ella se han ocupado los más célebres astrónomos y matemáticos de los siglos XVIII, XIX y XX.

Bradley, Laplace, Bessel, Ivory son nombres que se encuentran asociados con las primeras investigaciones en este campo de la Astronomía, y a ellos se deben las primeras *Tablas de Refracción*, para distancias cenitales moderadas, y en las que se contemplan las variables condiciones meteorológicas que perturban las capas atmosféricas.

No pretendo entrar de lleno en esos trabajos, que exigen un uso muy amplio del Análisis Infinitesimal.

Mis propósitos son más modestos. Deseo únicamente indicar, a grandes rasgos, la senda que han seguido esos maestros, para ahorrarle así a los lectores de la *“Revista Astronómica”* argentina el estudio y consulta de numerosas obras, que a veces cuesta trabajo encontrarlas o adquirirlas.

Con el auxilio de leyes físicas bien conocidas, es fácil establecer la *ecuación diferencial de la Refracción*, cuya forma más generalizada es la siguiente:

$$d R = \frac{d \mu}{\mu} \frac{\text{sen } Z}{\sqrt{\frac{\mu^2 r^2}{\mu_1^2 a^2} - \text{sen}^2 Z}} \quad (5)$$

Esta es una ecuación rigurosa que, al ser integrada con respecto a la variable μ desde el límite superior de la Atmósfera hasta la capa donde está el observador, o a la inversa, nos da la Refracción total.

En ella:

- μ es el índice de refracción en el límite superior de la Atmósfera;
- μ_1 es el índice de refracción en la capa donde está el observador;
- a el radio de curvatura del geoide en el punto de la observación;
- r el radio de curvatura de la capa superior de la Atmósfera; y
- Z la distancia cenital aparente del astro.

Otra ecuación diferencial, que desempeña también un papel muy importante en la teoría, es ésta:

$$\frac{d \rho}{d h} = - \frac{\rho}{\tau} \left\{ \frac{g}{\gamma} + \frac{d \tau}{d h} \right\} \quad (6)$$

Esta es la ecuación fundamental que nos da la variación de la densidad con el cambio en la altura.

En ella:

- ρ es la densidad del aire en cualquiera altura;
- g la razón de la intensidad de la gravedad en cualquier punto con respecto a la gravedad en la superficie;
- h la altura sobre la superficie en medida lineal;
- τ la temperatura del aire en grados centígrados sobre el cero absoluto; y
- γ una constante, que depende de la elasticidad del aire a *cierta temperatura y densidad*, y cuyo valor, igual a 29,429 metros, se obtiene fácilmente por el método que se expone a continuación.

Hay una ley de física que se enuncia así:

“*La presión por unidad de superficie debida a la elasticidad del aire es proporcional al producto de la densidad del aire por su temperatura absoluta.*”

Esta ley se expresa por medio de la siguiente ecuación:—

$$p = \gamma \tau \rho \quad (7)$$

que nos permite determinar γ ; pero debemos hacer notar que, para su correcta aplicación, no debemos hacer uso del sistema de unidades C. G. S., por cuanto el elemento tiempo no entra en la teoría, y el elemento masa sólo desempeña un papel muy secundario, sino que se debe hacer uso de las siguientes unidades:

Unidad de longitud: arbitraria.

Unidad de volumen: el cubo cuyo lado es la unidad de longitud.

Unidad de peso: el peso de la columna de agua que se equilibra con la presión media de la Atmósfera, al nivel del mar y en la Latitud de París.

Unidad de presión: la presión de la unidad de peso sobre la unidad de superficie.

Ahora, podemos entrar sin dificultad al cálculo de γ .

En efecto, según Regnault, la *densidad del aire* a 0°C. y bajo una presión barométrica de 760 mm. (nivel del mar y Latitud de París) es:

$$\rho_0 = 0,0012932$$

La temperatura absoluta, τ_0 , de los 0°C. será 271°,5 puesto que —271°,5 es la temperatura del cero absoluto, según el promedio de las mejores determinaciones que se han hecho.

En cuanto al valor de p se calcula así:

Como el mercurio es unas 13,596 veces más denso que el agua, la columna de este líquido, que se equilibra con la presión media de la Atmósfera es de:

$$0,760 \times 13,596 = 10,333 \text{ metros.}$$

Y la presión p será entonces 10,333 de las “*unidades de presión*”, que ya hemos definido.

Substituyendo este valor de p , y los de τ_0 y ρ_0 , correspondientes a las condiciones exigidas en la ecuación (7), tenemos:

$$10,333 = \gamma \times 271,5 \times 0,0012932$$

que nos da:

$$\gamma = 29429 \text{ metros}$$

La integración de las ecuaciones (5) y (6) es harto difícil, por las muchas variables que entran en ellas, y, para conseguirlo, ha sido menester idear una serie de hipótesis, de muy distinta naturaleza.

Una de las primeras fué la de *Newton*, basada en consideraciones que no dejan de ser plausibles. Newton, considerando, sin duda,

que el factor decisivo de las variaciones de densidad con la altura es la *presión*, supone que la *temperatura de la Atmósfera es constante*.

Bouguer ideó, para conseguir esto mismo, una ley de variación, del índice con la altura, muy sencilla. Se reduce, en efecto, la hipótesis de *Bouguer*, a suponer la variación de los índices de las capas atmosféricas proporcional a la de los radios de las capas, o, más exactamente, la variación relativa de los índices proporcional a la de los radios.

La hipótesis de *Bouguer*, seductora por su sencillez misma y por la facilidad con que por su medio se integra la ecuación de la refracción, no es verificable directamente; hay que hacerla por las consecuencias de la misma, sea comparando los valores de la refracción a los que conduce con los que la observación nos da, sea indirectamente, deduciendo algunas otras consecuencias sobre la constitución de la Atmósfera para ver si está de acuerdo con la realidad.

Laplace encontró que la hipótesis de *Bouguer* implica una razón de cambio de la temperatura con la altura demasiado rápida, y que no está de acuerdo con el descenso regular, a razón de 1° por cada 173 m., que resultó de la memorable ascensión de *Gay-Lussac*.

El Astrónomo alemán *Bessel* partió de una ley de variación de la densidad con la altura expresada algebraicamente por una función exponencial, y, partiendo de ella, dedujo las fórmulas que sirvieron para la construcción de las *Tablas Regiomontanas*, en uso todavía en algunos observatorios.

El inglés *Ivory* (1765-1842), supone que la temperatura disminuye uniformemente con la altura.

En esta hipótesis se llegaría al cero absoluto, y la Atmósfera tendría un límite a una altura de 50 kms. más o menos.

Finalmente, hay una quinta hipótesis en que la temperatura disminuye en la misma fracción de su valor absoluto por cada unidad de incremento en la altura.

La teoría elemental de la Refracción que hemos expuesto, nos hace ver que este problema presenta dificultades de dos clases: teóricas y prácticas. Las dificultades teóricas estriban en la incertidumbre de *la ley de decrecimiento de la densidad del aire con la altura*, y en la dificultad, puramente matemática, de integrar la ecuación diferencial en forma tal, que puede obtenerse la Refracción cerca del horizonte, una vez que se ha adoptado una ley que esté de acuerdo con los hechos observados. Las dificultades prácticas vienen de la incertidumbre en ciertas constantes, especialmente en la dependiente del índice de refracción, y en la variabilidad de la ley a que acabamos de aludir.

En general, se puede afirmar que todas las *Tablas de Refracción* dan valores más o menos concordantes hasta los 75° de distancia cenital; pero más allá de este límite empiezan a acentuarse las discordancias entre los resultados deducidos y los observados.

Creemos instructivo comparar los resultados de las diferentes tablas, poniendo, unos al lado de otros, los valores de la Refracción correspondientes a diferentes distancias cenitales, y reducidos a $+10^\circ,0$ de temperatura y a 762 mm. de presión barométrica.

Z	<i>Ivory</i>	<i>Bessel</i>	<i>Newcomb</i>
30°	33'',72	33'',65	33'',54
45°	58,36	58,23	58,06
60°	1' 40,85	1' 40,62	1' 40,33
75°	3' 34,70	3' 34,10	3' 33,70

Se ve inmediatamente que la fórmula de Newcomb da resultados un poco menores que las de Ivory y Bessel.

Una vez integradas las ecuaciones de la Refracción, por medio de cualquiera de las hipótesis a que hemos hecho referencia, es ya muy fácil establecer una fórmula práctica para calcular el valor de la Refracción, correspondiente a una distancia cenital dada.

El Astrónomo alemán Bessel se ha distinguido mucho en estos trabajos, y a él se deben principalmente, los métodos prácticos que se han adoptado en la construcción de las *Tablas de Refracción*.

Las tablas que adoptan, todavía, algunos astrónomos franceses, calculadas con la fórmula de Laplace, son las que dan valores más grandes, mayores aún que las de Ivory, las que a su vez los da, como hemos visto, mayores que las de Bessel.

Las *Tablas de Refracción de Pulkova*, fundadas en una teoría debida a *Gylden*, dan refracciones menores que las de Bessel, en cerca de 0,003 de su valor, y las darían menores aún, si se les redujese a la Latitud de 45° .

En la teoría de Gylden, se considera la Atmósfera como una envoltura gaseosa que rodea a la Tierra y de composición invariable, cuya densidad, desde abajo hasta arriba, puede ser representada por una función matemática continua. La variable independiente en esta función es la altura sobre la superficie terrestre, y en ella están comprendidos ciertos parámetros cuyos valores pueden ser determinados experimentalmente, y a veces de varias maneras; entre éstos, los principales son: el *coeficiente de dilatación térmica del aire* y la llamada *constante de refracción*, que está íntimamente relacionada con el índice de refracción del aire.

Otro elemento que no se puede despreciar, en una teoría completa de la Refracción, es la modificación en el índice de refracción del aire producida por la presencia del vapor de agua, pues las experiencias de Fizeau y Jamin han probado que el índice de refracción del aire húmedo es un poco más débil que el del aire seco, en igualdad de condiciones de temperatura y presión. El Astrónomo francés *Radau* se ha ocupado, especialmente, de la influencia del vapor acuoso, y ha calculado tablas en las que ese factor se toma muy en cuenta.

Las tablas de Rodau se vienen publicando en la "*Connaissance des Temps*", a partir del año 1915, y fueron dadas a conocer en los "*Annales de l'Observatoire de Paris*, tomo XIX. Memorias, 1889.

Una fórmula muy práctica para el cálculo de la Refracción es la del geodesta alemán Albrecht, cuyas tablas figuran en su obra "*Formeln und Hilfstafeln*", páginas 249 a 264. (Tablas 31 a — 31 g).

La fórmula simplificada de Albrecht, para distancias cenitales menores de 45° , se reduce a:

$$\log R = \log (\alpha \tan z) + \log \gamma + \log B.$$

Vamos a hacer una aplicación de esta sencilla fórmula:

Ejemplo: Se observa una estrella a la distancia cenital aparente $z = 33^\circ 15' 20''$, con una altura barométrica en Santiago de 716,50 mm. y a una temperatura $t = +15,5^\circ \text{C}$.

En la tabla 31 d tenemos	$\log \alpha \tan z$	=	1,57600
En la tabla 31 f	$\log B$	=	— 0,02072
En la tabla 31 g	$\log \gamma$	=	— 0,00949
	$\log R$	=	1,54579
	R	=	35'',14

Por tanto, la distancia cenital verdadera es:

$$z_0 = 33^\circ 15' 55'',14$$

Resulta, pues, de todo lo expuesto, que para llegar a tener "*Tablas de Refracción*" lo más perfectas posible, hay necesidad de emprender todavía una serie de investigaciones sobre los efectos de la Refracción en las proximidades del horizonte, sobre la influencia del vapor acuoso en el índice de refracción del aire y sobre las variaciones de la intensidad de la gravedad y de la curvatura de las capas atmosféricas con la Latitud.

Hay que advertir, también, que la Atmósfera terrestre no está en estado de equilibrio; si así fuese, la hipótesis de las capas concéntricas homogéneas sería una realidad; pero hay lugar a pensar

que los movimientos que en ella se producen alteran la concentricidad de las capas aéreas, aunque no al grado de producir desacuerdos de importancia entre los resultados de las observaciones y los de la teoría.

En todo caso, yo creo que se podría hacer una buena contribución a ésta si la Asociación "*Amigos de la Astronomía*" se interesara vivamente por este problema, y lo considerara como algo de su especial incumbencia.

Desde luego, hay entre sus asociados hombres de ciencia y astrónomos que podrían prestar un concurso muy valioso en estas investigaciones.

El aporte directo de los astrónomos podría hacerse por medio de la instalación en sitios asoleados y con horizonte amplio y despejado — como, por ejemplo, en la ribera Sur del inmenso estuario del Plata — de uno o más telescopios fotográficos, de muy modestas dimensiones, pero provistos con los mecanismos necesarios para que pudieran llevar constantemente a cabo un *registro automático de la elevación del horizonte o de un punto terrestre distante*.

Esto debería ir también acompañado por un estudio simultáneo de las condiciones meteorológicas reinantes en cada una de las alteraciones de esa altura.

Una serie muy larga de observaciones de las horas de los ortos y ocasos del Sol, que podrían muy bien efectuar y comprobar las naves de guerra argentinas, cuando naveguen en aguas tranquilas, sería también una fuente muy valiosa de informaciones para la mejor solución de este problema.

Finalmente, los sondajes de la alta Atmósfera, con globos y volantines, las observaciones hechas en dirigibles y aeroplanos, en sus viajes transoceánicos y las comunicaciones inalámbricas, darían también datos que tendrían muy útil aplicación en la teoría de la Refracción.

Sin duda alguna, el problema es arduo, complicado y difícil, y requiere una consagración activa, tenaz y constante; pero nada hay imposible en las empresas humanas cuando se pone al servicio de éstas una voluntad inflexible de trabajo y una resolución inquebrantable de llevarlas a buen término.

Su importancia técnica es enorme y de verdadera utilidad práctica, para conseguir la mayor precisión posible en las observaciones astronómicas.

Ismael Gajardo Reyes.

Ex director del Observatorio de Santiago de Chile.

Santiago, julio de 1930.

LOS ECLIPSES DE LUNA

Hemos visto que los eclipses de Luna pueden explicarse por el hecho de que la Luna pasa por el cono de sombra de la Tierra. * ¿Es esto posible teóricamente? ¿El cono de sombra es lo bastante alargado y ancho para contener por completo a la Luna? Tales son las preguntas que podemos formularnos antes de estudiar esos fenómenos.

Conocemos la distancia de la Tierra al Sol, la de la Luna a nuestro globo, el tamaño de los tres astros y, por lo tanto, la determinación de la longitud del cono de sombra es un sencillo problema de geometría que un estudiante de matemáticas resolverá con facilidad.

El cálculo da para la longitud de ese largo cucurucho de sombra el valor medio de

1.377.648 kilómetros

en números redondos, y como la Luna se halla solamente a 384.446 kilómetros, a su distancia máxima, pronto se ve que si se encuentra en el camino de cono de sombra, éste todavía va más allá y con mucho.

A la altura de la Luna la sección del cono de sombra terrestre estará representada por un ancho círculo de unos 9.300 kilómetros de diámetro, y como el disco de la Luna mide una anchura de 3.480 kilómetros, le es posible, indudablemente, desaparecer en esa inmensa mancha sombría.

En las posiciones más desfavorables, es decir, cuando la Tierra se halla muy alejada del Sol, y cuando la Luna se encuentra más cerca de la Tierra, el ancho de la sección de la sombra supera al doble del tamaño del disco lunar (aproximadamente dos veces y un tercio). A ese círculo de sombra se añade una corona circular degradada que representa a la penumbra, cuyo tamaño equivale casi al de la Luna.

Un eclipse de Luna, las fases del cual se determinan por el cálculo, no se presenta, por tanto, nunca bruscamente. Desde el principio de un eclipse total se observa una debilidad ligera en la luz de la Luna, luego se manifiesta un poco más la disminución de la intensidad luminosa, continuando visibles aún los detalles de la

* Véase el número anterior de la "Revista Astronómica", pág. 195.

topografía lunar; pero pronto se produce en el borde oriental una pequeña mordedura y la Luna comienza a entrar en el cono de sombra. Es primeramente un tinte grisáceo que vela los objetos lunares más definidos; a medida que la sombra invade el disco, ese tinte pasa por lo general a un color rojo oscuro cobrizo que se degrada según los casos hasta una corona verde o azul. En el momento de la fase total no se divisa más que el color rojo. En muy poco tiempo, la noche ha ido de un hermoso claro de luna a una obscuridad casi completa. Las estrellas, amortiguadas antes por la luz de nuestro satélite, brillan en el cielo, y el astro nocturno, con su matiz ensangrentado, produce una impresión de indefinible tristeza

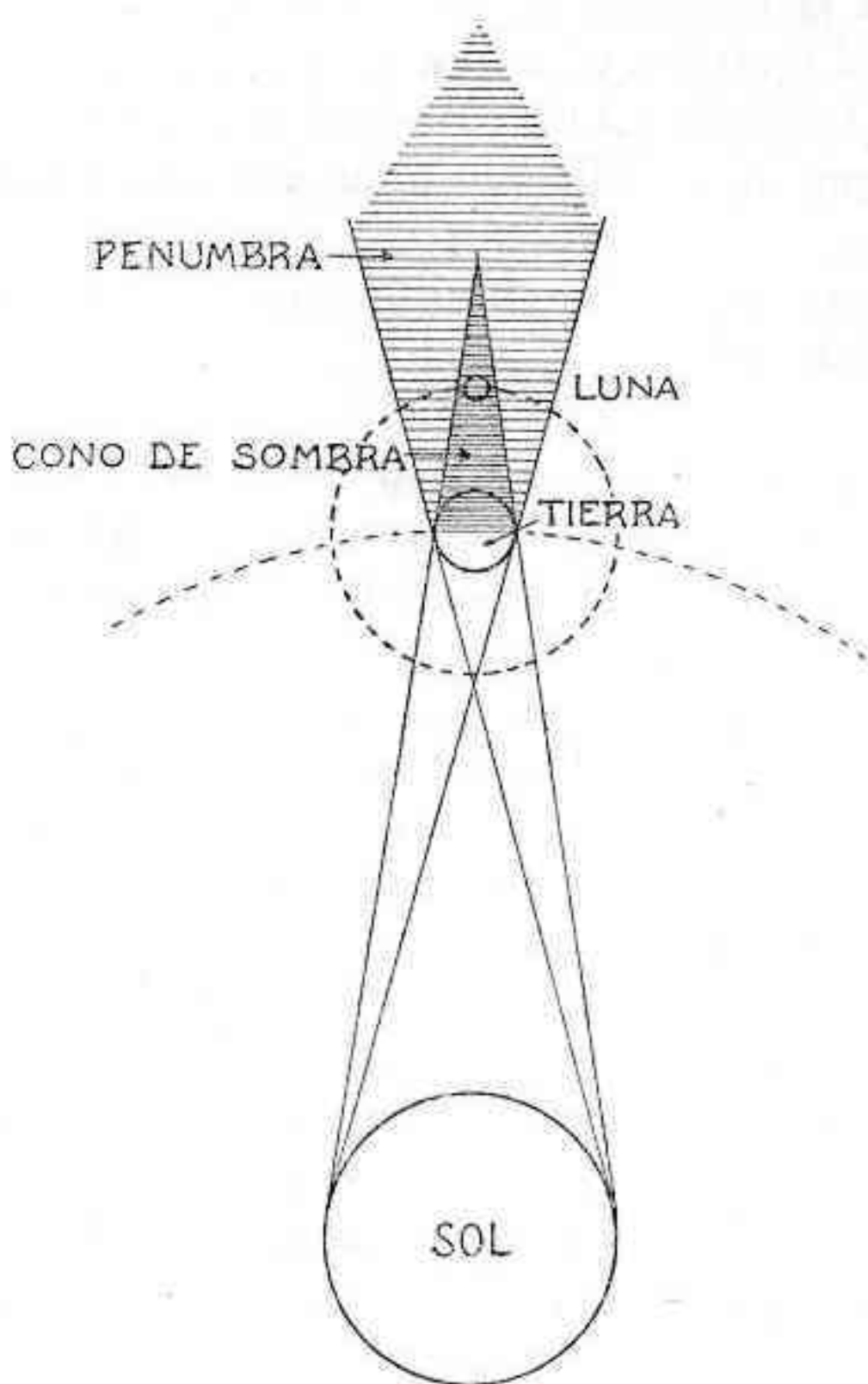


Fig. 22 - Eclipse de Luna

Se comprende que en esas ocasiones el terror se apoderase de los pueblos antiguos, que no habían previsto el fenómeno y ni siquiera sospechaban su explicación.

La historia nos ha transmitido numerosos ejemplos. Bajo la impresión de un eclipse de Luna, el más vivo espanto se apoderó de

Nicias, general ateniense, y de sus soldados. Los griegos perdieron un tiempo precioso, lo cual fué causa de la derrota de su ejército en Sicilia. El mismo Nicias cayó prisionero y murió a manos de los siracusanos.

A propósito de ese eclipse, escribió Plutarco: "El que primero ha tratado por escrito y con la mayor claridad y decisión de las fases de luz y sombra que se observan en la Luna, Anaxágoras, no era entonces un verdadero autor antiguo y su tratado, lejos de ser muy conocido, sólo se difundió entre un limitado número de personas que, por otra parte, le acogieron con cierta reserva y con escasa confianza. Además, en aquella época no se veía con buenos ojos a los físicos, ni a los que a la sazón eran llamados meteorólogos, porque achicaban, se decía, a la Divinidad, reduciéndola a causas sin razón, a fuerzas imprevisoras, a pasiones necesarias. De ahí que Protágoras fuese desterrado y encarcelado Anaxágoras, a quien salvó penosamente Pericles. También Sócrates, aunque sus estudios no tuviesen ninguna relación con los de aquellos sabios, fué, no obstante, condenado a muerte, debido a su filosofía. Más tarde, al fin, la doctrina de Platón hizo que resplandeciese su luz, y gracias a la vida de su autor, y porque sometía las causas físicas necesarias a principios diversos y soberanos, puso término a las imputaciones calumniosas que ennegrecían a la filosofía y de moda el estudio de las matemáticas. Por eso Dion. su amigo, a pesar de que vió eclipsarse la Luna en el momento del puesto de Jacinto para ir contra Dionisio, no se turbó lo más mínimo y llegó a Siracusa, expulsando al tirano."

El mismo autor nos refiere un hecho análogo.

Hallábase Pablo Emilio en vísperas de reñir una gran batalla con los lacedemonios. "Cuando llegó la noche, cuenta Plutarco, y los soldados, después de cenar, se disponían a dormir y descansar, la Luna, que era llena y estaba alta en el cielo, principió de repente a obscurecerse, perdió poco a poco su luz y tras de cambiar varias veces de color se eclipsó por completo. Los romanos golpearon con estrépito, según su costumbre, unos jarros de cobre y tendieron hacia el cielo gran cantidad de antorchas y de teas encendidas. Los lacedemonios no procedieron de igual modo; su campo se hallaba sometido al horror y al espanto, y entre la multitud corría el sordo rumor de que el fenómeno anunciaba la caída de su rey. Pablo Emilio no era por completo lego en esas materias, pues había oído hablar de las anomalías de la eclíptica que precipitan a la Luna, al cabo de ciertas revoluciones reguladas, en la sombra de la Tierra, haciéndola desaparecer de nuestra vista, hasta que

habiendo atravesado el espacio obscurecido, resplandece de nuevo a la luz del Sol. Sin embargo, como achacaba todo eso a la Divinidad, amaba los sacrificios y se ocupaba de adivinación, en cuanto vió que la Luna recobraba su claridad, la sacrificó once novillos. Al rayar el día inmoló a Hércules veinte bueyes, sin obtener signos favorables, pero al veintiuno, los signos aparecieron y presagiaron la victoria, si los romanos se mantenían a la defensiva.

Los jefes no participaban siempre del miedo de los soldados, y desde los tiempos más remotos hubo quienes imaginaron la causa de los eclipses de Luna.

En guerra con el Peloponeso, Pericles consiguió equipar ciento cincuenta navíos, en los que puso una numerosa y valiente tropa, que inspiraba tanto temor al enemigo como esperanzas a los atenienses. La flota iba a hacerse a la vela, todas las tripulaciones estaban completas, las tropas embarcadas, y Pericles instalado en su trireme, cuando sobrevino un eclipse de Sol. Asustados todos por la imprevista obscuridad, la estimaron terrible presagio. Pericles, viendo a su piloto preso de espanto y desatinado, tendió su capa delante de los ojos de aquel hombre, y tapándole la cara, le preguntó si le parecía eso un acontecimiento tremendo o el anuncio de algo siniestro.

—No — contestó el piloto.

—Pues bien — replicó Pericles —; ¿qué diferencia hay entre esto y aquello, salvo que la causa de esta obscuridad es mayor que mi capa?''

Hoy no podríamos encontrar una comparación más pintoresca para dar a comprender el fenómeno.

En otras circunstancias vemos a caudillos militares utilizar los eclipses para el bien general. Así, Druso, enviado por Tiberio a las legiones romanas insurreccionadas, se aprovechó del terror inspirado por un eclipse de Luna para volverlas a la obediencia.

Leamos a Tácito: "La noche era amenazadora y a punto de cometerse una fechoría, la casualidad restableció la calma. La Luna, en medio de un cielo sin nubes, palideció de repente. Los soldados, ignorando la causa del fenómeno, buscaron en ésta una relación con su situación presente, e interpretaron el eclipse del astro cual una imagen de su miseria, persuadiéndose de que sus votos alcanzarían venturosamente su objeto si la diosa recobraba su fulgor y su brillo. En seguida hendieron el aire los ruidos de los bronce y los sonidos de los clarines y las trompetas. Según que la Luna se mostraba más brillante u oscura, se regocijaban o afligían; por fin, cuando unas nubes, aglomerándose, la sustrajeron de sus mira-

das, creyeron que las tinieblas la habían devorado, y como el paso del terror a la superstición es rápido, clamaron, gimiendo que les aguardaban eternas desdichas y que los dioses les castigaban por sus excesos. Druso, pensando que le convenía aprovecharse de esas disposiciones...

Uno de los hechos más notables registrados por la historia respecto al caso, es el partido que supo sacar Cristóbal Colón del conocimiento de esos fenómenos singulares en una situación apurada en la que los castellanos se hallaban amenazados de morir de hambre.

“Colón y los suyos se vieron obligados para vivir a recurrir a los insulares del Nuevo Mundo que habían descubierto. Procedía el gran navegante con dulzura y hacía que reinase en su gente una exacta disciplina, no consintiendo en recibir nada de los indígenas que éstos no facilitasen voluntariamente. No obstante, sus víveres disminuían y se cansaron de alimentar a unos extranjeros hambrientos que les exponían a carecer de lo necesario. Los castellanos corrían, pues, el peligro de perecer de hambre. En ese trance, Colón ideó una estratagema que le salió perfectamente. Sus conocimientos astronómicos le sirvieron para saber que pronto habría eclipse de Luna, y seguro de ello enteró a todos los caciques vecinos de que tenía que participarles cosas de suma importancia para la conservación de su vida.

Acuciados por la curiosidad, no tardaron en reunirse. Entonces les reprochó vivamente su desvío y dureza y declaró en tono firme que presto serían castigados; porque estaba bajo la protección de un Dios que se disponía a vengarle.

—¿No habéis visto — les dijo — lo que le ha pasado a los soldados que se negaron a obedecerme? ¡Qué peligros no han corrido los que quisieron ir a la isla de Haití, mientras que los enviados por mí hicieron sin pena la travesía! Pronto serviréis de más rudo ejemplo de la venganza del Dios de los españoles, y para daros a conocer los males que os amenazan, notaréis desde hoy que la Luna enrojece y que palideciendo acabará por negaros su luz; mas eso sólo será el preludio de vuestras desventuras si continuáis negándoos a proporcionarme víveres.

El eclipse comenzó algunos horas después, y los insulares, des-pavoridos, lanzaron un clamoreo de temor. En seguida fueron a arrojar-se a los pies del almirante y le suplicaron que pidiese gracia para ellos y para su isla. Colón se hizo un poco de rogar para prestar más fuerza a su artificio, y fingiendo rendirse les dijo que iba a aplacar la furia celeste, para lo cual encerróse durante toda

la duración del eclipse, tiempo que invirtieron los americanos en proferir espantados gritos.

Al cabo, cuando vió reaparecer la Luna, salió con aire alegre para asegurarles que sus plegarias habían sido atendidas y que Dios les perdonaba aquella vez, si bien a condición de responder de ellos y en la seguridad de que en lo sucesivo serían buenos y dóciles y no escatimarían las provisiones a los cristianos. En efecto, a partir de aquel suceso los indígenas evitaron con exquisito cuidado causar el menor disgusto a los españoles, y, lejos de negarles nada, se anticipaban a satisfacer sus deseos''.

Eso cuenta el cronista, y aunque no me agrada el empleo del artificio, pues el fin no justifica los medios si éstos son malos, es preciso admitir que el eclipse de Luna vino a pedir de boca para salvar a Colón y sus compañeros.

Las descripciones de los eclipses de Luna varían enormemente, según los autores. ¿Por qué esas divergencias?

En primer lugar, existe un hecho que merece especialmente nuestra atención. ¿Cómo explicar la coloración de la Luna cuando pasa por el cono de sombra? Encontrándose totalmente en sombra la superficie de nuestro satélite, éste debiera ser invisible.

En el espacio no hay el efecto de claro-oscuro producido por la reverberación de los rayos luminosos en las moléculas atmosféricas.

La Tierra misma, que vuelve en ese momento a la Luna su hemisferio no iluminado, no puede por consiguiente despedir una luz de la que carece. En resumen, durante casi todos los eclipses la Luna presenta un tinte que permite distinguirla en el cielo. Sin embargo, tenemos ejemplos de que la Luna desaparece enteramente. En 1642, 1764 y 1816, la oscuridad fué completa.

Cuando el eclipse parcial de 12 de abril de 1903, la parte eclipsada fué totalmente invisible. Todos estos hechos son fácilmente explicables cuidándose de analizar con método el fenómeno.

Trasladémonos con el pensamiento a la superficie de la Luna en el momento en que nuestro satélite se halla por completo en el cono de sombra. Para los terrestres habrá eclipse de Luna, pero para los selenitas la Tierra es el cuerpo celeste que pasa delante del astro del día y habrá eclipse de Sol. ¿Y qué eclipse!

Desde allí el Sol aparece con la misma majestad angular que desde aquí; pero la Tierra, según hemos manifestado, ocupa en el cielo una superficie considerable, catorce veces superior a la de la Luna llena vista desde nuestro planeta. Así, pues, en cuanto la Luna está situada por entero en el cono de sombra, un astro ne-

gro enorme ocupa el puesto del Sol, y como los rayos solares penetran por doquiera en las capas atmosféricas, la Tierra se aureola con un anillo brillante, cuya luz se tiñe de todos los colores. A causa de la fuerte proporción del vapor de agua domina el rojo en las partes bajas. He aquí de dónde proviene la iluminación que observamos en la superficie de la Luna.

La presencia de vapores y de nubes en nuestra atmósfera debe cambiar las condiciones y da lugar a los más diversos fenómenos de coloración. Teóricamente hubiéramos podido llegar a los mismos resultados atendiendo a las leyes de la refracción. De los rayos que rozan el borde de la Tierra, unos son únicamente difusos y contribuyen a la iluminación general, y otros se desvían de su camino, se refractan, siendo la desviación aproximadamente de sesenta y siete minutos. Esto no es nada; pero a la distancia a que se encuentra la Luna la refracción tiene resultados sensibles.

El vértice del cono de sombra, en lugar de estar cerca de un millón de kilómetros, se halla a veintiún veces el diámetro terrestre máximo, es decir, a menos de 300.000 kilómetros, o sea entre la Luna y la Tierra.

Conclusión: la Luna se encuentra más o menos cerca del vértice del cono de sombra, pero siempre más allá, y no penetra jamás en la región de la sombra pura. Estas nuevas condiciones cambian por consiguiente el aspecto del problema y nos facilitan la explicación de los fenómenos observados: variaciones de brillo en ciertas partes del disco, luz más débil en el centro de la Luna, desplazamientos de la luz roja en la superficie de nuestro satélite, etcétera.

Se ve que los eclipses de Luna pueden dar motivo a las observaciones más diversas. Así, por ejemplo, en 1898 tuve la idea de apreciar el valor fotogénico y químico de la radiación de la Luna eclipsada en la noche del 27 de diciembre. Ya había notado que en el momento del plenilunio la luz de nuestro satélite sensibiliza mucho más la placa fotográfica de lo que generalmente se cree. He obtenido también clichés que en nada se distinguen de los que hubiera sacado en pleno día, pero es preciso aumentar el tiempo de exposición en proporciones fantásticas, y las sombras, a causa de la mudanza de la Luna, se hacen vaporosas, lo que no resulta mal desde el punto de vista artístico.

Ahora bien, me he formulado la pregunta siguiente: ¿En un eclipse la intensidad de los rayos químicos disminuye a la par que la de los rayos luminosos? Con ayuda de un fotómetro bastante práctico, inventado por mí, he logrado medir la disminución de la

intensidad luminosa y he comprobado una diferencia entre el cálculo y la observación. ¿De qué depende? ¡Misterio!

Hay una diferencia aun más marcada entre la intensidad luminosa real y la intensidad química acusada por el cliché (1). ¿Por qué tal particularidad?

La misma región penumbral no ha dado ni con mucho una anchura comparable a la obtenida teóricamente. Repárese en los problemas pendientes de solución. Con frecuencia he oído decir, incluso a astrónomos, que nada quedaba por hacer, habiendo los antiguos abordado todos los temas. ¡Ah! Si, en verdad, han resuelto un gran número, cuántos se ofrecen todavía a los investigadores y cuántos, por añadidura, aguardan una solución. El campo de las exploraciones es infinito y la Ciencia no pide más que obreros de buena voluntad.

(1) Léanse los informes de la Academia de Ciencias del 13 de febrero de 1899.

Abate Th. Moreux.



LA TIERRA

La Tierra ocupa el tercer lugar, en orden a su distancia al Sol, y es el mayor de los cuatro planetas más cercanos al astro central. Su distancia media al Sol es de unos 149 1/2 millones de kilómetros siendo su distancia a principios de enero 2 1/2 millones de kilómetros mayor que la media, y a principios de julio 2 1/2 millones menor. La distancia verdadera varía, por consiguiente, entre 147 y 152 millones de kilómetros, el error que pueda haber en estos números, es, a lo más, de 170.000 kilómetros.

El período de rotación de nuestro globo alrededor de su eje, ya sabemos que es de 24 horas, deducido del período de rotación diurna aparente de la bóveda celeste. Se puede obtener el mismo período directamente, por medio de experimentos de los cuales mencionaremos aquí los principales. Newton demostró que todo cuerpo, al caer desde bastante altura, tiene que sufrir con respecto a la vertical una desviación hacia el este, a causa de la rotación de la Tierra. Un objeto colocado a cierta altura, por ejemplo, en un campanario, se moverá, por efecto de su mayor distancia al eje de la Tierra, con mayor velocidad, en el sentido de oeste a este, que un objeto situado en la misma vertical, pero debajo, por ejemplo, en el pie de la torre. Al caer el objeto colocado primitivamente en la cumbre del campanario, conservará aquella velocidad lineal mayor y no caerá siguiendo la vertical, sino que se adelantará ligeramente hacia el este. La comprobación experimental de este adelanto es muy difícil, por la pequeñez del mismo y por las acciones perturbadoras, como son las corrientes de aire, que incluso pueden anular tal efecto. Con este fin han realizado importante series de experimentos Guglielmini en Bolonia (1792), Benzenberg en Hamburgo (1802) y en Schlebusch (1804), Reich en Friburgo de Sajonia (1831) y Hall en Cambridge de los Estados Unidos (1902). Reich efectuó sus experimentos en un pozo de mina, disponiendo de una altura de caída de 158,5 metros, obteniendo una desviación hacia el este de 28,4 mm., mientras que la teoría indicada 27,5 mm. con la cual se ve que teoría y experimento eran casi concordantes. Sin la rotación de la Tierra, estos desvíos de la vertical no tendrían explicación posible.

Otro método para demostrar directamente la rotación de la Tierra fué el ideado por Foucault; el experimento realizado por

Foucault con su péndulo alcanzó gran celebridad, porque, en efecto, es una demostración palpable de la rotación terrestre. Su teoría elemental es sencilla. Supongamos un péndulo, suspendido en uno de los polos de la Tierra, que pueda oscilar libremente en todos los planos verticales que pasen por su suspensión. Haciendo oscilar el péndulo en un plano determinado, las oscilaciones se mantendrán en este plano indefinidamente, ya que no hay ninguna razón para que el mismo varíe. La Tierra, en virtud de su rotación, girará debajo del péndulo, y como que el observador participa en esta rotación, le parecerá como si el plano de oscilación del péndulo girase y la Tierra permaneciese inmóvil. Al cabo de una hora, el ángulo descrito aparentemente por el plano de oscilación con respecto al plano de oscilación primitivo, será $1/24$ de 360° , o sea de 15° ; después de 12^h parecerá que el péndulo oscila en sentido contrario, y transecurridas 24^h volverá a oscilar como al principio. El giro aparente del plano de oscilación se efectuará en sentido contrario al de rotación de la Tierra, esto es, en el polo norte en el sentido del movimiento de las agujas de un reloj.

Es fácil ver que en el ecuador no ha de girar el plano del péndulo. En los demás paralelos, se observará un giro tanto mayor cuanto más cercano al polo esté el paralelo del lugar donde se realice el experimento. A la latitud de 52° el ángulo descrito en una hora por el plano de oscilación es de 12° .

Foucault realizó públicamente su experimento por primera vez en 1851, en el Panteón de París. Para que el período de las oscilaciones sea grande y para que éstas se conserven durante bastante tiempo, se emplean péndulos de gran longitud, con una esfera muy pesada en el extremo. Es curioso que ya en el siglo XVII, Viviani, en Florencia, observó el giro aparente del plano de oscilación de un péndulo libre, pero no encontró explicación para tal fenómeno.

Además del experimento del péndulo, Foucault ideó otro para demostrar el movimiento de rotación de la Tierra. Un trompo en rotación rápida opone una gran resistencia a cualquier cambio de posición de su eje. Si se suspende un trompo de manera que su eje pueda ponerse en cualquier dirección y que en cada una de éstas esté en equilibrio, haciéndole girar muy de prisa, su eje conservará en el espacio la dirección que tenía primitivamente, y parecerá que cambia de posición respecto a la Tierra si la dirección primitiva del eje se elige convenientemente. Un aparato así dispuesto recibe el nombre de *giroscopio*. En el mismo principio se fundan los llamados compases giroscópicos empleados hoy en los buques.

La descripción de otros procedimientos que se han ideado para demostrar directamente la rotación de la Tierra, nos conduciría dema-

siado lejos. Pasaremos también por alto los ingeniosos experimentos realizados por Hagen, en el observatorio del Vaticano, con el aparato denominado "isotomeógrafo".

De especial importancia es cuanto se relaciona con *el estado de la gran masa interior* de nuestro planeta. Todos saben que al profundizar en la Tierra se observa un aumento de temperatura, cuya cuantía varía de unos lugares a otros. Regularmente el *grado geotérmico*, o sea el aumento de profundidad al cual corresponde un aumento de temperatura, de 1°C, es de unos 30 a 40 metros, pero se han encontrado valores del grado geotérmico desde pocos metros hasta más de cien. En el interior de la Tierra tiene que producirse un intercambio de calor, por conducción de las partes más calientes a las más frías, de suerte que la masa interna ha de proveer constantemente de calor al resto. El aumento de temperatura observado no puede ser, por este motivo, superficial, sino que ha de notarse hasta una gran profundidad; suponiendo constante el grado geotérmico es fácil ver que a la de 200 Km. la temperatura sería tal, que derretiría la mayor parte de las piedras que se encuentran en la superficie.

Esto condujo a la hipótesis de que la Tierra era una esfera de materia fundida, rodeada por una corteza sólida, relativamente delgada; algunos fenómenos geológicos, así como consideraciones cosmogónicas, parecen confirmar esta hipótesis. Las mediciones de intensidad de la gravedad enseñan que debajo de los continentes la densidad de la Tierra es, en general, menor que en el fondo del mar, lo cual está de acuerdo con aquella teoría (1).

Las masas que en virtud de su peso ejercen presión sobre la materia fundida interior tenderán, según esta hipótesis, a levantar las masas más ligeras que las rodean, y una vez alcanzado el equilibrio estas últimas serán las más elevadas, de la misma manera que un pedazo de madera de abeto sobresale más en el agua que otro de encina de las mismas dimensiones. Los manantiales de

(1) Pratt dedujo de las mediciones de los arcos de meridiano y de las observaciones efectuadas con el péndulo en la India en 1855, que el exceso de masas en los continentes y el defecto de masa de los océanos quedaban compensados por disminuciones de densidad de las capas subterráneas. Según esto, a cierta profundidad, el peso de la masa que descansa sobre la unidad de superficie y cuya altura es la que separa esta unidad de superficie de la superficie de la Tierra, es en todas partes el mismo. Este equilibrio de la corteza terrestre se denomina "isostasia". La superficie en la cual reina este equilibrio fué llamado por Helmert, merced a cuyos trabajos fué admitida esta hipótesis, "superficie de compensación". La profundidad a que está colocada esta superficie de compensación se ha calculado que es aproximadamente de 120 Km., siendo el mismo valor hallado empleando para determinarlo las desviaciones de la vertical, estudiadas por Hayford, y las variaciones de la intensidad de la gravedad, discutidas por Helmert.

agua termal, tan frecuentes en algunas regiones, prueban que en el interior de la Tierra existen regiones a alta temperatura, no pudiendo ser local este fenómeno, porque entonces el calor se repartiría rápidamente. En la actividad de los volcanes es donde los geólogos encuentran el argumento más fehaciente en favor de esta teoría, y los ríos de lava que fluyen de ellos desde hace miles de años, probarían que en el interior de la tierra existen grandes masas en estado de fusión.

Pero las razones que abogan para la hipótesis de un núcleo de materias fundida no son muy sólidas. Las más importantes de todas ellas, el aumento de temperatura con la profundidad pierde su valor con sólo suponer que el núcleo terrestre contenga radio. Según Liebenow, basta, para explicar el calor interior de la Tierra, la existencia de 1/5000 mg. de radio por metro cúbico, lo cual equivale, suponiendo que esta cantidad de radio se extendiera sobre la superficie, a una capa de blenda de 6 cm. de espesor.

Pero de una manera mucho más decisiva que estas consideraciones siempre hipotéticas, hablan en contra del estado fluido del núcleo terrestre los fenómenos de flujo y reflujo. Si la corteza terrestre fuese una capa delgada que flotase encima del núcleo líquido, cedería forzosamente bajo la acción de las mareas que el Sol y la Luna producirían en el núcleo de una manera análoga a lo que ocurre en los mares, y las periódicas oscilaciones del nivel del mar con respecto a la Tierra no se producirían. Desde el momento que observamos las mareas, se puede deducir que la Tierra resiste a la acción del Sol y de la Luna, como si toda ella fuese perfectamente sólida. Lord Kelvin calculó que si la Tierra tuviese la elasticidad del acero obedecería a la atracción lunisolar de tal manera, que las fluctuaciones del nivel del mar serían una tercera parte más pequeñas que si el planeta fuese absolutamente rígido, porque las mareas darían a la parte sólida de la Tierra la forma de un elipsoide, en vez de formar solamente la superficie del mar. La irregularidad de la superficie terrestre es causa de grandes dificultades en el estudio teórico de las mareas, y aun hoy no puede asegurarse si la altura de la marea es realmente los dos tercios de lo que sería si la Tierra fuese absolutamente rígida. De todas maneras, E. v. Rebeur-Paschwitz, con ayuda de un péndulo horizontal, llegó a observar directamente las mareas de la Tierra firme. Sus resultados fueron comprobados después por Hecker y otros, y Schweydar dedujo de ellos que la rigidez de la Tierra es tres veces superior a la del acero; resultado que está de acuerdo con el deducido de las oscilaciones polares.

Por medio de medidas, en extremo precisas, de los cambios del nivel del mar, efectuadas en tubos largos enterrados en el suelo, Michelson y Gale encontraron en 1919 que la deformación de la Tierra es el 31 % de la que presentaría una Tierra completamente líquida.

Estudiando las velocidades de propagación de las ondas sísmicas a diferentes profundidades y teniendo en cuenta la densidad media de nuestro planeta y la de las capas superficiales accesibles, ha deducido Wiechert que la Tierra está constituida por un núcleo metálico de densidad 8,2 y por una corteza pétreo de 1.500 Km. de espesor y densidad 3,2, separadas ambas por una capa de magma relativamente delgada, plástica, cuya existencia ha sido, no obstante, puesta en duda por las modernas investigaciones teóricas realizadas por Schweydar, este magma debería tener la rigidez del lacre a la temperatura ordinaria.

Si después de lo dicho no puede admitirse la hipótesis de un núcleo líquido, tampoco se puede poner en duda que el núcleo de nuestro planeta está a elevada temperatura-suficiente para fundir las piedras a la presión atmosférica-creyéndose que la enorme presión ejercida por las regiones superficiales es la que impide la fusión de las partes interiores. Lord Kelvin admite que en el interior de la Tierra tiene que existir grandes masas de materias fundidas que son las que alimentan los volcanes, pero afirma que estas masas, comparadas con la masa de toda la Tierra, son siempre pequeñas.

Además no nos podemos formar una idea de los efectos de una presión cuyo valor en el centro de la Tierra es de 2 millones de kilogramos por centímetro cuadrado; las mayores presiones que podemos obtener en los laboratorios y aun sobre extensiones pequeñas, son solamente de algunos miles de kilogramos por centímetro cuadrado. Por otra parte, no debemos olvidar, al discutir las hipótesis anteriores, que solamente en casos favorables podemos alcanzar y estudiar una parte muy pequeña, 1/3000, aproximadamente, contando desde la superficie hacia el centro, de la corteza de nuestro globo, por cuyo motivo hay que ser muy parco al generalizar las conclusiones obtenidas para esa capa superficial que se ofrece a la investigación directa.

Hace algún tiempo se sospechó si los cambios de posición de ciertas masas en la Tierra podrían ejercer un influjo sobre el eje de rotación de la misma y por consiguiente, sobre la altura del polo; Bessel, en 1844, tuvo ya dudas sobre la invariabilidad de las latitudes geográficas. En 1888, Küstner, entonces astrónomo del observatorio de Berlín, dedujo de una discusión de sus observa-

ciones realizadas en años anteriores, que las alturas del polo eran variables, pero en pequeño grado. Observaciones parecidas se hicieron al mismo tiempo por el americano Chandler, quien obtuvo plena confirmación de una variabilidad de la altura del polo comparando series de observaciones antiguas y de suficiente confianza. Otras medidas efectuadas en 1889 y 1890 en Berlín, Potsdam, Estrasburgo y Praga y reducidas por Th. Albrecht, en Potsdam, dieron resultado de acuerdo con los de Küstner, y una expedición mandada a Honolulu comprobó variaciones de la latitud de este lugar, de sentido contrario a las experimentadas en los lugares antes indicados, los cuales, con relación al centro de la Tierra, ocupan una posición diametralmente opuesta a la de Honolulu. De todo esto se dedujo que las variaciones de latitud observadas eran debidas a cambios de posición del eje de rotación de la Tierra. En virtud de un acuerdo internacional posterior, se estudiaron estas variaciones en seis estaciones situadas a $39^{\circ}8'$ de latitud norte y distribuidas lo más regularmente posible; estas estaciones eran: Carloforte (Italia), Tschardjui (Rusia asiática central) Mizusawa (Japón), Ukiah, Cincinnati y Gaithersburg (Estados Unidos). Las observaciones se llevaron a cabo de una manera regular desde fines de 1899 hasta 1915, siendo reducidas por Th. Albrecht y B. Wanaeh, y proporcionaron un conocimiento mucho más exacto del movimiento del polo que las series de observaciones anteriores, a las cuales habían faltado una organización de conjunto. Desgraciadamente en 1915, se suprimió la estación de Gaithersburg, en 1916 la de Cincinnati y después Tschardjui, y desde entonces sólo se observa en tres puntos.

La trayectoria descrita por el polo norte sobre la superficie de la Tierra desde 1900 hasta 1912, está comprendida dentro de un círculo de $0''$, 7, o sea de unos 20 metros de diámetro; su forma es la de una espiral muy irregular que en un período de 7 años aproximadamente sufre una dilatación y una contracción. Este fenómeno, como dedujo ya Chandler de antiguas observaciones muy poco precisas, puede explicarse por la superposición de un período de 14 meses (según las modernas determinaciones es de 433 días), y otro de un año. En el siglo XVIII, el gran matemático Euler demostró que en caso de producirse un movimiento apreciable del eje de la Tierra con respecto a ésta, debería tener un período de 10 meses en el supuesto de que el planeta se comportase como un sólido indeformable.

Tal vez se tardó tanto en descubrir la variabilidad de las alturas del polo porque se trató siempre de buscar ese período de Euler,

que no aparece en la realidad. En 1892, Newcomb probó que el período de Chandler, de 14 meses, no es otra cosa que el de Euler, prolongado a causa de la imperfecta rigidez de la Tierra; según las investigaciones de Schweydar, el coeficiente de rigidez que se deduce del período de Chandler coincide bastante bien con el valor deducido de las mareas elásticas del planeta. Como explicación del período de un año Lamp y en especial Spitaler, han emitido una hipótesis que presenta visos de probabilidad y está fundada en recientes investigaciones; la causa radicaría en la distribución de las masas atmosférica según las estaciones, y en la variable cantidad de nieve de los continentes. Esta distribución tiene un período bien definido de un año, pero en sus detalles presenta grandes irregularidades, por cuyo motivo el período de un año que aparece en el movimiento del polo tiene que ser también irregular.

Un fenómeno muy notable, descubierto por el astrónomo japonés Kimura, ha sido muy difícil de explicar; las seis estaciones astronómicas del servicio internacional de latitud presentaban, además de las oscilaciones de la altura del polo debidas al movimiento del eje de la Tierra, las cuales deben sucederse en sentido contrario en los observatorios que ocupan longitudes opuestas sobre el mismo paralelo, otra oscilación que se produce en todas las estaciones al mismo tiempo y en el mismo sentido, con un período anual y una amplitud hasta de $0''$, 1. Las series de observaciones llevadas a efecto durante dos años en dos estaciones situadas a $31^{\circ}55'$ de latitud sud y 180° de diferencia de longitud (Bayswater en la Australia Occidental y Onativo en la Argentina) dieron la explicación de este enigmático fenómeno. Las investigaciones de Przybyllok y Wanach han conducido a la demostración de que la causa principal debe buscarse en cambios de inclinación sistemáticos de las capas de aire de igual densidad óptica, lo que da lugar a cambios correspondientes en la refracción atmosférica.

Las variaciones seculares, no periódicas, que puedan ocurrir en la altura del polo, sólo el tiempo podrá revelarlas; actualmente sólo se puede asegurar que, de haberlas, su amplitud tiene que ser menor de $0''$,5 por siglo.

Haremos notar, finalmente, que el movimiento del polo trae aparejadas pequeñas oscilaciones en las diferencias de longitud y en los acimutes terrestres.

S. Newcomb y R. Engelmann.

CONSTRUCCION DE UN PIE ECUATORIAL SENCILLO

Las indicaciones que menciono se refieren a la construcción de un pie ecuatorial simple, que pueda sostener un anteojo de hasta 90 mm. de abertura. No insistiré sobre la comodidad que para la observación se obtiene usando un pie ecuatorial en lugar de uno altazimutal, bastará recordar que con el primero se puede seguir un astro con un solo movimiento, en lugar de los dos que son indispensables con el segundo. Es tanta la facilidad que se consigue con este sistema de construcción, aun con un pie sencillo, sacar fotografías celestes de larga exposición y pueden verse en el excelente tratadito de Rudaux "Comment observer les astres", ejemplos de pruebas obtenidas en esas condiciones con poses de una hora y media. Pero aparte de la fotografía, también la observación visual queda muy facilitada, pues es fácil proveerlo de un movimiento lento, y entonces se sigue a un astro dentro del campo del anteojo, con un movimiento muy suave, libre de las continuas y molestas vibraciones, inevitables con el pie altazimutal. Sabemos que un ecuatorial tiene dos ejes, uno de los cuales, el eje horario, es paralelo al eje del mundo, de modo que tendremos que inclinarlo hasta que apunte al polo, es decir, que el ángulo que forme con la horizontal sea igual a la altura del polo sobre el horizonte; o lo que es lo mismo, a la latitud del lugar de observación. Para Buenos Aires tenemos, pues, $34^{\circ}36'$. Se empieza por dibujar sobre un papel dicho ángulo y se hace recortar un trozo de madera dura de un espesor de una pulgada y media, según el dibujo. Luego se adquiere en una casa de bicicletas un eje de dirección y se corta según la figura. El manubrio no hace falta, se le substituye por un tubo recto, en uno de cuyos extremos se fija en ángulo recto un trozo de madera dura, sobre el cual irá mantenido el anteojo por medio de dos abrazaderas de metal, fijadas con tornillos. El otro extremo llevará un contrapeso para equilibrar el anteojo. El contrapeso debe poder correr sobre el tubo y fijarse en la posición más conveniente.

Tenemos ya el pie, pero si lo dejáramos en ese estado no sería utilizable, pues tendría tendencia a moverse al menor roce; para evitar ese inconveniente, la mejor solución es agregarle un movimiento lento. Para ello nos bastará adquirir una rueda "Meccano" de 133 dientes que se fijará en el eje horario, bien centrada; esta

rueda será movida por un engranaje sin fin y un cardan también "Meccano". Se montan como ilustra la figura N^o y se agrega al cardan un mango de unos 70 cm. de largo, para poder mover el anteojo desde cualquier posición. Es necesario que el engranaje sin fin pueda quitarse a voluntad para poder dar un movimiento rápido al anteojo. El eje perpendicular al horario o eje de declinación, debe poder girar con movimiento suave, lo que por otra parte viene facilitado por el hecho de que el eje horario tiene un tornillo de presión.

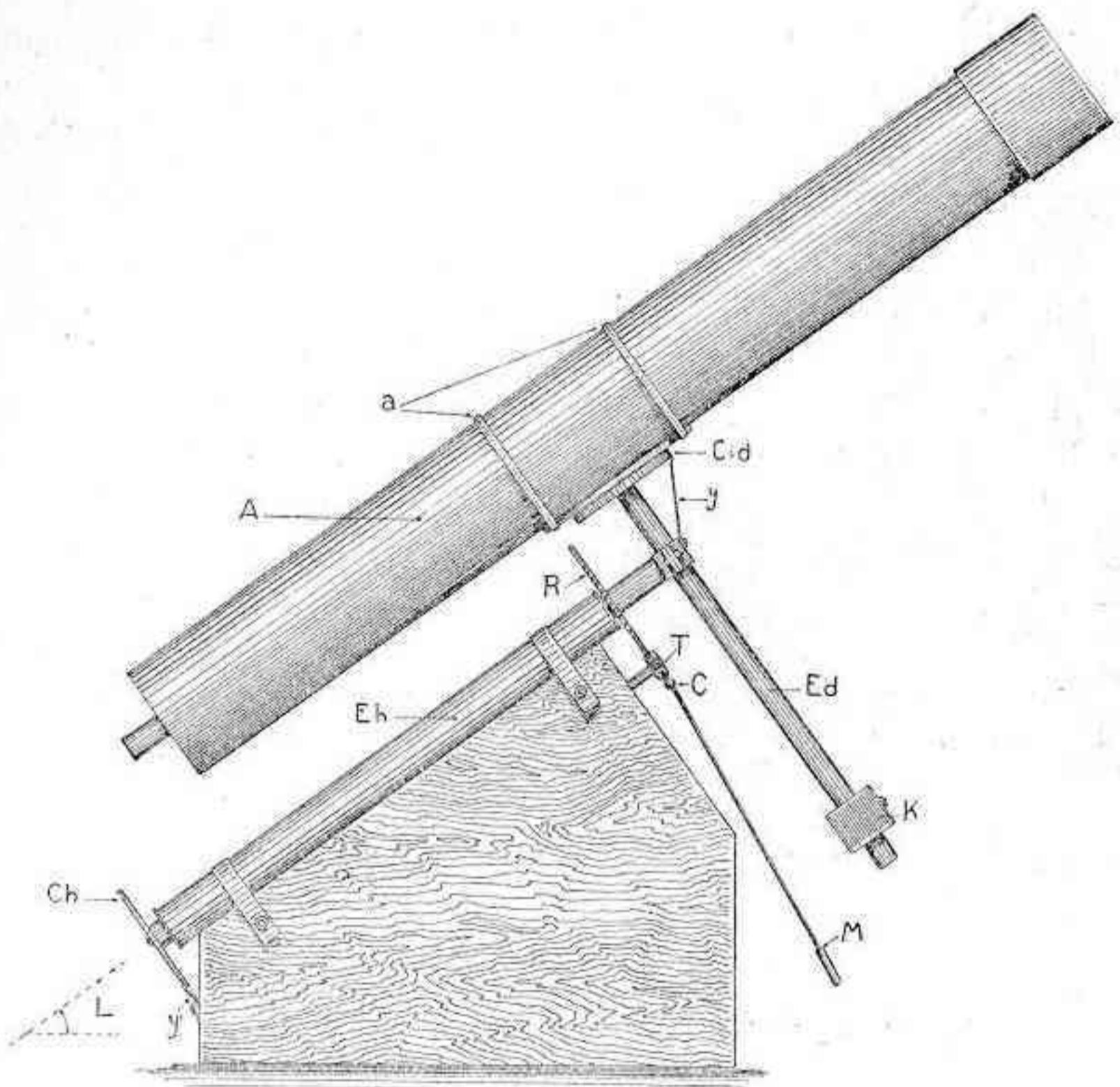


Fig. 23

- | | | | |
|-----|--------------------------------------|-------|---|
| L. | Angulo igual a la latitud del lugar. | Ed. | Eje de declinación. |
| R. | Rueda dentada de 133 dientes. | K. | Contrapeso. |
| T. | Tornillo sin fin. | A. | Anteojo |
| C. | Cardan. | Cd. | Circulo de declinación con su indice I. |
| M. | Mango. | Ch. | Circulo horario con su indice I. |
| Eh. | Eje horario. | a. a. | Abrazaderas. |

La madera está recortada en la forma indicada, con objeto de llevar el centro de gravedad de la parte móvil al centro del triángulo formado por los pies del soporte; así se obtiene mayor estabilidad. El pie puede ser el descrito en el artículo anterior (1) u otro parecido.

Si se quiere, se le puede agregar círculos para leer la ascensión recta y la declinación; por ejemplo: transportadores de círculo entero, que dan el medio grado.

Un aficionado algo hábil puede perfectamente construir el pie anterior por sí mismo; en caso contrario, cualquier mecánico lo hará por una suma modesta.

Se utiliza una dirección de bicicleta por estar montada sobre municiones, lo que facilita el movimiento.

Tenemos el ecuatorial, pero es necesario ponerlo en posición. Como no buscamos una precisión muy grande, nos bastará con orientarlo exactamente en la dirección Norte-Sud, trazando una meridiana en el suelo por medio del Sol y siguiendo las indicaciones de cualquier Cosmografía; luego, hay que obtener la inclinación exacta del eje horario, para lo cual lo mejor es poner uno de los pies del trípode exactamente sobre la meridiana (conservando en dicha meridiana el eje horario), y ese pie será provisto de un tornillo que permita variar la inclinación del eje. Se pone en el centro del campo una estrella ecuatorial y se fija el eje de declinación; luego se sigue la estrella unos minutos y si se nota que sale del centro del campo, se corrige por medio del tornillo; con unos cuantos ensayos sucesivos se va corrigiendo poco a poco la posición del ecuatorial, hasta obtener un resultado suficiente.

(1) Véase, "Revista Astronómica", tomo I, pág. 222.

Ulises Bergara.

Buenos Aires, julio 1930.



LISTA DE ESTRELLAS CERCANAS

En 1922 Hertzsprung publicó una lista de 29 estrellas (incluyendo nuestro Sol), cuya distancia era menor de 5 parsecs (1). Un conocimiento más exacto de la paralaje de estas y otras estrellas, ha conducido a la construcción de la presente lista que contiene datos sobre 36 estrellas para las cuales la paralaje medida es mayor de $0''.2$. Como regla se han utilizado solamente las determinaciones modernas, basadas en la fotografía. Las paralajes relativas se han reducido a absolutas aplicando la corrección que corresponde a las estrellas de comparación utilizadas en las determinaciones.

A continuación de la lista de 36 estrellas se dan 8 adicionales (a... h) que eventualmente podrían resultar con paralaje mayor de $0''.2$.

Las estrellas están ordenadas según paralaje decreciente, debiendo advertirse que las mediciones futuras podrán hacer variar el orden de colocación de algunas de ellas, especialmente de las del final de la lista.

Va sin decir que no todas las paralajes dadas son de igual exactitud; muchos valores están basados en una sola determinación (ocasionalmente con el heliómetro o por el método espectroscópico), siendo el mayor número, de 8 para la estrella de Barnard. La paralaje de esta estrella es la que se conoce con la mayor exactitud, siendo $\pi = + 0''.542 \pm '' .004$, con un error probable de sólo un 8 %. En la lista no se da ninguna indicación sobre la exactitud actual de las paralajes individuales, pero puede adoptarse, para fines generales, un error probable de $\pm '' .010$.

El error probable r_d de la distancia d expresada en años-luz, y el error probable r_π de la paralaje π , están relacionados por la

(1) Recordemos que un *parsec* (voz formada por la contracción de *paralaje-segundo*) es la distancia a la cual se encontraría una estrella de modo que desde ella se viera el radio de la órbita terrestre bajo un ángulo de 1 segundo. Dicha distancia corresponde a 31 billones de Km. El número de parsecs que expresa la distancia de una estrella se obtiene dividiendo la unidad por su paralaje, y viceversa; así, las estrellas, cuya paralaje es de $0''.2$, se hallan a una distancia de 5 parsecs, o sea a $5 \times 31 = 155$ billones de Km.

El *año-luz* es el camino que recorre la luz en un año y equivale a una distancia de 9.5 billones de Km. (N. del T.).

Nº	Nombre	A. R.	1900	Decl.	Mag. Visual	Sp.
1	Próxima Centauri	14 ^h	22 ^m .9	—62° 2'	11	M
2	α Centauri A	14	32 .8	—60 25	0.3	G0
3	α Centauri B	14	32 .8	—60 25	1.7	K5
4	Estrella Barnard	17	52 .9	+ 4 28	9.7	dM3
5	Wolf 359	10	51 .6	+ 7 36	13.5	dM4e
6	Lalande 21185	10	57 .9	+36 38	7.6	dM2
7	Sirio A	6	40 .7	—16 35	—1.6	A0
8	Sirio B	6	40 .7	—16 35	8.4	A7
9	B. D.—12°4523	16	24 .4	—12 24	9.5	dM5
10	Estrella Innes	11	12 .0	—57 2	12	—
11	B. D.—7°4003	15	14 .3	— 7 21	9.2	dM5
12	Estrella Kapteyn	5	7 .7	—44 59	9.2	K2
13	τ Ceti	1	39 .4	—16 28	3.6	K0
14	ϵ Eridani	3	28 .2	— 9 48	3.8	K0
15	Procyon A	7	34 .1	+ 5 29	0.5	F5
16	Procyon B	7	34 .1	+ 5 29	13	—
17	61 Cygni A	21	2 .4	+38 15	5.6	K7
18	61 Cygni B	21	2 .4	+38 15	6.3	K8
19	ϵ Indi	21	55 .7	—57 12	4.7	K5
20	Groombr. 34 A	0	12 .5	+43 27	8.1	dM2
21	Groombr. 34 B	0	12 .5	+43 27	10.5	dM5
22	Σ 2398 A	18	41 .8	+59 29	8.8	dM4
23	Σ 2398 B	18	41 .8	+59 29	9.3	dM5
24	Krüger 60 A	22	24 .5	+57 12	9.3	dM3
25	Krüger 60 B	22	24 .5	+57 12	10.8	M4
26	Lalande 8760	21	11 .4	—39 15	6.6	dM1
27	Groombr. 1618	10	5 .3	+49 58	6.8	dM0
28	Lacaille 9352	22	59 .4	—36 26	7.4	dM2
29	Estrella van Maanen	0	43 .9	+ 4 55	12.3	F0
30	A. Oe. 17415—6	17	37 .0	+68 26	9.1	dM4
31	B. D.+43°4305	22	42 .5	+43 48	9.5	dM5e
32	σ^2 Eridani A	4	10 .7	— 7 49	4.5	G5
33	σ^2 Eridani B	4	10 .7	— 7 49	8.9	A
34	σ^2 Eridani C	4	10 .7	— 7 49	10.8	dM6e
35	α Aquilae	19	45 .9	+ 8 36	0.9	A5
36	B. D.+20°2465	10	14 .2	+20 22	9.0	dM4e
a	70 Ophiuchi A	18	0 .4	+ 2 31	4.3	K0
b	70 Ophiuchi B	18	0 .4	+ 2 31	6.0	K4
c	Lalande 25372	13	40 .7	+15 26	8.5	dM2
d	Strassb. 1611	5	26 .4	— 3 42	8.8	dM3
e	279 Sagittarii A	20	4 .6	—36 21	5.3	K5
f	279 Sagittarii B	0	4 .6	—36 21	11.3	—
g	Córdoba 32416	23	59 .5	—37 51	8.5	dM3
h	Córdoba A 15480	22	55 .0	—23 4	7.6	dM1

Nº	Movimiento propio anual	Paralaje	Distancia en Años-Luz	Mag. Visual Absol.	Luminosidad Visual $\odot = 1$
1	3".76	0".786	4.15	+15.5	0.000055
2	3 .68	.758	4.30	+ 4.7	1.15
3	3 .68	.758	4.30	+ 6.1	0.32
4	10 .30	.542	6.01	+13.4	0.00038
5	4 .84	.407	8.0	+16.5	0.000022
6	4 .77	.403	8.1	+10.6	0.0050
7	1 .32	.363	9.0	+ 1.2	29.
8	1 .32	.363	9.0	+11.2	0.0029
9	1. 24	.351	9.3	+12.2	0.0011
10	2 .69	.340	9.6	+14.7	0.00011
11	1 .33	.331	9.8	+11.8	0.0017
12	8 .70	.320	10.2	+11.7	0.0018
13	1 .92	.319	10.2	+ 6.1	0.32
14	0 .97	.305	10.7	+ 6.2	0.29
15	1 .24	.304	10.7	+ 2.9	6.0
16	1 .24	.304	10.7	+15.4	0.00006
17	5 .21	.300	10.9	+ 8.0	0.055
18	5 .21	.300	10.9	+ 8.7	0.029
19	4 .67	.291	11.2	+ 7.0	0.14
20	2 .85	.290	11.2	+10.4	0.0060
21	2 .85	.290	11.2	+12.8	0.00066
22	2 .28	.288	11.3	+11.1	0.0032
23	2 .28	.288	11.3	+11.6	0.0020
24	0 .94	.264	12.3	+11.4	0.0024
25	0 .94	.264	12.3	+12.9	0.00060
26	3 .53	.253	12.9	+ 8.6	0.032
27	1 .45	.250	13.0	+ 8.8	0.026
28	6 .90	.247	13.2	+ 9.3	0.017
29	3 .01	.246	13.3	+14.2	0.00018
30	1 .31	.222	14.7	+10.8	0.0042
31	0 .86	.207	15.7	+11.1	0.0032
32	4 .08	.205	15.9	+ 6.1	0.32
33	4 .08	.205	15.9	+10.5	0.0055
34	4 .08	.205	15.9	+12.4	0.0010
35	0 .65	.204	16.0	+ 2.5	8.7
36	0 .49	.202	16.1	+10.5	0.0055
a	1 .13	.196	16.7	+ 5.8	0.42
b	1 .13	.196	16.7	+ 7.5	0.087
c	2 .30	.195	16.7	+10.0	0.0087
d	2 .22	.190	17.2	+10.2	0.0072
e	1 .62	.190	17.2	+ 6.7	0.18
f	1 .62	.190	17.2	+12.7	0.00072
g	6 .11	.182	17.9	+ 9.8	0.010
h	0 .90	.174	18.7	+ 8.8	0.026

siguiente fórmula:

$$r_d = \frac{d^2}{3.26} r_\pi$$

de modo que con igual exactitud en el valor de la paralaje el error de la distancia (expresada en años-luz o cualquier otra unidad) aumenta con el cuadrado de dicha distancia; el porcentaje del error en la distancia es directamente proporcional a sí misma.

En el caso presente el error probable de la distancia, expresada en años-luz, aumenta desde 0.05 para la primera estrella de la lista hasta 1.0 para la última.

La penúltima columna contiene la magnitud absoluta M (2), calculada por la siguiente fórmula:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi$$

donde m es la magnitud visual aparente y π la paralaje.

El error de M proviene principalmente del de m (con una paralaje de $0''.20$ un error en ella de $0''.02$ representa un error en M de solo 0.2) y puede ser considerable, especialmente en los casos de estrellas de brillo aparente débil cuya magnitud no siempre se conoce con exactitud.

La última columna contiene la luminosidad visual, considerada la del Sol como igual a la unidad. Esta luminosidad L y la magnitud absoluta M están ligadas por la siguiente fórmula:

$$\log L = 0.4 (4.85 - M)$$

donde 4.85 es la magnitud visual absoluta de nuestro Sol. En el caso de estrellas cuyas magnitudes no son conocidas con exactitud; la luminosidad queda también afectada, siendo el error de un 100 % para un error de M de 0.75.

Limitándonos a la lista de 36 estrellas, encontramos 4 cuya luminosidad excede la del Sol. En orden de luminosidad decreciente ellas son:

Nº	Nombre	Sp.	M	L
7	Sirio A	A0	+1.2	29.
35	α Centauri A	A5	+2.5	8.7
2	α Aquilae	F5	+2.9	6.0
15	Procyon A	G0	+4.7	1.15

(2) Llámase *magnitud absoluta* de una estrella a la magnitud visual aparente que ella tendría colocada a una distancia de 10 parsecs. (N. del T.).

Ocho estrellas poseen una luminosidad inferior a la milésima parte de la del Sol. En orden de luminosidad creciente estas estrellas son:

Nº	Nombre	Sp.	M	L
5	Wolf 359	dM4e	+16.5	0.000022
1	Próxima Centauri	M	+15.5	.000055
16	Procyon B	—	+15.4	.00006
10	Estrella Innes	—	+14.7	.00011
29	„ van Maanen	F0	+14.2	.00018
4	„ Barnard	dM3	+13.4	.00038
25	Krüger 60 B	M4	+12.9	.00060
21	Groombr. 34 B	dM5	+12.8	.00066

Las 3 primeras de esta lista son las estrellas más débiles conocidas en la actualidad.

Diez y nueve de las 36 (53 %) son estrellas M enanas (con magnitud absoluta comprendida entre +16.5 y +8.6, o sea con luminosidad de 0.000022 a 0.032). De las otras 6 estrellas enanas más débiles que $M = +10.0$, dos no tienen espectro conocido (Nº 10: Estrella Innes, y Nº 16: Procyon B), una es del tipo K2 (Nº 12: Estrella Kapteyn), y tres son las así llamadas “enanas blancas”:

Nº	Nombre	Sp.	M	L
33	σ^2 Eridani B	A	+10.5	0.0055
8	Sirio B	A7	+11.2	0029
29	Estrella van Maanen	F0	+14.2	00018

Diez y ocho estrellas de las 36 (50 %) son componentes de 6 estrellas dobles y de 2 estrellas triples, respectivamente.

Las estrellas de la presente lista muestran claramente la relación general entre tipo espectral y magnitud absoluta.

P. van de Kamp.

Del Observatorio Mc. Cormick.

METEOROLOGIA

OBJETO DE LA METEOROLOGIA. — Observamos en el estado de la atmósfera importantes diferencias, no sólo en el espacio, sino en el tiempo. Apreciamos diferencia en la temperatura, presión, composición y especialmente en el grado de humedad y, por último, en la circulación local de aire sobre la superficie terrestre. Pero, ¿de dónde provienen estas diferencias locales y las variaciones en el decurso del tiempo? Encontrar sus causas y las leyes que rigen todas estas diferencias y variaciones, e investigar sus mutuas relaciones, constituye el objeto de la Meteorología.

Es ley general de la física que donde se manifiestan variaciones, que prosiguen sin atenuarse, debe existir un caudal de energía que viene del exterior en forma de calor u otra distinta.

Esta fuerza impulsora, esta causa primera de todas las transformaciones, es la que tendremos que buscar también en lo que atañe a los fenómenos atmosféricos. La múltiple periodicidad en la marcha de estas variaciones, percibida directamente por nuestros sentidos, llevó ya al hombre en los tiempos antiguos a buscar en el Sol la fuente de energía y la causa primera de todas las variaciones atmosféricas.

Consecuencia de ello es que el estudio de la radiación constituye el primer problema de la Meteorología, por ser la radiación solar, al parecer, el origen de dicha energía. Sólo después de haber estudiado la causa primera de los procesos atmosféricos podremos pasar a explicar los efectos de esta transmisión de energía solar y relacionar las diferencias de la radiación con las de temperatura y presión.

LA RED DE OBSERVACIONES METEOROLOGICAS.—Como las demás ramas del saber, empezó la Meteorología a constituir una ciencia cuando se dispuso de medios para medir las variaciones atmosféricas que forman el objeto de su investigación. Poco después del descubrimiento del barómetro y el termómetro, a mediados del siglo XVII, fué fundada por el duque Fernando II de Toscana una red de estaciones Meteorológicas. Fueron en su mayor parte particulares, físicos, religiosos, maestros, etc., los que se encargaron entonces de estas estaciones, que también se implan-

taron en los observatorios astronómicos. Gracias a ellas disponemos de largas series de observaciones, que se remontan a más de 200 años. De este modo empezó a cultivarse la Meteorología, antes de que llegara a constituir una ciencia independiente.

Cuando la red de estaciones se extendió a todos los países y su estudio y publicación resultó una tarea superior a las fuerzas del personal de los observatorios astronómicos surgió la necesidad de que los Estados fundaran institutos centrales apropiados, que dotaran a las estaciones meteorológicas de instrumentos similares y comprobados y se encargaran de reunir sus observaciones, constatarlas, estudiarlas y publicarlas.

En casi todos los países existen actualmente numerosas estaciones meteorológicas, en las que tres veces al día, ordinariamente a las 7 de la mañana, 13 de la tarde y 19 de la noche, se observan todos o una gran parte de los "elementos meteorológicos", es decir, presión, temperatura, humedad, dirección del viento, intensidad de éste, nebulosidad y precipitaciones. España posee, prescindiendo de aquellas estaciones en que sólo se observan lluvias y tormentas, más de 250; Alemania más de 300; Austria tenía 500; Suiza unas 100, y las demás naciones no van a la zaga de las ya citadas.

Claro está que una red tan numerosa de estaciones absorbe casi por entero las actividades de los institutos centrales meteorológicos, por lo cual ordinariamente se separa casi de su servicio la predicción del tiempo y el aviso de las tormentas. Así y todo, en los institutos centrales apenas queda tiempo para ciertas observaciones, ya por su complicado aparato, o por la preparación científica que suponen, como la observación y medida regular de la radiación solar, de la electricidad del aire, de la polarización de la luz del cielo y de otros fenómenos que son indispensables a la Meteorología.

Por esto ha sido cada vez más apremiante la necesidad de fundar institutos centrales meteorológicos. España cuenta para su servicio oficial con el Observatorio Central de Madrid, a cargo del Instituto Geográfico. Prusia tiene también su Instituto en el Observatorio Meteorológico de Potsdam, espléndidamente instalado, y Rusia en el Pawlowsk. Francia ha organizado también su oficina nacional meteorológica. En Montpellier se han hecho con regularidad medidas de la radiación solar, y en el Observatorio de Montsouris (París) se han efectuado observaciones sistemáticas acerca de la composición del aire, cantidad de bacterias y de otras impurezas que contiene, y es muy de lamentar que en otras ciudades no se haya instalado observatorios de esta clase.

Si queremos procurarnos informes acerca de lo que pasa en las capas elevadas del aire, no deberemos limitarnos a las observaciones en la superficie terrestre, donde son inevitables complejas perturbaciones a causa de las circunstancias locales, sino que habremos de tender, en lo posible, a efectuar observaciones en las capas más elevadas de la atmósfera. Por esto todos los países se han visto impelidos a instalar estaciones de altura, entre las cuales, la más elevada, de las que en Europa están dotadas de personal permanente, es la de Sonnblick, en el Hohen Tauern (3.106 m.), la cual es, sin disputa, la primera por la favorable posición, instalación excelente y sorprendente resultados obtenidos. También han contribuido a acrecentar notablemente nuestros conocimientos acerca de la atmósfera, las observaciones hechas en el Zugspitz (2.965 m.); Baviera; en el Setis (2.647 m.) Suiza; en el Obir (2.043 m.) Garentia; en el Pic du Midi (2.877 m.), y Puy-de-Dôme (1.463 m.) Francia; en el Wendelstein (1.728 m.) Baviera; en el Ben Nevis (1.343 m.) Escocia; que, desgraciadamente, no funciona ahora, y por último en la Torre Eiffel, que está a la altura de 300 metros.

Sin embargo, es de todo punto indispensable que en estas clases de estaciones haya observador encargado de su permanente vigilancia, y nunca se hubieran logrado en el Sonnblick observaciones de resultados tan sorprendentes, múltiples e importantes, si un observador tan hábil y competente como el famoso Pedro Lechner, durante siete años casi, no hubiera atendido día por día a las observaciones y al funcionamiento esmerado de los instrumentos. Estaciones como la del Montblanc (4.335 m.), la del Gipfel (4.800 m.) y aun más elevadas, como las del Chareani (5.080 m.), y Misti (5.850 m.), en el Perú, donde los observadores residen poco tiempo, o en las que sólo existen aparatos registradores automáticos que inscriben las gráficas meteorológicas, tienen un valor científico mucho más reducido. Algunas veces los aparatos registradores no son del mejor tipo, y en el Misti se dió el caso de que un indio robara los valiosos instrumentos y dejara inservible la estación instalada a tanta costa.

Además, las observaciones hechas en las cimas más elevadas no reflejan exactamente las condiciones del aire libre. La elevación del terreno trae consigo ciertas perturbaciones; por esto muchas veces se ha procurado comprobar las observaciones de las estaciones de altura por las efectuadas en globo, para adquirir más referencias acerca de las capas atmosféricas más elevadas. Glaisher ha emprendido tales ascensiones en Inglaterra, aunque con instrumentos no suficientemente precisos; después se han efectuado otras

en Berlín provista de aparatos más exactos. La altura máxima a que se ha podido llegar auxiliándose con la respiración artificial por medio de oxígeno, es la de unos 11.000 m.; a los 8.000 la ascensión es ya peligrosa para el hombre. No se ha desistido, sin embargo, de obtener observaciones en capas atmosféricas más altas, para lo cual se ha recurrido al empleo de "globos sondas", provistos de instrumentos de inscripción automática, y este intento ha obtenido el mejor éxito. Dichos globos han alcanzado alturas próximas a los 30.000 m., lugares donde la presión sólo es unas centésimas del valor que tiene en la superficie terrestre. También por medio de cometas se ha logrado elevar los aparatos registradores a las capas superiores de la atmósfera, y la altura explorada de este modo alcanza varios millares de metros.

Una diferencia esencial existe, sin embargo, entre las observaciones recogidas en las estaciones de altura y las proporcionadas por los globos y cometas. En estas estaciones los observatorios están instalados a gran altura en el aire libre y, de un modo continuo, hora por hora, pueden inscribirse en las gráficas los elementos meteorológicos así como sus variaciones. En cambio, los sondeos hechos con globos o cometas, aun cuando se efectúen a diario, sólo tienen el carácter de observaciones aisladas, que únicamente nos orientan, en un momento dado, acerca del estado de la atmósfera a distintas alturas.

En su consecuencia se tiende, como es natural, a que las observaciones por medio de cometas y globos cautivos, donde sea posible, se efectúen diariamente, de modo que la instalación de institutos aerológicos especiales se imponen cada vez más para completar las observaciones de las estaciones meteorológicas cada vez más necesarias a consecuencia del desarrollo portentoso adquirido por la navegación aérea.

W. Trabert.



NOTICIARIO ASTRONÓMICO

MAPA DEL CIELO. — Teniendo el cielo todos los años en la misma fecha y a la misma hora idéntico aspecto en lo que a las estrellas fijas se refiere, y habiéndose publicado mes por mes una serie completa de seis mapas, difiriendo en cuatro horas de Ascensión recta entre sí, creemos innecesario continuar la publicación de dichos mapas. Por lo tanto pueden nuestros lectores consultar el número V, tomo I de nuestra Revista, en donde encontrarán en las páginas 225 y siguientes la descripción de la posición de las constelaciones para el horizonte de Buenos Aires, como asimismo el mapa del cielo correspondiente a los meses de agosto y setiembre.

En cuanto a “Estrellas variables, dobles y vecinas” véase el número VIII, tomo I, páginas 382 y siguientes, donde el lector encontrará todos los datos sobre estos interesantes astros.

COMETA SCHWASSMANN-WACHMANN. — Nuestro consocio señor Jorge Bobone, habiendo terminado los cálculos de una nueva órbita de este cometa, basados en las observaciones efectuadas desde la fecha de su descubrimiento (mayo 2) e incluyendo las obtenidas en el Observatorio de La Plata hasta julio 8, nos comunica los siguientes elementos deducidos:

ELEMENTOS

$$\begin{array}{l} T = 1930 \text{ junio } 14,1756 \text{ T. U.} \\ \omega = 192^{\circ} 18' 39'',0 \\ \Omega = 76 \ 48 \ 31 \ ,9 \\ i = 17 \ 29 \ 30 \ ,0 \\ e = 0,679073 \\ q = 1,01143 \\ P = 5^{\text{a}},595 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \\ e \\ q \\ P \end{array}} \right\} 1930,0$$

CONSTANTES

$$\begin{array}{l} x = r (9,980559) \sin (358^{\circ} 30' 14'',8 + v) \\ y = r (9,952693) \sin (277 \ 11 \ 17 \ ,7 + v) \\ z = r (9,724659) \sin (239 \ 13 \ 33 \ ,5 + v) \\ v = \text{Anomalía verdadera} \end{array}$$

Como se ve, el señor Bobone deja establecido el importante hecho de tratarse de un cometa periódico cuya revolución alrededor del Sol se efectúa en 5 años y medio. El afelio, situado a 5,6 u. a. lo clasifica entre los cometas pertenecientes a la familia de Júpiter.

Felicitemos al señor Bobone por su éxito y por la valiosa contribución que como aficionado presta a la ciencia astronómica.

NOTAS SISMICAS. — El doctor Federico Lúnkenheimer, jefe de la Sección Geofísica del Observatorio de La Plata, nos comunica lo siguiente respecto a la actividad sísmica del pasado mes:

“Entre los terremotos que se produjeron a fines de junio, después de redactado el último informe para esta Revista, el único digno de mención es el del día 25, con foco, según los cálculos, en el Pacífico al Oeste de la costa Peruana, como ya comuniqué a los diarios el día 26. Esta ubicación para el movimiento en cuestión fué confirmada por las noticias telegráficas publicadas por la prensa de la Capital, y por numerosas observaciones de estaciones norteamericanas de acuerdo con las respectivas comunicaciones recibidas de ellas en este Observatorio recientemente.

Más importante que el mes de junio, durante el cual se registraron en total 8 movimientos, resulta para esta Sección el mes de julio. Si bien el número de terremotos registrados es también escaso, 10 en total, hay entre ellos 3 que llamaron la atención pública, a saber, el del día 3 con foco en la India, el del 14 en Guatemala y el del 22 en Italia. Los tres fenómenos como se ve, tuvieron lugar en países ya célebres mundialmente por su sismicidad. El terremoto de la India fué el más fuerte de todos y se produjo en una región (provincia de Assam, al Sur del Himalaya) que fué sacudida violentamente el 12 de junio de 1897, siendo entonces la región afectada el valle de Bramaputra, y las montañas llamadas de Garo y Khasi-Hills.

En cuanto al terremoto guatemalteco no fué de dimensiones excepcionales y corresponde en intensidad a los regulares de la región centro-americana.

El terremoto italiano, que afectó, según los diarios, las provincias de Nápoles, Caserta, Benevento, Avellino y Potenza, a pesar de los daños que produjo, no se le puede incluir entre los sismos mundiales de mayor intensidad, a juzgar por la pequeña magnitud de las amplitudes con que fué registrado en este Observatorio. Más bien puede decirse que es del orden del terremoto del 14 de abril de 1927 y del 30 de mayo de 1929, destructor el primero en la capital de Mendoza y Santiago de Chile, y el segundo de Villa Atuel (dep. San Rafael, provincia de Mendoza) y Las Malvinas”.

BIBLIOTECA

Donación de nuestro consocio Carlos Cardalda.

RODES (Luis, S. J.).—El Firmamento	1 Tomo
NEWCOMB-ENGELMANN.—Astronomía popular	1 "
FURLONG GARDIFF (Guillermo, S. J.).—Glorias santafecinas..	1 "
MOREUX (Abate).—Origen y formación de los mundos	1 "
" " " Los Enigmas de la Ciencia	1 "
" " " Los Eclipses	1 "
GIUFFRA (Elzear S.).—La fisonomía de la Tierra y su influencia en el hombre	1 "
DOLMAGE (Cecil C.).—El Universo	1 "
ARIAS (José F.).—Los Astros (cosmografía)	1 "
BRUGIER (Eduardo, S. J.).—Elementos de cosmografía	1 "
RICALDONI (T. J.).—Elementos de cosmografía	1 "
COMAS SOLÁ (José).—Astronomía (Labor)	1 "
" " " Astronomía (Calpe 1er. tomo)	1 "
" " " Astronomía y Ciencia general	1 "
TRUCCO (Sixto E.).—Apuntes de cosmografía, 1ra. parte	1 "
" " " " " " " 2da. parte	1 "
LAMBERT (Armando).—Astronomía	1 "
BIGOURDAN (G.).—La Astronomía	1 "
FORBES (George).—Las estrellas	1 "
FLAMMARION (C.).—La pluralidad de los mundos habitados	1 "
" " " Astronomía de las Damas	1 "
" " " Astronomía popular	1 "
" " " Iniciación astronómica	1 "
The Nautical Almanac., año 1929	1 "
Connaissance des Temps, año 1930	1 "
SMITH (Asa).—Astronomía ilustrada	1 "
TRABERT (W.).—Meteorología	1 "
GAJARDO REYES (Ismael).—El Universo sideral (conferencia)	Folleto
THEVENET REYES (Alberto).—El cuadrante solar de la Uni- versidad de Montevideo	"

Donación de nuestro consocio N. S. Cernogorčevich.

REY PASTOR (J.).—Introducción a la Matemática superior.	
ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES. — Años 1904 a 1913. (20 volúmenes, encuadernados).	

Donación de nuestro consocio Carlos L. Segers.

DORMAN STEELE (Joel).—Popular Astronomy.	
AUX AMIS DE CAMILLE FLAMMARION.	

NOTICIAS

REUNION DE SOCIOS. — Recordamos a nuestros asociados que el jueves 21 del corriente, a las 21 y 15 horas, se celebrará la anunciada reunión en la Biblioteca de la Asociación Wagneriana, Florida 940, altos. En ella se tratarán temas libres y algunos socios harán comunicaciones de interés para los aficionados. Invitamos a nuestros colegas a comunicar en estas reuniones toda sugestión práctica, idea, resultado de estudios, lecturas u observaciones, etc., que consideren útiles o interesantes de ser dados a conocer.

VISITA NOCTURNA AL OBSERVATORIO DE LA PLATA. — La Comisión Directiva de la Asociación Argentina “Amigos de la Astronomía” se complace en comunicar a sus asociados que, a pedido de la misma, el director del Observatorio de la Universidad de La Plata, doctor J. Hartmann, atenderá en compañía del alto personal a los señores socios concurrentes a la visita que se efectuará a dicho Observatorio el sábado 20 de setiembre próximo por la noche, a fin de observar con el gran ecuatorial de ese instituto las principales curiosidades que se encuentren visibles.

La excursión saldrá de la estación Constitución en el tren de las 19 y 12 horas que llega a La Plata a las 20 y 08 horas.

El regreso se efectuará en el tren que sale a las 23 y 30 horas y llega a las 0 y 45 horas.

Los señores socios que por causas personales no les fuera posible ajustarse al horario mencionado, pueden concurrir independientemente, teniendo en cuenta que la visita se iniciará a las 20 y 30 horas.



ASOCIACION ARGENTINA AMIGOS DE LA ASTRONOMIA

COMISION DIRECTIVA

<i>Presidente</i>	Orestes J. Siutti.
<i>Vice Presidente</i>	C. Grassi Díaz.
<i>Secretario</i>	Carlos Cardalda.
<i>Tesorero</i>	J. Eduardo Mackintosh.
<i>Vocales</i>	Domingo R. Sanfeliú.
”	Roberto J. Carman.
”	Julio B. Jaimes Répide.
”	Gregorio J. R. Petroni.
”	Aníbal O. Olivieri.
<i>Suplentes</i>	Juan Pataky.
”	Aldo Romaniello.
”	Xenofón F. Lurán.



NOMINA DE SOCIOS

FUNDADORES

<i>Orestes J. Siutti</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>C. Grassi Díaz</i>	” ”
<i>Carlos Cardalda</i>	” ”
<i>J. Eduardo Mackintosh</i> ...	” ”
<i>Domingo R. Sanfeliú</i>	” ”
<i>Roberto J. Carman</i>	” ”
<i>J. B. Jaimes Répide</i>	” ”
<i>Gregorio J. R. Petroni</i>	” ”
<i>Aníbal O. Olivieri</i>	” ”
<i>Aldo Romaniello</i>	” ”
<i>Juan Pataky</i>	” ”
<i>Xenofón F. Lurán</i>	” ”
<i>Hugo J. Berra</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Asoc. Wagneriana de Bs. As.</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Orestes Walter Siutti</i>	” ”
<i>Enrique Gallegos Serna</i> ...	” ”
<i>Jerónimo A. Rocca</i>	” ”
<i>Alfredo Völsch</i>	” ”
<i>Antonio Vázquez García</i> ..	” ”
<i>M. Eugenio Baños</i>	” ”
<i>Ricardo E. Garbesi</i>	” ”
<i>Estela Cardalda</i>	” ”
<i>Carlos López Buchardo</i>	” ”
<i>Ernesto de La Guardia</i> ...	” ”
<i>Andrée M. de Saint</i>	” ”
<i>Enrique Saint</i>	” ”
<i>José Estibales</i>	” ”
<i>José H. Pané</i>	” ”
<i>Eugenio K. Pelletán</i>	” ”
<i>Sara Duarte de Garzón</i>	<i>Prov. de Córdoba.</i>
<i>Paul J. Hogan</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Carlos Havenstein</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Alfredo Cernadas</i>	” ”
<i>Maximino Lema</i>	” ”
<i>Carlos Pessina</i>	” ”
<i>Amadeo Valladares</i>	” ”
<i>Enrique Vera</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Francisco Curutchet</i>	” ”
<i>Juan José San Román</i>	<i>Montevideo.</i>
<i>Alberto Barni</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Pedro F. Napolitano</i>	” ”

<i>Rafael Mathé</i>	" "
<i>Juan Viñas</i>	" "
<i>Tomás Caggiano</i>	" "
<i>José Galli Aspes</i>	" "
<i>Ricardo J. Martí</i>	" "
<i>Rubén Vila Ortiz</i>	" "
<i>Martín Gil</i>	<i>Prov. de Córdoba.</i>
<i>Alberto Preckel</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Ezio Matarazzo</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Francisco Javier Digironimo.</i>	" "
<i>Juan F. Delpini</i>	" "
<i>Luis Viggiare</i>	" "
<i>Bernardo Etchehon</i>	" "
<i>Eduardo Madariaga</i>	<i>Prov. de Corrientes.</i>
<i>Francisco Madariaga</i>	" " "
<i>Sara Mackintosh</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Gabriela Fernández de Schöo</i>	" "
<i>Adolfo Mugica</i>	" "
<i>Manuel Griffiero</i>	" "
<i>Martín Dartayet</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Enrique Piñol</i>	" " " "
<i>Juan G. Sury</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Ulises Bergara</i>	" "
<i>Teodoro M. Bellocq</i>	" "
<i>Océano Piacquadio Bergnes.</i>	" "
<i>Fco. Juan L. Fontaine.</i>	" "
<i>Richard J. Cleghorn</i>	" "
<i>Carlos Emery</i>	" "
<i>Carl Zeiss, Jena</i>	" "
<i>Raúl A. Sortini</i>	" "
<i>José Máximo Ruzo</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Horacio F. Bustamante</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Atilio Cattaneo</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Manuel Gil</i>	" "
<i>José J. Biedma</i>	" "
<i>Pablo Delius</i>	<i>Prov. de Córdoba.</i>
<i>Nicolás Besio Moreno</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Carlos Coello</i>	" "
<i>Paul Dedyn</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Jorge Bobone</i>	<i>Prov. de Córdoba.</i>
<i>Elzear S. Giuffra</i>	<i>Montevideo.</i>
<i>Amanda V. de Dartayet</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Rafael Gironde</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Adolfo Baldasarre</i>	" "

<i>Emilio de Elia</i>	” ”
<i>Enrique Roubaud Martínez</i> .	<i>Montevideo.</i>
<i>Alberto Reyes Thèvenet</i> ...	”
<i>N. S. Cernogorcevich</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Rodolfo Martínez Quintana</i> .	” ”
<i>José R. Navéira</i>	” ”
<i>Valentín Aguilar</i>	<i>Prov. de Corrientes.</i>

ACTIVOS

<i>Pablo E. Fortín</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Pedro C. Vallejos</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Manuel Ferrari Olazábal</i> ...	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Julio Lencioni</i>	<i>Prov. de Santa Fe</i>
<i>Cayetano Cimminelli</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Enrique Galli</i>	<i>Prov. de Santa Fe</i>
<i>Urbano Vizcaya</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Eduardo Viglia</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>José M. Nanni</i>	” ”
<i>José M. del Campo</i>	” ”
<i>Enrique F. C. Fischer</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Arsenio Rodríguez</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Carlos L. Segers</i>	” ”
<i>Carlos A. Mignaco</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Carlos A. Butler</i>	” ”
<i>Alexander Czysch</i>	” ”
<i>E. v. Stliger de Lesser</i>	” ”
<i>A.A.V.S.O.</i>	

Harvard College Observatory

<i>Cambridge, Mass.</i>	<i>E. U. de Am.</i>
<i>Enrique Couleru</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Angel E. Marzano</i>	” ”
<i>Joaquín L. Muñoz</i>	” ”
<i>Marcos González Cueto</i>	” ”
<i>Enrique Waldow</i>	<i>Prov. de Buenos Aires.</i>
<i>Aníbal N. González</i>	” ” ” ”
<i>Otto Mahr</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Carlos Emilio Balech</i>	” ”
<i>Luis H. Lanús</i>	” ”
<i>2da. división del 5º año, turno de la mañana del Colegio Nacional “Bernardino Rivadavia”</i>	” ”
<i>Juan Pérez Prado</i>	” ”
<i>María Sara Bordato</i>	<i>Buenos Aires.</i>
<i>Adolfo C. Alisievicz</i>	” ”