

Universidad de Madrid - Facultad de Ciencias

SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

(Adherido a la Unión Nacional de Astronomía
y Ciencias Afines)

Publicación núm. 58

LA LUZ ZODIACAL
LUZ DEL ESPACIO INTERPLANETARIO

POR

FRANCISCO SANCHEZ MARTINEZ



PUBLICADO EN «VRANIA» NÚM. 264

MADRID

1966

Depósito legal, M. 723-1958

SUGRAÑES HNOS. - Talleres en Tarragona - Conde de Rius, 9

LA LUZ ZODIACAL

LUZ DEL ESPACIO INTERPLANETARIO

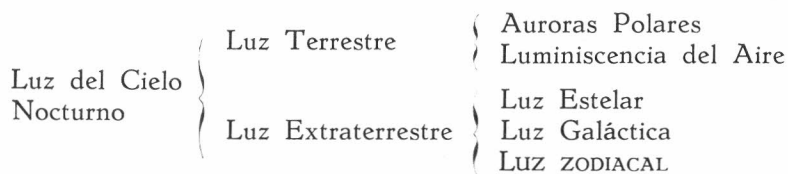
por FRANCISCO SÁNCHEZ MARTÍNEZ (*)

No creo que sea exagerado afirmar que todo el mundo ha visto esos puntitos centelleantes que pueblan la noche y que llamamos estrellas. Bastantes gustan de contemplar habitualmente la maravilla del firmamento nocturno y hasta distinguen las estrellas más brillantes por sus nombres. Sin embargo muy pocos son los que conocen la «Luz del Cielo Nocturno» y saben algo sobre ella.

Estando lejos de las grandes ciudades, cuya atmósfera lo enturbia todo, durante limpias noches sin Luna, se nota en todo lo que nos rodea una especie de luz difusa, casi invisible, pero que se percibe llenándolo todo sin sombras. Es lo que los astrónomos llaman la Luz del Cielo Nocturno.

Lo primero que se piensa es que esta luz sea el resultado acumulativo de la luminosidad de todas las estrellas, tanto las visibles a simple vista como las no visibles. Sin embargo actualmente se sabe que a esta luz también contribuye la atmósfera terrestre cuyas altas capas emiten durante la noche por un fenómeno de luminiscencia y el espacio interplanetario mediante el esparcimiento de la luz del Sol por el polvo cósmico que lo puebla.

Antes de seguir adelante, para situar claramente la plaza ocupada dentro del amplio título de luz del cielo nocturno, por la Luz Zodiacal, llamamos la atención sobre el siguiente esquema:



Nos limitaremos al estudio de esta última, así llamada por ser solamente visible en el camino que recorre el Sol a lo largo del Zodiaco.

(*) Publicación núm. 58 del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad de Madrid.

ASPECTO VISIBLE

Desde la antigüedad más remota los astrónomos han debido conocer la Luz Zodiacal, pues no es difícil observar un cono de luz débil pero claramente visible después del crepúsculo vespertino y antes del matutino que, siguiendo la eclíptica, llega en noches muy limpias a distinguirse hasta el cenit. Véase, como ejemplo, una fotografía (Figura núm. 1) del Cono Zodiacal obtenida en el Observatorio Astronómico del Teide (Tenerife). Los trazos corresponden



Fig. 1

al desplazamiento de las estrellas durante la pose fotográfica. Nótese cómo sobre esta luz se destaca el perfil oscuro de las retamas que pueblan la zona.

El hombre actual, propenso a explicar todo por causas humanas, pensará en el resplandor de una lejana ciudad. Desde luego su aspecto es bastante parecido. También puede confundirse con la iluminación que produce la Luna un poco antes de su salida.

Un hecho curioso y también asequible a cualquiera que en el campo y con buenas condiciones de transparencia atmosférica mire con detenimiento el cielo, sobre todo en las noches de septiembre y octubre, es el Gegenschein (palabra de origen alemán, admitida universalmente, que puede traducirse por algo así como «reflejo»). Es una mancha luminosa pequeña, de contornos no definidos, difusa, que

aparece en el punto diametralmente opuesto al Sol en la bóveda celeste y que ha sido fotografiado por primera vez desde la nave espacial «Geminis V» por los astronautas americanos Cooper y Conrad.

Esto es lo que podemos observar a simple vista. Sin embargo la Luz Zodiacal se extiende por toda la bóveda celeste, aunque sólo resulte asequible para instrumentos adecuados.

HISTORIA

Como antes decíamos, la Luz Zodiacal debió ser conocida desde muy antiguo. Parece ser que ya en los templos egipcios figura representada por un triángulo. Pero, cosa curiosa (siempre se procuran citar antecedentes clásicos y hasta chinos) no se han encontrado referencias en los autores griegos y romanos. Sin embargo los árabes la llamaban «falso crepúsculo matutino». Humboldt afirma además que los aztecas en 1509 ya la conocían.

Entre los que se dedican de una forma regular al estudio de la Luz Zodiacal en el siglo xvi, podemos citar a Wendelin y Childreg; en el xvii a Cassini y ya en el xviii a Mairan. Estos son los que la estudian de una manera sistemática, pues todos los grandes astrónomos de estos siglos dedican algún capítulo de su obra a este problema.

El siglo xix marca la expansión de estos estudios y en ellos destacan Liais, Marchand, Dechevrens S. J., entre otros. También en este siglo Brorsen inicia las primeras observaciones serias del Gegenschein (descubierto como tal por Cecena en 1730).

En el siglo pasado se desarrollan y sostienen teorías para explicar la Luz Zodiacal capaces de satisfacer todos los gustos. Hay desde aquéllas que pretenden ver el origen de esta Luz en los confines del Universo, hasta otras que lo sitúan casi en nuestras inmediaciones, achacándola a ciertas manifestaciones luminosas de una «corriente de Ampere terrestre» y hasta los supuestos «contralisios» (corriente de retorno de los Alisios a nivel superior hoy no admitida). También aparecen otras no obstante, que son las mismas de moda hoy día.

Desde entonces a nuestros días se ha continuado avanzando aunque lentamente y sería muy largo señalar todos los astrónomos que en este siglo se dedicaron al tema.

Actualmente se sabe que esta luz tiene su origen en el espacio interplanetario y es producida por esparcimiento de la radiación solar en una nube de polvo cósmico que se extiende desde el Sol hasta más allá de la órbita terrestre. Más adelante volveremos sobre este asunto.

Las naciones más aventajadas en este terreno son Estados Unidos, Rusia y Francia. Nótese que también son las primeras en la conquista

del Espacio: los resultados del estudio de cualquier fenómeno de origen interplanetario son muy importantes para los vuelos espaciales.

OBSERVACIÓN

La observación de la Luz Zodiacal se realiza mediante fotografías con cámaras de gran campo, fotométricamente con telescopios equipados con receptores fotoeléctricos y espectroscópicamente. También algo se ha hecho mediante cohetes y sondas espaciales, pero sus resultados aún son demasiado imprecisos, sobre todo debido al método microfónico empleado.

Desde luego sea cual fuere el procedimiento usado, observar esta fuente luminosa es difícil. En primer lugar por su debilidad, del orden de 10-8 stilb (como dato comparativo diremos que 1 stilb es la correspondiente al cielo azul diurno). Pero la mayor dificultad reside en que llega a nuestros aparatos mezclada con luces de origen totalmente diferente y, sin embargo, de intensidades similares. La más modesta es la Luminiscencia del Aire, cuya luminancia es enormemente variable de unos lugares a otros del cielo, de unas épocas a otras del año y aun dentro de la misma noche de observación. Luego la Luz Estelar debida a las estrellas visibles en el campo del instrumento más la correspondiente a las no resolubles. Menos grave resulta la Luz Galáctica producida por esparcimiento en el polvo cósmico de nuestra propia Galaxia, ya que queda muy limitada en torno al plano galáctico. Su efecto es prácticamente nulo por encima de los 20° de latitud galáctica.

A esto se añaden las perturbaciones producidas por la absorción y esparcimiento selectivo atmosférico sobre esta mezcla de radiación electromagnética de tan distinto origen.

Creo que lo dicho será suficiente para calibrar la dificultad que el estudio de la Luz Zodiacal encierra tanto de orden instrumental con de orden teórico.

A continuación resumiremos la parte común de los métodos usados hasta el presente, deteniéndonos un poco en el método desarrollado por el Dr. Dumont, porque nos parece superior y porque, además, es el empleado por nosotros en el Observatorio del Teide en Tenerife.

Dos son las etapas a recorrer necesariamente para separar la Luz Zodiacal del resto de los componentes de la Luz del Cielo Nocturno. En la primera se separa la «componente atmosférica» para quedarnos con lo que puede llamarse «componente extraterrestre». Restando a esta última la «componente estelar» tendremos ya como residuo la Luz Zodiacal, proceso que constituye la segunda etapa.

Sin embargo son muy variados los métodos empleados para cubrir estos dos pasos.

Otro paso necesario, aunque forzado por la realidad natural es la elección del dominio espectral en el que van a realizarse las observaciones. Resulta necesario buscar aquellos intervalos espectrales donde la emisión luminosa de la atmósfera sea más débil. En otras palabras, hay que buscar las «ventanas» que nuestra atmósfera deja a la luz extraterrestre.

A continuación y sin entrar en detalles transcribimos un esquema de estas ventanas:

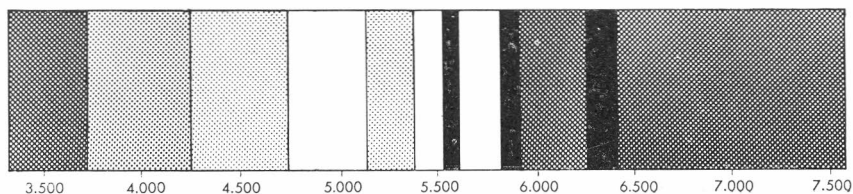


Fig. 2

Tres son los intervalos espectrales usables, el de los 5000 Å con una anchura aproximada de 300 Å y los de 5400 Å y 5700 Å con anchuras de 150 Å. Precisamente el primero ha sido el más empleado hasta el momento.

Si la observación quiere hacerse fotográficamente hay que usar objetivos de gran campo, lo más luminosos posible y que distribuyan la energía uniformemente sobre la placa fotográfica (condiciones éstas difíciles de armonizar). Como en principio, todos estos fenómenos luminosos pueden ser rápidamente variables, este procedimiento tiene la ventaja de poder realizar la observación de un gran campo casi en el mismo instante. Pese a ello la fotografía cada vez se está usando menos, debido a la poca sensibilidad alcanzada en comparación con los modernos fotomultiplicadores de electrones. No hay que olvidar que estamos intentando medir fuentes de luz de una debilidad extrema.

El uso de fotómetros fotoeléctricos está generalizado hoy día en la observación de la Luz del Cielo Nocturno. La mayor precisión se consigue con los fotómetros constituidos por un telescopio de más de 20 cm. de abertura, manejado por un apuntador experimentado y con un fotomultiplicador de electrones como receptor. La fig. número 3 representa uno de estos instrumentos construido especialmente para la fotometría de la Luz Zodiacal.

Desde luego siempre se adopta una solución de compromiso en la elección del instrumento a emplear, de acuerdo naturalmente con el método ideado.

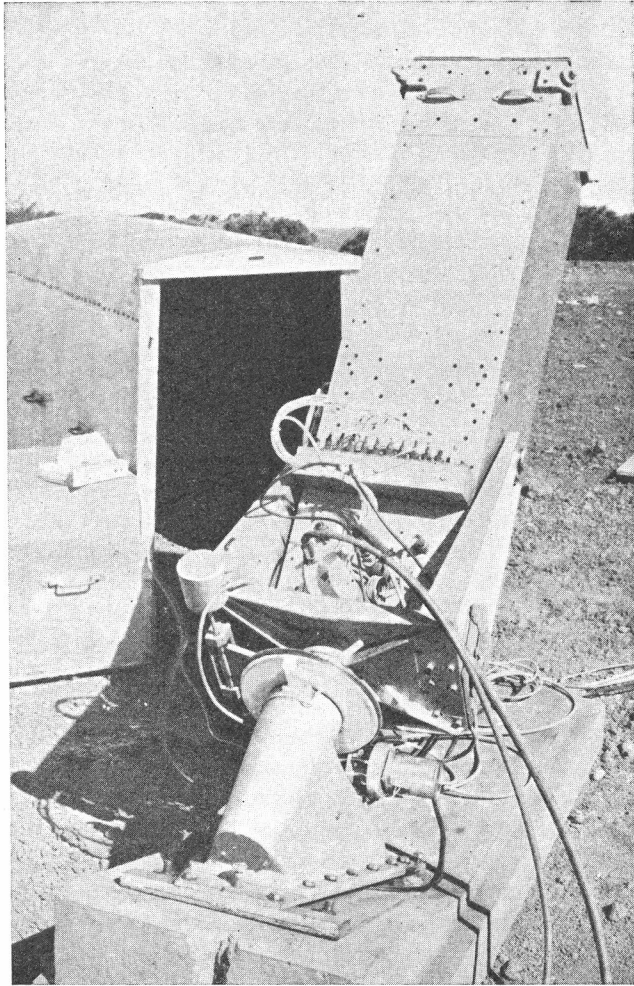


Fig. 3

MÉTODO DE DUMONT

Los resultados obtenidos por el método de Dumont en la separación del continuo de origen terrestre del resto de los componentes de la Luz del Cielo Nocturno son muy convincentes. Se basa en la correlación que Barbier puso de manifiesto entre el continuo y la raya verde OI 5577 Å en el Polo.

Desde el punto de vista observacional, el poder descontar el continuo atmosférico, solamente exige registrar también la respuesta del

fotomultiplicador a través de otro filtro interferencial que aisle la raya verde.

El camino físico para justificar el método y su correspondiente formulación matemática, resultan bastante complejos y especializados por lo que no los transcribo.

Su aplicación es también laboriosa. Basta indicar que hay que calcular paso a paso folios de 31 columnas para las medidas ordinarias y de 41 columnas si se trata de medidas de polarización. Como además hay que determinar aparte la correlación de Barbier y reducir las observaciones de cada noche a unidades absolutas (descontar la absorción atmosférica y las ligeras variaciones en la estabilidad del sistema electrónico de medida), se comprenderá el gran trabajo que ello implica.

Posteriormente hay que realizar una segunda etapa evaluando la luminancia debida al conjunto de estrellas de magnitud superior a la magnitud límite del telescopio usado, distinta para cada punto del cielo. Descontado esto nos queda ya limpia de toda contaminación la luminancia del continuo interplanetario: la verdadera Luz Zodiacal.

Los resultados obtenidos por este moderno método están resultando superiores en calidad a los obtenidos hasta el momento.

EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DEL TEIDE

La isla de Tenerife por su situación geográfica, por sus particularidades climatológicas y orográficas, desde antiguo ha llamado poderosamente la atención de los astrónomos. Allí han estado al frente de expediciones científicas, entre otros Piazzi, Smith, Angstrom y Mascart. Desde hace unos años, por iniciativa del Prof. Torroja Menéndez, el Gobierno Español a través de su Ministerio de Educación y Ciencia está subvencionando la prospección previa al montaje definitivo de un Observatorio Astrofísico permanente en las inmediaciones del Pico del Teide a gran altitud.

Son tan buenos los resultados ya obtenidos que desde hace dos años el Observatorio de Burdeos tiene instalado en Tenerife un telescopio fotoeléctrico excelente y se ha establecido entre dicho Observatorio y el del Teide una estrecha colaboración para el estudio sistemático de la Luz Zodiacal.

La primera ventaja del Observatorio del Teide es su latitud cercana a los 28° Norte. La observación de los Conos de Luz Zodiacal resulta más eficaz cuanto más perpendiculares quedan los mismos con relación al horizonte. La eclíptica posee al máximo esta circunstancia ventajosa en la Zona Tropical. No obstante como resulta necesario realizar observaciones en dirección polar, no es posible

acercarse demasiado al ecuador sin que quede el polo excesivamente cercano al horizonte. Como consecuencia de todo esto, las latitudes más favorables son de los 20° a los 35° . Sin detenernos en especificar cada una de ellas por separado, señalaremos otras ventajas del emplazamiento de Tenerife: su transparencia atmosférica; lejanía de las luces de toda ciudad; el gran número de noches al año en que es posible realizar observaciones, incluso en invierno; etc.

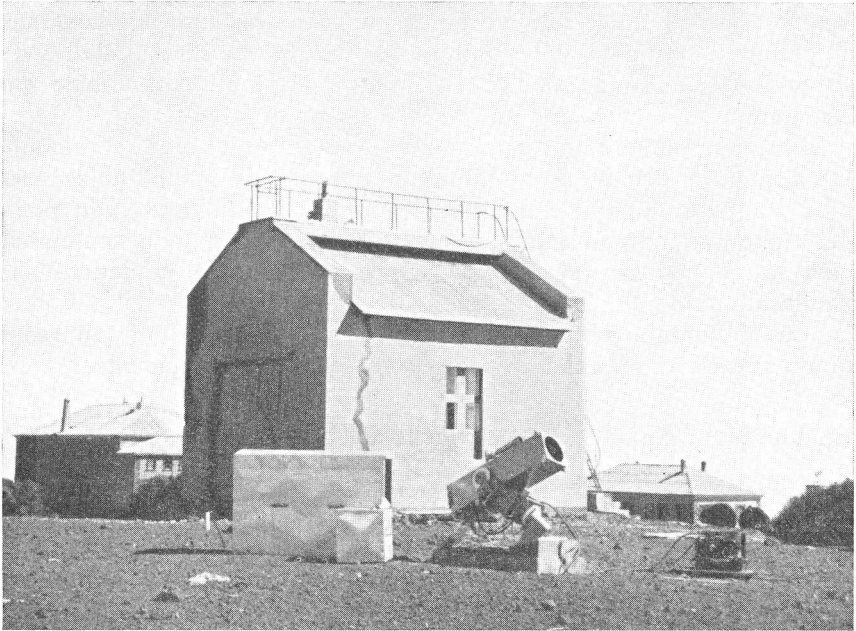


Fig. 4

El instrumento empleado y que aparece en las fotografías de las figuras 3 y 4, es un telescopio Cassegrain de 30 cm. de apertura y con una focal equivalente a 535 cm. La parte electrónica de medida está constituida por un fotomultiplicador Lallemand. El resto de los aparatos están alojados en el interior de una pequeña edificación cercana y aparecen en parte en la fotografía de la figura 5.

El rendimiento que se está sacando a este instrumento es muy grande. La colaboración entre los Observatorios está planteada de la siguiente manera: las observaciones se realizan en el Observatorio del Teide, los cálculos de reducción en el de Burdeos. La preparación de los programas, la extracción y publicación de resultados se hace

mediante contacto directo regular (a veces en Tenerife, a veces en Francia) entre los astrónomos responsables del estudio de la Luz del Cielo Nocturno en ambos Observatorios. La repercusión que los frutos de esta colaboración empiezan a tener entre los especialistas en Luz Zodiacal del todo el mundo, es una prueba, entre otras cosas, del excelente emplazamiento del Observatorio de Tenerife y de la utilidad de la colaboración científica internacional.

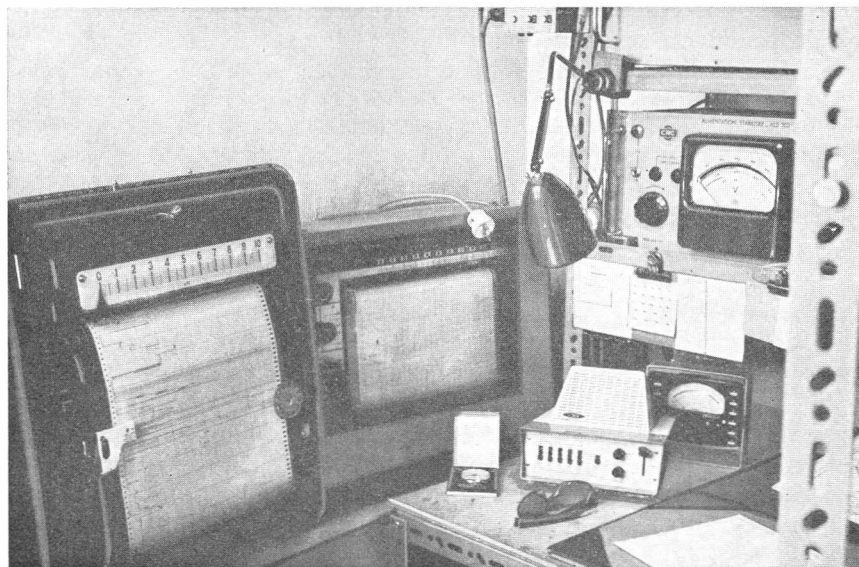


Fig. 5

¿QUÉ SE SABE HOY DE LA LUZ ZODIACAL?

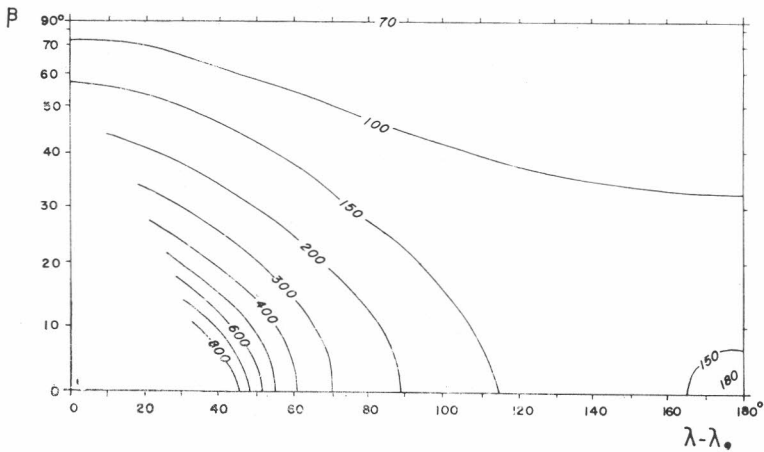
Le meta final en el conocimiento de la Luz Zodiacal es, sin duda, la determinación de la composición físico-química de la materia interplanetaria causante del fenómeno óptico observado, su verdadera distribución espacial y su evolución en el tiempo.

Llegado el momento de concretar cuál es nuestro conocimiento actual al respecto, nos encontramos con la evidencia de que no es gran cosa lo que se sabe, quedando aún demasiado lejos la meta de que hablábamos.

Hasta hace poco casi todos los observadores señalaban la existencia de variaciones estacionales en el brillo de los Conos de Luz Zodiacal y hasta variaciones dentro de una misma noche. Confirmada plenamente la existencia de fuertes variaciones de la Luminiscencia

del Cielo Nocturno por Barbier, Dufay y Williams en 1951, esta afirmación ha perdido casi todo su valor, ya que las variaciones de intensidad de la luminiscencia del aire bastan completamente para explicar las atribuidas a la Luz Zodiacal. Pese a todo aún no hay pleno acuerdo sobre el particular. Las observaciones de Dumont y las nuestras también, descartan la existencia de variaciones rápidas de la Luz Zodiacal, pero no la de lentas variaciones a lo largo del tiempo, por ejemplo con relación el ciclo solar. Sólo después de disponer de observaciones durante suficiente número de años, será posible pronunciarse al respecto.

La Luz Zodiacal, visible sólo en la eclíptica, se distribuye por todo



el cielo. Sin embargo hasta el presente casi todas las observaciones se refieren a una estrecha banda eclíptica. Fuera de ella los resultados son escasos y muy discordantes. Más aún, se sigue afirmando por algunos autores que fuera de la eclíptica la Luz Zodiacal es despreciable. Por lo tanto parte de nuestro programa está dirigido a cubrir esta laguna y determinar, la distribución en todo el cielo del continuo interplanetario.

Está claramente establecida la simetría de la Luz Zodiacal en la banda eclíptica con relación al punto antisolar. Y desde luego la existencia del Gegenschein, siendo el valor de esta mancha antisolar aproximadamente unas 40 veces mayor que el de las zonas eclípticas más débiles. Magnífico acuerdo al respecto entre los trabajos de Peterson, Behr, Siedentopf, Weinberg, Dumont y los nuestros.

En la figura 6 transcribimos el modelo propuesto por Dumont en 1965 mostrando la distribución de la luminancia del continuo in-

terplanetario en el conjunto del cielo. La figura representa un cuarto de esfera celeste en proyección Lambert. Las isótopas están expresadas en estrellas de décima magnitud visual por grado cuadrado y referidas a coordenadas eclípticas en las que se ha llevado el Sol al origen. El Gegenschein figura con 180 estrellas, el Polo de la Eclíptica con 70 y el Polo Celeste con un valor que oscila entre 80 y 110 estrellas.

Un problema muy discutido es la situación del eje de simetría de la Luz Zodiacal. Hasta el momento los más identifican este eje con la eclíptica; no obstante hay quienes afirman que coincide con el plano invariable del Sistema Solar, con el del Ecuador Solar, etc. En principio, teniendo presente que la Tierra no es precisamente el cuerpo más importante del Sistema Solar, parece jactancioso pensar que la nube de materia interplanetaria vaya a tener su eje de simetría coincidiendo con la eclíptica. Nosotros hemos realizado observaciones el respecto y en todas las épocas del año sin haber obtenido, por el momento, resultados que permitan inclinarse por alguno de los planos propuestos.

Sin embargo al reducir las medidas realizadas en 1964 a primeros de junio en que la Tierra se encuentra justamente en el plano del Ecuador Solar, ha aparecido algo sorprendente: en la representación gráfica de las isótopas hay no un eje de simetría, sino dos. El más cercano coincide sensiblemente con la eclíptica y el más débil con el ecuador solar. Por el momento estamos confirmando y estudiando este resultado totalmente nuevo, que no ha sido señalado aún por ningún autor. Lo primero que hay que pensar es en la existencia de más de una nube de materia cósmica. Posiblemnte aparte de una gran nube en torno al Sol, nuestro planeta también tiene su nube propia (efecto mayor sobre la Eclíptica debido a su mayor cercanía). El aumento de materia meteórica en las cercanías de la Tierra que señalan algunos vehículos espaciales avala también esta hipótesis.

No habiendo duda de la existencia del Gegenschein, la razón de esta existencia no está explicada. Para unos es un efecto puramente óptico: según Gylden y Moulton es debido a una acumulación de materia en el punto de libración del sistema Sol-Tierra a unas 0,01 unidades astronómicas; Fessenkov y la escuela rusa admiten la existencia de una especie de cabellera de nuestro Planeta, expulsada de su atmósfera por la presión de radiación (como en los cometas).

Desde últimos del siglo pasado se sabe que la Luz Zodiacal está polarizada. Hoy se puede afirmar que existe una simetría del grado de polarización con relación al punto antisolar-Sol. La explicación física de este fenómeno y sus circunstancias está por hacer.

Resumiendo podemos decir que la Luz Zodiacal tiene su origen en el espacio interplanetario y está producida por un enjambre de

partículas sólidas de densidad comparable a la de los meteoros esporádicos. En ella también hay electrones. Desde luego penetra y sobrepasa la órbita de la Tierra, teniendo posiblemente nuestro Planeta su propia nube.

Pero no conocemos la exacta composición de este polvo cósmico. Si está formando una sola nube o por el contrario hay varias netamente separadas. Si su densidad es uniforme. Cuáles son sus límites. Si su estado es estacionario o por el contrario está sometido a una rápida evolución. Cuál es su origen. Cuál es el papel que juegan los electrones y otras partículas elementales... Y aun podríamos ir señalando más y más incognitas.

Estando en la segunda mitad del siglo xx y pese a lo mucho escrito sobre el tema, tiene plena actualidad lo dicho por Arago en los comienzos del siglo xix: «La Luz Zodiacal no obstante haber sido estudiada científicamente hace aproximadamente dos siglos (ahora tres), plantea aún a los cosmólogos un problema que no han podido resolver de una forma completa... La cuestión es importante y nadie hasta el momento se puede vanagloriar de haberla resuelto definitivamente».

*Observatorio Astronómico
del Teide*

PUBLICACIONES DEL SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID

- 1.—Efe­mé­ri­des de 63 Asteroides para la oposición de 1950 (1949).
- 2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
- 3.—J. PENSADO: Órbita del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
- 4.—Efe­mé­ri­des de 79 Asteroides para la oposición de 1951 (1950).
- 5.—J. M. TORROJA: Corrección de la órbita del Asteroide 1395 «Aribeda» (1950).
- 6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1371 «Resi» (1951).
- 7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efe­mé­ri­des para la oposición de 1951 (1951).
- 8.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis (1951).
- 9.—Efe­mé­ri­des de 79 Asteroides para la oposición de 1952 (1951).
- 10.—J. PENSADO: Órbita provisional de Σ 1883 (1951).
- 11.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 2052 (1952).
- 12.—Efe­mé­ri­des de 88 Asteroides para la oposición de 1953 (1952).
- 13.—J. PENSADO: Órbita de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
- 14.—F. ALCÁZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia (1952).
- 15.—J. PENSADO: Órbita de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
- 16.—B. RODRÍGUEZ SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de períodos de las mareas y predicción de las mismas en un cierto lugar (1952).
- 17.—R. CARRASCO y M. PASQUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1528 «Conrada» (1953).
- 18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Órbita de ADS 1709 = Σ 228 (1953).
- 19.—J. BALTÁ: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente (1953).
- 20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Corrección de la órbita del Asteroide 1452 (1938 DZ₁) (1953).
- 21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos (1953).
- 22.—S. AREND: Los polinomios ortogonales y su aplicación en la representación matemática de fenómenos experimentales (1953).
- 23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determinación de los instantes de los contactos en el eclipse total de sol de 25 de febrero de 1952 en Cogo (Guinea Española) (1954).
- 24.—J. PENSADO: Órbita de la estrella doble Σ 2 (1954).
- 25.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1420 «Radcliffe» (1954).
- 26.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1557 (1942 AD) (1954).
- 27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1290 «Albertine» (1954).
- 28.—J. PENSADO: Distribución de los períodos y excentricidades y relación período excentricidad en las binarias visuales (1955).
- 29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva órbita del Asteroide 1372 «Haremari» (1955).
- 30.—M. DE PASQUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1547 (1929 CZ) (1955).
- 31.—J. M. TORROJA: Órbita del Asteroide 1554 «Yugoslavia» (1955).
- 32.—J. PENSADO: Nueva órbita del Asteroide 1401 «Lavonne» (1956).

(Continúa en la tercera de cubierta)

- 33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra (1956).
- 34.—D. CALVO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1466 «Mündleria» (1956).
- 35.—M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1238 «Predappia» (1956).
- 36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales (1956).
- 37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).
- 38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens (1958).
- 39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 «Prisma» (1958).
- 40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares (1958).
- 41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace (1958).
- 42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española (1958).
- 43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite Améliorée de h 4539 = γ Cen = Cpd $-48^{\circ}4965$ (1958).
- 44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1164 «Kobolda» (1958).
- 45.—M. LÓPEZ ARROYO: El ciclo largo de la actividad solar (1959).
- 46.—F. MÚGICA: Un nuevo método para la determinación de la latitud (1959).
- 47.—J. M. TORROJA: La observación del eclipse de 2 de octubre de 1959 desde El Aaiun (Sahara) (1960).
- 48.—J. M. TORROJA, P. JIMÉNEZ-LANDI y M. SOLÍS: Estudio de la polarización de la luz de la corona solar durante el eclipse total de sol del día 2 de octubre de 1959 (1960).
- 49.—E. PAJARES: Sobre el mecanismo diferencial de un celóstato (1960).
- 50.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Sobre la diferencia entre los radios vectores del elipsoide internacional y el esferoide de nivel (1960).
- 51.—J. M. TORROJA: Resultado de las observaciones del paso de Mercurio por delante del disco solar del 7 de noviembre de 1960 efectuadas en los observatorios españoles (1961).
- 52.—F. MÚGICA: Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos (1961).
- 53.—M. LÓPEZ ARROYO: La evolución del área de las manchas solares (1962).
- 54.—F. MÚGICA: Determinación simultánea e independiente de la latitud y longitud mediante verticales simétricos (1962).
- 55.—P. DíEZ-PICAZO: Elementos de la órbita de la variable eclipsante V 499 Scorpionis (1964).
- 56.—J. M. TORROJA: Los Observatorios Astronómicos en la era espacial (1965).
- 57.—F. MARTÍN ASÍN: Nueva aportación al estudio de la red geodésica de primer orden española y su comparación con la red compensada del sistema europeo (1966).