

REVISTA ASTRONOMICA



ABRIL
JUNIO
1982
N° 221

REVISTA ASTRONOMICA

N° 221
ABRIL - JUNIO de 1982

TOMO LV

AG ISSN 0044 - 9253

REGISTRO NACIONAL
DE LA PROPIEDAD
INTELLECTUAL N° 92.576

La dirección de la Revista no se responsabiliza por las opiniones vertidas por los autores de los artículos publicados o por los datos contenidos en ellos.

DISTRIBUCION GRATUITA
A LOS SEÑORES ASOCIADOS

Patricias Argentinas 550 (1405) Bs.
As. T.E. 88-3366

DIRECTOR:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

SECRETARIOS:

Sr. Carlos Rúa

Sr. Damián Zanette

REDACTORES:

Sr. Ambrosio Juan Camponovo

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti,

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

TRADUCTORES:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

CANJE Y SUSCRIPCIONES:

Srta. Flora Clauré

Sr. Eduardo De Tommaso

EFEMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

COMISION DIRECTIVA

PRESIDENTE

Ing. Cristián Rusquellas

VICE-PRESIDENTE

Contador Claudio Horacio Cuello

SECRETARIO

Prof. Luciano Ayala

PRO-SECRETARIO

Srta. Lilliana Graciela Quarleri

TESORERO

Sr. Eduardo De Tommaso

PRO-TESORERO

Ing. Benjamín Trajtenberg

VOCALES TITULARES

Sr. Carlos M. Antonioli

Lic. Alejandro Di Baja

Sr. Guillermo Luque

Dr. Angel Pappetti

Sr. Luciano Rainieri

Sr. Mario Vattuone

VOCALES SUPLENTE

Srta. Flora Beatriz Clauré

Sr. Roberto Remi Frommel

Sr. Miguel José Ruffo

COMISION REVISORA DE CUENTAS

Sr. Claudio Cuello

Sr. Carlos E. Gondell

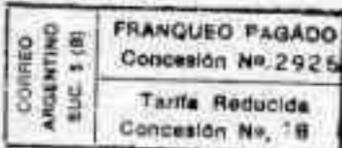
Dr. Fernando Larumbe

Impreso en

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2°,

Tel. 30-2471 Bs.As.



REVISTA ASTRONOMICA



Fundador : CARLOS CARDALDA

Organo de la Asociación Argentina
Amigos de la Astronomía

SUMARIO

CHARLES DARWIN: REFLEXION A 100 AÑOS DE SU MUERTE

por Lic. Alejandro Di Baja (h)

pág. 2

EL INSTRUMENTAL DE LA ASTRONOMIA OPTICA

por el Dr. Hans Elsässer

Carl Zeiss - Oberkochen

West Germany

pág. 6

NOTICIAS DE LA ASOCIACION

pág. 11

MONOGRAFIAS SOBRE EL PLANETAS: SATURNO

por Ambrosio I. Camponovo

pág. 14

EL AFICIONADO Y EL SISTEMA SOLAR

por la Subcomisión de Planetas

pág. 22

SOBREVIVIR AL 1982

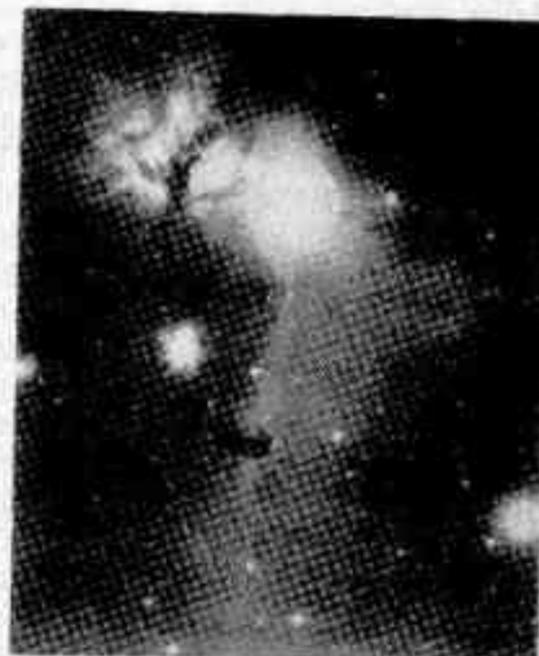
por Mario Cavedón

pág. 24

NUESTRA PORTADA:

*La nebulosa de la cabeza de
caballo en la constelación
de Orión en las
proximidades de la brillante
estrella Zeta Orionis.*

*Foto telescopio de 1,2 m del
Reino Unido.*



Charles Darwin, Reflexiones a 100 años de su muerte

por el Lic. Alejandro Di Baja (h)

El 19 de abril de 1982 se cumplen 100 años del fallecimiento del gran naturalista británico Charles Darwin, quien tras prolongadas y minuciosas observaciones durante la histórica travesía a bordo del "Beagle" logro elaborar su teoría de la evolución de las especies vivas, cuya estructura publicara en su hoy mítico tratado "Sobre el Origen de las Especies". La influencia de sus deducciones sobre la ciencia moderna ha sido formidable, equiparándose a los cismas producidos en las ciencias físicas por las revoluciones copernicanas y einstenianas.

Empero, la primera reacción del lector a esta evocación será probablemente de sorpresa. Seguramente se preguntará, ¿qué tendrá que ver Darwin con la Astronomía? Ciertamente no pareciera ser REVISTA ASTRONOMICA el lugar más apropiado para rendirle un homenaje. Desde un punto de vista estricto, podríamos afirmar sin duda que las investigaciones de Darwin fueron totalmente ajenas a la Astronomía; sin embargo el autor pretenderá mostrar en el presente artículo la tendencia actual —verdadera característica del siglo XX— hacia una progresiva interrelación entre las diversas disciplinas científicas. Esta interrelación tiende hacia una especie de unificación del conocimiento científico, donde disciplinas aparentemente tan alejadas bajo la óptica del siglo XIX como la biología y la física, hoy presentan en cambio una afinidad insospechada. Bajo este enfoque más amplio, el autor considera entonces ampliamente justificada esta evocación en REVISTA ASTRONOMICA. En otro orden de cosas resulta además oportuno reivindicar científicamente el valor de las concepciones darwinianas frente a lo que podríamos calificar como un "revival" creacionista, alentado por concepciones dogmáticas oscurantistas que se aferran a una interpretación literal del modelo bíblico. Este renacer creacionista ha recibido recientemente un notable impulso en los Estados Unidos a raíz de la posición manifiesta al res-

pecto por el propio presidente Reagan, quien con un estilo un tanto imprudente pretendió minimizar la importancia de los trabajos de Darwin, tildándolos de dudosa teoría, mientras afirmaba que la "versión bíblica no era teoría sino verdad". En nuestro país, en rigor no podemos hablar de un renacer creacionista ya que nunca las ideas de Darwin recibieron aceptación plena en nuestro sistema educativo (salvo, claro está, a nivel universitario). La influencia omnipresente de la Iglesia Católica en los esquemas educativos del país impidió que la teoría darwiniana fuera introducida en los planes de enseñanza del nivel medio. Si bien no se enseña tampoco la versión creacionista (en la escuelas públicas), se opta en cambio por un silencio al respecto, centrándose los programas de biología, zoología y botánica en exhaustivas descripciones morfológicas de los seres vivos.

Panorama General del Conocimiento Científico en Epocas de Darwin

En tiempos de Darwin —principios del siglo XIX— las llamadas ciencias naturales se hallaban bien diferenciadas, y sus campos de acción parecían mutuamente excluyentes. Solamente la física y la astronomía se hallaban vinculadas a través de la teoría de la gravitación de Newton. Por un lado, la física se dedicaba al estudio de los movimientos de los cuerpos bajo la influencia de fuerzas, y se comenzaba además el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos (que habrían de esperar recién a los trabajos de Maxwell para ser comprendidos totalmente). La química —a su vez dividida en inorgánica y orgánica, división que subsiste hasta el presente, trataba de las reacciones entre los diversos elementos químicos. Nacida como alquimia en los albores de la civilización, a través de minuciosas observaciones, experimentos de laboratorio, se logró progresivamente sistematizar los re-

sultados de las reacciones químicas, adoptando particular importancia el concepto de valencia.

La química orgánica debe su nombre a la creencia aceptada por entonces de que los compuestos químicos de los seres vivos no podían producirse (hoy diríamos sintetizarse) mediante reacciones en laboratorio a partir de elementos inorgánicos más sencillos. La biología se concentraba principalmente (al igual que nuestros actuales planes de enseñanza media, tal como señalamos precedentemente) en exhaustivas observaciones y clasificaciones de los seres vivos, estando subdividida en zoología (seres animales) y botánica (vegetales). Se había avanzado considerablemente en una clasificación racional de las especies, subespecies, familias, etc. La astronomía, por su parte, había avanzado enormemente desde la invención del telescopio por Galileo, y se había logrado acumular una enorme cantidad de material observacional. Nuestra visión global del Cosmos era entonces aún fragmentaria, y la escala del Universo todavía desconocida. Recién con los trabajos de Hubble en el primer cuarto de siglo XX se comprendió que nuestra Vía Láctea era solamente una galaxia más dentro de un conjunto enorme, separadas entre sí por distancias fabulosas. En el campo de la biología se carecía totalmente de herramientas teóricas como para abordar el problema del origen y evolución de los seres vivos. El desconocimiento de los procesos químicos relacionados con la vida, y del mecanismo de replicación genética de caracteres, así como la fabulosa complejidad de los seres vivos llevaron en forma na-



tural a una aceptación generalizada de una supuesta intervención "divina" directa como causa de los sucesivos pasos evolutivos dados por los seres vivos. En el mundo occidental, entendiéndose por éste la civilización nacida bajo la influencia de las concepciones judeo-cristianas, la explicación dominante era la versión bíblica de los "seis días", considerándose al Hombre como el último y definitivo eslabón de un "plan divino" preconcebido.

Este era a grandes rasgos el mundo en el que creció y se educó el joven Darwin. No debe extrañar entonces que hayan transcurrido casi veinte años entre aquel histórico viaje y la publicación final de su teoría. Seguramente Darwin temía las violentas reacciones que provocaría su "osadía" de proponer un mecanismo natural para la evolución de las especies, despojándolo de toda intervención divina. Probablemente haya sufrido incluso grandes cuestionamientos interiores; no debemos olvidar que antes de zarpar en el Beagle, el joven Darwin realizaba estudios en un seminario protestante. La versión más difundida indica que la noticia de que A. Russel Wallace habría llegado a desarrollar por su cuenta la idea de la selección natural, fue la causa determinante que decidiera a Darwin a publicar su "resumen" que conocemos como El Origen de las Especies.

La Tendencia Actual Hacia la Unificación del Conocimiento Científico

En la sección precedente hemos esbozado a muy grandes rasgos la situación del conocimiento científico en épocas de Darwin. El panorama presente es radicalmente distinto, y el gran cambio producido tiene su origen principal en los notables avances en la física en la primera mitad del siglo XX. En particular el desarrollo de la llamada mecánica cuántica permitió por primera vez comprender la estructura y las propiedades de los átomos —constituyentes básicos de toda materia—. Al comprenderse la importancia que tenía la peculiar distribución de los electrones de cada elemento para sus propiedades químicas, permitió explicar racionalmente la naturaleza de conceptos, antes un tanto oscuros, como la valencia. Poco a poco, partiendo del átomo de hidrógeno —según el modelo de Bohr— se comprendió que las diversas afinidades químicas entre los elementos, eran consecuencia de soluciones particularmente estables de la llamada ecuación de onda para el sistema considerado. Si bien la solución

analítica de la misma sólo es posible en casos sencillos (o en los cristales donde hay una periodicidad que favorece el tratamiento matemático del problema), pueden obtenerse resultados aproximados muy precisos por métodos numéricos.

El avance de las técnicas de computación y la capacidad de las poderosas computadoras grandes para manejar volúmenes de cálculo enormes, han permitido recientemente abordar con éxito moléculas más complejas. Puede decirse que se desvaneció así el límite preciso entre la física y la química. La primera estudia y determina las leyes básicas de la naturaleza que regulan el comportamiento de sus constituyentes esenciales, en tanto que la química trata de las posibilidades de combinación que esas leyes permiten entre los diversos elementos. Asimismo ha desaparecido también —desde el punto de vista conceptual— la distinción entre química orgánica e inorgánica. Se trata simplemente de una cuestión de complejidad. Los compuestos llamados orgánicos son, en general, enormemente más complejos que los inorgánicos, pero resultan de la aplicación de las mismas leyes básicas de la mecánica cuántica que determinan la afinidad entre los elementos. Su particularidad se debe fundamentalmente a la propiedad, diríamos única, del carbono (al menos en el rango de temperaturas que predominan en la Tierra) de formar moléculas complejas con largas cadenas de átomos. La creencia mencionada precedentemente de que no resultaba posible sintetizar a partir de elementos inorgánicos las complicadas sustancias orgánicas, y que esto era una atribución exclusiva de los seres vivos, quedó desvirtuada por los éxitos de laboratorio al respecto. Incluso el hombre ha logrado sintetizar —por métodos relativamente sencillos— sustancias orgánicas (por ejemplo determinados aminoácidos) que la vida, tal como se desarrolló en nuestro planeta, no utiliza.

El siguiente paso en esta unificación del conocimiento científico que estamos esbozando, lo constituye el problema de abordar la biología bajo un enfoque similar. Así como la química orgánica utiliza elementos o radicales inorgánicos sencillos para crear estructuras de una complejidad superior, del mismo modo la biología construye entidades increíblemente complejas (los seres vivos) utilizando como constituyentes básicos sustancias orgánicas (aminoácidos, proteínas, etc). El problema resulta en sí increíblemente complicado; a medida que aumenta la complejidad individual

de los constituyentes básicos, mayor resulta el espectro de combinaciones o soluciones posibles. No existe —y no parece posible que pueda llegar a encontrarse— algo parecido a una "ecuación de onda" para los seres vivos, es decir una ecuación que, introduciendo determinadas "condiciones de contorno", prediga las características de los seres vivos resultantes. La diferencia fundamental en este caso, y ello es lo que lo torna enormemente más complicado, la constituye la interacción con el medio. Este fue el gran descubrimiento de Darwin, y constituye el argumento central de su teoría de la "selección natural". Si combinamos ácido clorhídrico (ClH) e hidróxido de sodio (HONa), el resultado siempre será sal (ClNa) y agua (H₂O).

El único factor que puede determinar la viabilidad de la reacción es la temperatura del medio en la cual se combinan los elementos. El resultado será el mismo en cualquier punto de la Tierra, en Venus, Marte o Júpiter (por citar ambientes bien distintos).

En el caso de los seres vivos en cambio la serie de factores externos (llamado nicho ecológico) que determinan la viabilidad de la subsistencia de una determinada especie (producto de una mutación genética) es increíblemente compleja, incluyendo factores tan disímiles como condiciones meteorológicas (temperatura media, humedad ambiente, etc), disponibilidad de alimento, existencia o no de depredadores, necesidad de competir por el alimento con otras especies, etc. De todos modos, si bien resulta imposible "predecir" la existencia de los seres vivos tal como podemos hacer con los elementos orgánicos, podemos en cambio estudiar en detalle mecanismos propios tales como la replicación genética, la herencia de caracteres, etc. todos bajo un enfoque racional molecular. Esto ha sido posible a partir del descubrimiento de la llamada "doble hélice", estructura básica común a todos los seres vivos donde se guardan las características genéticas de cada individuo. Es interesante señalar que en épocas de Darwin no se tenía la más remota idea del mecanismo por el cual los caracteres genéticos se heredaban de una generación de individuos a la siguiente, lo que no hace más que valorar aún más la magnitud del trabajo de Darwin. Se han producido avances gigantescos en las últimas décadas en nuestra comprensión de los delicados mecanismos de transmisión genética. Se vislumbra como posibilidad cercana —y ciertamente inquietante— la manipulación artifi-

cial del código genético. Mediante lo que se ha dado en llamar "ingeniería genética", resultaría posible introducir artificialmente ciertas mutaciones que mejorarían determinadas cualidades del individuo. De este modo la selección natural (lenta pero de una eficiencia infalible, que permite adaptar constantemente los individuos a un medio siempre cambiante) podría ser superada por una "selección artificial" mucho más rígida. Se comprenden los peligros potenciales que subyacen bajo esta perspectiva tan inquietante que involucra aspectos éticos mayúsculos.

El Aporte de Darwin, Ciencia y Religión

La notable audacia de Darwin consistió en atreverse a postular, en el ambiente histórico al que pertenecía, una explicación natural para la evolución de las especies. Sus meticolosas observaciones durante la travesía del Beagle en especial en las islas Galápagos, le permitieron concebir la teoría de la evolución. Actualmente, enriquecida por los conocimientos adquiridos con posterioridad a Darwin acerca de la transmisión de caracteres genéticos, podemos resumirla del siguiente modo:

a) Las poblaciones naturales de individuos de una especie poseen un enorme reservorio de variabilidad genética; esta variabilidad significa que sobre la base de un patrón básico característico de la especie, los individuos particulares de la misma son todos diferentes, incorporando cada uno sutiles —y a veces grandes— diferencias genéticas. Esta variabilidad se transmite —a su vez modificada por factores aleatorios y por el medio— de generación en generación, de modo de disponer siempre de un amplio reservorio genético.

b) La selección natural —la supervivencia y reproducción diferencial de los individuos genéticamente distintos— adopta las modificaciones beneficiosas y rechaza las perjudiciales.

La historia de la vida sobre la Tierra desde los primitivos organismos unicelulares hace algunos miles de millones de años, hasta el hombre, constituye bajo esta óptica una constante interacción entre el medio y los organismos, los que a su vez modifican a aquél, cambiando las condiciones necesarias para futuras generaciones de individuos (pensemos en la atmósfera primitiva de la Tierra, donde no existía virtualmente oxígeno molecular; éste fue introducido en cantidades masivas por acción de las plantas mediante el

proceso de la fotosíntesis, creando así las condiciones para la aparición de los animales, seres vivos superiores que metabolizan alimentos haciendo uso de reacciones que involucran oxígeno, las que son energéticamente más eficientes). Este enfoque no le asigna al hombre ningún papel particular "predeterminado", sino que es en todo caso la emergente más evolucionada de una línea particular evolutiva perteneciente a los mamíferos. El hecho de que la inteligencia apareciera en la rama de los mamíferos hace aproximadamente un millón de años, es el resultado de la particular línea evolutiva que caracterizó al ecosistema Tierra. Y esto, las religiones establecidas, no pudieron perdonarle a Darwin. Su teoría sufrió grandes resistencias y fue víctima de violentos ataques verbales por sus herejías. Este enfrentamiento pone de manifiesto la incompatibilidad entre dogma y razón, entre religión y ciencia. Desde una perspectiva más amplia, los descubrimientos de Darwin consisten básicamente en comprender un **mecanismo** por el cual la Naturaleza funciona.

Esta comprensión debe situarse en el mismo plano en que, por ejemplo, comprendemos la ley de gravitación universal, o los principios del electromagnetismo. En tanto los descubrimientos del hombre se limiten a descubrir las leyes que gobiernan lo inanimado, pareciera no haber choque con las concepciones dogmáticas religiosas (al menos en el presente, ya que si nos remontamos a la época que la Iglesia apoyaba la concepción geocéntrica ptolemaica, debemos lamentar muchos muertos en la hoguera por sostener lo contrario. Otros como Galileo salvaron su vida por su edad avanzada, y su anatema "eppur si muove" retumba claro en el pasado). No obstante cuando el avance científico arroja luz sobre áreas consideradas como "misteriosas" por las religiones, afloran los problemas y la intolerancia. Cuestiones que parecían inabundables hace sólo un siglo, como el origen de la vida, la transmisión genética, la inteligencia, etc. van clarificándose cada vez más, y no resulta aventurado afirmar que las leyes y principios que las gobiernan queden, dentro de algunas generaciones, totalmente clarificados. Es en estos campos donde las religiones intentan poner mayores trabas a la investigación científica, ya que en numerosos aspectos de estos temas tienen dogmas establecidos que temen ver destruidos por la evidencia. Es importante señalar entonces lo pernicioso de concepciones dogmá-

ticas relativas a hechos y leyes del mundo material. En efecto, mientras los dogmas religiosos se refieren a cosas intangibles como cuestiones relativas a problemas estrictamente religiosos (jerarquías de ángeles, querubines, etc) evidentemente las mismas resultarán inocuas para el avance de la investigación científica, ya que le son ajenas, e inabundables por el método científico.

En cambio cuando un dogma se refiere a alguna característica concreta del Universo, inmediatamente resulta posible ponerlo a prueba. Históricamente la Iglesia adoptó posiciones dogmáticas respecto a temas que consideraba inabundables científicamente, confiando así su seguridad a la imposibilidad de verlos destruidos. Sin embargo el avance de la ciencia trajo luz hacia regiones insospechadas. Ya citamos el caso del apoyo de la Iglesia a la concepción geocéntrica, desvirtuada posteriormente por Copérnico. El caso de Darwin —que motiva estas reflexiones— es otro ejemplo de intolerancia. Evidentemente, la teoría de la evolución va afirmándose y enriqueciéndose con los descubrimientos más recientes de genética, y la causa oscurantista de los creacionistas es una causa perdida. En rigor toda causa dogmática es una causa anticientífica por excelencia, a no ser que por casualidad un dogma pueda resultar cierto y verificable posteriormente. Por ejemplo, si intentamos construir una religión sobre la base de que la atracción universal tiene una dependencia con el cubo de la distancia, evidentemente será una causa fácilmente rebatible por experimentos sencillos. Igual suerte correrá una religión que afirme que la raíz cuadrada de dos es un número racional. Si bien al lector estos ejemplos le pueden resultar un tanto burdos, desde el punto de vista conceptual cualquiera de los dos dogmas precedentes es tan absurdo como negar la posibilidad de que el hombre descubra los mecanismos naturales de la evolución, y afirmar que la creación de la vida y del hombre obedecen a actos "sobrenaturales".

Así como el autor considera dogma y razón (o religión y ciencia) como disciplinas incompatibles, por el contrario piensa que los avances en el conocimiento científico no niegan (aunque por cierto tampoco avalan) la existencia de Dios. El problema de la existencia de Dios es básicamente un problema ajeno al método científico, e inabundable por la ciencia. Al respecto, resulta oportuno reproducir unos párrafos del conocido físico y novelista de ciencia fic-

ción Arthur Clarke, quien dice: "La hipótesis a que os referís como Dios, aunque no puede ser rechazada por la mera lógica, es innecesaria por la siguiente razón.

"Si damos por sentado que el universo puede ser "explicado" como la creación de una entidad conocida como Dios, él debe ser, obviamente, de un grado de organización más alto que su producto. Por lo tanto, hemos doblado con exceso el tamaño del problema original y dado el primer paso hacia un razonamiento inverso de infinita divergencia".

(Fuentes del Paraíso, A. Clarke, Ed. Emecé)

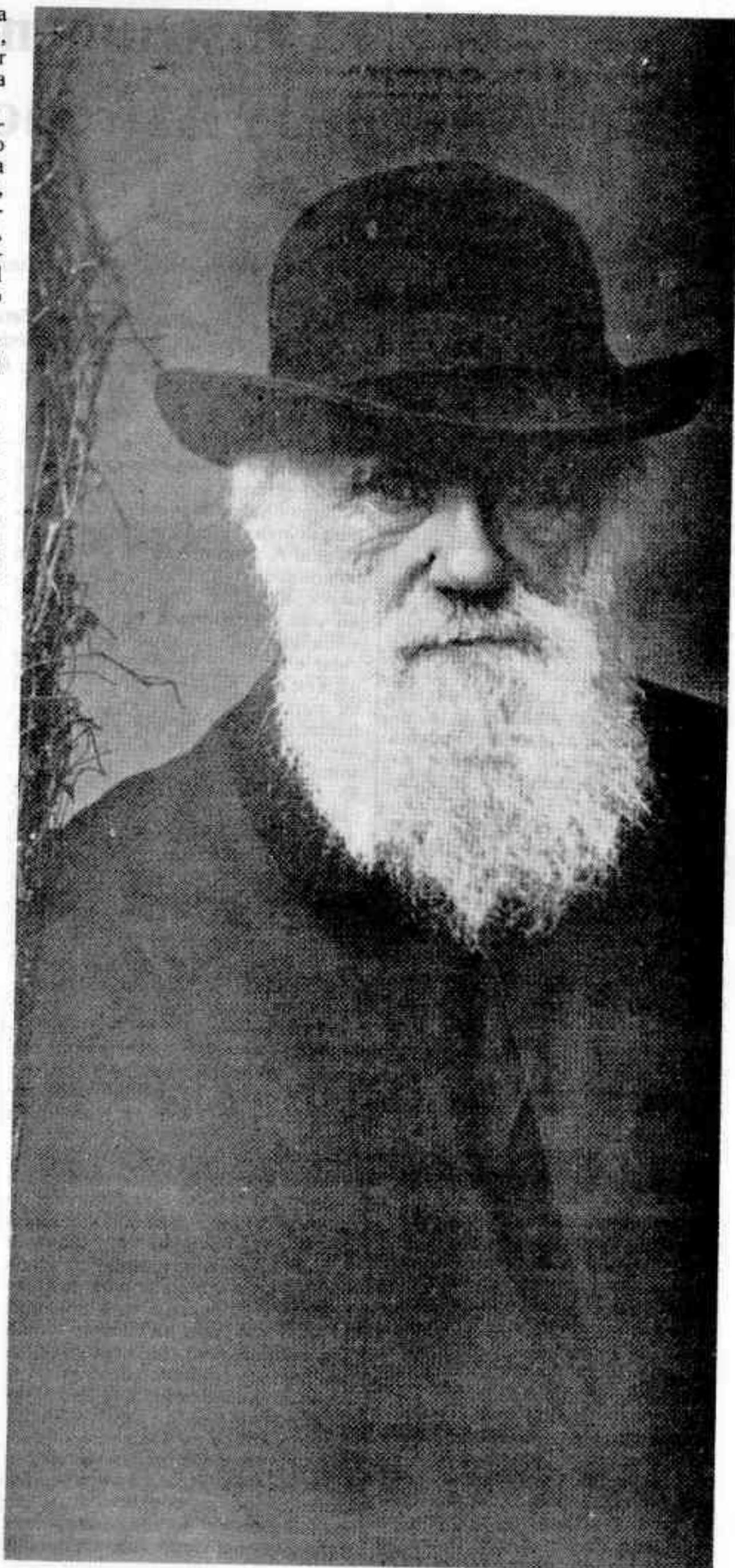
Volviendo a nuestro tema original, resulta oportuno destacar una vez más que la contribución de Darwin a nuestro acervo cultural, consiste en el descubrimiento de un **mecanismo** fundamental de la naturaleza, y que ese derecho de la ciencia a investigar, descubrir y publicar los frutos de las investigaciones debe ser defendido abierta y valientemente por la comunidad científica, frente al embate oscurantista de los dogmáticos (cualquiera sea su credo). Debe hacerse comprender además que el avance del conocimiento científico no significa un enfrentamiento deliberado contra las religiones establecidas, sino que son éstas las que mediante sus dogmas intentan trabar en beneficio propio el derecho inalienable del hombre a conocer. Para aquellos lectores que se sientan identificados con las ideas del Cristianismo, conviene recordar las palabras atribuidas a Jesucristo:

"No hay nada oculto en este mundo que el hombre no pueda conocer".

Mateo 10-26

Al fin y al cabo, lo que hace la ciencia es descubrir lo que está establecido. El hombre **no puede crear leyes de la Naturaleza**, a lo sumo puede descubrirlas y utilizarlas en provecho propio y de sus semejantes (frecuentemente también, hace mal uso de ellas). No podemos alterar la constante de gravitación, ni la cons-

Alrededor de 1880 Darwin fue fotografiado en su casa de Down House Kent, donde vivió y trabajó desde 1842. Murió en 1882 a la edad de 73 años; y fue enterrado en la abadía londinense de Westminster.



tante de Plank, ni la velocidad de la luz. Que la primera valga $6,670 \times 10^{-8}$ dina-cm/g², la segunda $6,626 \times 10^{-27}$ erg-seg, y la última $2,998 \times 10^{10}$ cm/seg son hechos que de alguna manera caracterizan a nuestro Universo y no le resulta posible a la ciencia explicar el por qué de estos valores particulares. Ciertamente las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo funcionarían perfectamente con otro valor numérico de la velocidad de la luz (todo lo que exigen es que tenga un valor determinado en el vacío); del mismo modo la atracción gravitatoria newtoniana respondería satisfactoriamente frente a un valor de la constante de gravitación distinto. Tampoco puede explicar la ciencia por qué el electrón tiene una masa en reposo 1835 veces menor que la del protón, o por qué la unidad fundamental de carga vale $4,803 \times 10^{-10}$ pues (es decir por qué precisamente estos valores numéricos particulares y no otros) por citar un par de ejemplos más. En suma, la ciencia no puede explicar por qué el Universo es como es, y no distinto, pudiendo a los sumo especular sobre cómo sería un Universo con otras leyes diferentes. (para los lectores amantes de la ficción científica, la excelente novela de Olaf Stapledon, **Hacedor de Estrellas**, proporciona una imaginativa descripción de hipotéticos Universos con leyes diferentes —por ejemplo uno en el que hay más de una dimensión temporal).

Considerar entonces que esta tarea de búsqueda y descubrimiento de las leyes que gobiernan nuestro Universo sea una empresa censurable, revela un grado de intolerancia deplorable. Con sus observaciones y razonamientos, Darwin aportó luz sobre áreas del conocimiento donde ante todo era oscuridad, sentando las bases de una comprensión racional de los mecanismos de evolución de los seres vivos. Hoy, a 100 años de su muerte, en el seno de la comunidad científica sus ideas se han afirmado y enriquecido con los aportes de la genética; no obstante, es menester aún una amplia tarea de divulgación para explicar fuera de los ambientes académicos el significado de la teoría de la evolución, debiéndose luchar para ello todavía contra prejuicios y dogmas que el hombre no ha podido aún superar plenamente. Confiemos que dentro de 100 años, cuando se recuerden los dos siglos de la muerte de Darwin, no resulte aún necesario seguir luchando contra el oscurantismo dogmático, y tal como ocurriera con la teoría heliocéntrica de Copérnico, la ciencia obtenga un reconocimiento pleno.

El Instrumental de la Astronomía Óptica

por Dr. Hans Elsässer

Carl Zeiss, Oberkochen, West Germany

Reproducido de Zeiss Information N° 24 según versión española suministrada por Carl Zeiss, Oberkochen, West Germany, la que retiene los derechos de autor

La astronomía experimenta actualmente una expansión de su potencial de trabajo como nunca hasta ahora en su larga historia. Nuevas instalaciones para la investigación astronómica han surgido recientemente no sólo en las naciones de civilización más avanzada, sino que también una serie de países en vías de desarrollo han adoptado iniciativas ambiciosas para poder participar en la exploración moderna del espacio. Los países árabes recuerdan su gran pasado astronómico y manifiestan el deseo de hacer renacer la astronomía y crear modernos observatorios.

Es particularmente notable el gran número de grandes telescopios que últimamente se han instalado o que se encuentran en construcción. No menos que siete telescopios ópticos con aberturas mayores de 3 m han sido puestos en servicio en los últimos años o se encuentran a punto de ser completados: El telescopio ruso de 6 m en el Cáucaso, dos instrumentos en los Estados Unidos de América con 4 m de apertura para el Kitt Peak National Observatory cerca de Tucson y el Observatorio Americano para el Hemisferio Sur en Chile, el telescopio anglo-australiano de 3,9 m en New South Wales, el telescopio de 3,6 m del Observatorio Europeo del Sur (ESO) en Chile, el telescopio franco-canadiense de 3,6 m en Hawaii y el telescopio de 3,5 m de la Fundación Max Planck para el Calar Alto en el sur de España. El aumento que esto representa para un periodo de diez años se pone de manifiesto si se tiene en cuenta que antes de 1973 sólo había en funcionamiento dos instrumentos de esta envergadura, el telescopio reflector de 5 m en el Mt. Palomar y el telescopio de 3 m del Observatorio Lick.

Los motivos de este asombroso desarrollo son muy diferentes y no sólo han de buscarse en el sector científico. Sin duda alguna, proporcionaron un impulso decisivo los descubrimientos sensacionales de la radioastronomía

surgida después de la última guerra mundial y las investigaciones extraterrestres aún más recientes, efectuadas con cohetes, satélites artificiales y sondas espaciales que han demostrado claramente que, a pesar de los impresionantes conocimientos del pasado, nuestro saber sobre el cosmos todavía es muy fragmentario y que una dedicación activa promete abundante recompensa. Como se vió muy pronto, sin embargo, no sería acertado fomentar con preferencia los ramos más recientes de la astronomía. Antes bien, es importante dar un mismo peso a las distintas disciplinas que fundamentalmente se distinguen en su dedicación a distintas bandas de longitudes de ondas de la radiación electromagnética proveniente de los astros, para poder aprovechar la información cósmica que recibimos a lo largo de todo el espectro. Esto explica, ante todo, la ampliación ya mencionada de la astronomía óptica terrestre que en el conjunto de los distintos métodos todavía desempeña un papel decisivo que no podrá negarsele tampoco en el futuro.

En la República Federal de Alemania tuvimos que hacer frente, hace algunos años, no solamente a estas exigencias actuales de un sector de la investigación básica en expansión rápida, sino también a la patente necesidad de recuperar el terreno perdido, ya que en nuestro país se había descuidado durante decenios la astronomía empírica. Se necesitaba, pues, un doble esfuerzo, que efectivamente se realizó y, además de otras medidas importantes, llevó en 1969 a la fundación del Instituto de Astronomía Max Planck como organismo central para la República Federal, con su observatorio en el Calar Alto, en Andalucía oriental, cerca de Almería.

Telescopios ópticos actuales

En las explicaciones siguientes me limitaré a los telescopios reflectores que se impusieron definitivamente en

el primer tercio de nuestro siglo en las grandes aberturas, frente a los refractores. Si se comparan los instrumentos recientemente completados y los que todavía se encuentran en construcción con los más antiguos, a simple vista casi no se apreciará diferencia alguna. Realmente siguen siendo válidos los conceptos realizados en los primeros grandes reflectores, tales como el de 100 pulgadas en el Mt. Wilson (completado en 1917) y el de 200 pulgadas en el Mt. Palomar (1948). Todavía se prefiere el telescopio de múltiples aplicaciones en el cual pueden aprovecharse, según la tarea y el instrumental adicional empleado, hasta tres posiciones del foco con un solo espejo principal: El foco primario, cuya abertura $N = f/D$ (focal/abertura) se ha desplazado hacia valores más pequeños y actualmente es, por lo general, de $N \approx 3$; el foco Cassegrain del sistema de dos espejos, detrás del espejo primario con orificio central ($N = 8 \dots 15$) y el foco acodado ($N \geq 30$), fijo, realizado con la ayuda de varios espejos de deflexión. Aunque últimamente han aparecido en algunos lugares grandes instrumentos para tareas especiales, ante todo para mediciones infrarrojas, este tipo «clásico» del telescopio sigue manteniéndose a la cabeza.

Por otro lado, se han alcanzado progresos notables en muchos aspectos en las soluciones constructivas y la tecnología de la construcción de telescopios, tratándose a continuación brevemente los más importantes:

a) Sistema óptico: Gracias a su campo útil mayor, se emplea actualmente cada vez más el sistema de dos espejos según *Ritchey-Chrétien* (RC). Los astrónomos están interesados en un campo grande para observar objetos extensos, tales como nebulosas y cúmulos de estrellas, o para programas de exploración, es decir, para la continua tarea de buscar objetos estelares de determinadas características. Mientras que hace 50 años se exploraba la bóveda celeste buscando planetas pequeños, actualmente se intenta identificar estrellas infrarrojas fuertemente enrojecidas en la Vía Láctea o galaxias activas. Pero también es deseable un campo no demasiado pequeño para mediciones en el mismo eje del telescopio, ya que los objetos muchas veces brillan tan débilmente que sólo por el método «offset» pueden posicionarse y seguirse exactamente con ayuda de una estrella vecina, más luminosa. Los reflectores más antiguos aprovechan casi todas las propiedades focales de las secciones cónicas — el espejo primario es cóncavo parabólico, el secundario convexo hiperbólico — y tienen campos

de diámetro relativamente pequeño debido a la coma rápidamente creciente fuera del eje óptico; valores corrientes para el foco primario son pocos minutos de arco, para el foco Cassegrain 10'. El tipo RC tiene una disposición muy parecida a la del sistema Cassegrain clásico, pero los perfiles de los espejos corresponden a curvas de orden superior y están deformados de forma que resultan imágenes exentas de coma en el foco secundario (sistema aplanético). Con la abertura corriente de $N = 8$, el campo útil tiene un diámetro de unos 30' y está limitado ahora por astigmatismo. Una consecuencia menos agradable son las aberraciones en el foco primario del espejo principal, el cual ya no produce ninguna imagen nítida en el eje, debido a la deformación adicional. Sin embargo, empleando elementos dióptricos, situados inmediatamente delante del foco y, por consiguiente, de diámetro relativamente pequeño, se puede corregir un campo de diámetro interesante también en el foco primario. Así, por ejemplo, para el telescopio de 3,5 m actualmente en construcción en la casa Carl Zeiss de Oberkochen, se está construyendo un corrector de dos lentes con una abertura libre de 190 mm, que dará un campo primario de casi 30'; con un corrector esférico de tres lentes se obtendrán incluso 60'. También en el foco secundario puede aumentarse considerablemente el campo útil del sistema RC mediante correctores. El telescopio de 1,2 m en el Calar Alto, que igualmente fue construido en Oberkochen y en el cual se aprovecha

solamente el foco Cassegrain, puede fotografiar de hasta 1,5° de diámetro con un corrector de dos lentes (figura 1). Esto quiere decir que casi se obtienen campos que hasta ahora sólo podían conseguirse con un objetivo astrográfico de varios lentes y un espejo Schmidt. El límite actual es más bien un tamaño aún fácilmente manejable de las placas que las aberraciones del sistema óptico.

No obstante, el entusiasmo provocado por los grandes campos obtenibles ha sido algo atenuado por la experiencia práctica: Los correctores cercanos al foco ocasionan reflejos que pueden ser muy molestos si el campo fotografiado incluye fuertes contrastes de luminosidad (estrellas brillantes, gradientes de gran extensión, etc.). Sin embargo, esto no afecta para nada a la actual preferencia por el sistema RC que hoy día se elige incluso para telescopios menores, ya que también es posible prescindir en el foco secundario de un corrector, siendo posible en muchos casos renunciar al uso del foco primario. El hecho de que este sistema se imponga sólo hoy pese a que su teoría ya era conocida desde hace más de 50 años, se explica por las dificultades de fabricación, ante todo en los métodos de prueba de las deformaciones necesarias, que sólo últimamente se han conseguido dominar en los talleres ópticos.

b) Material de los espejos: Los continuos esfuerzos de fabricar un sustrato de poca dilatación térmica han conseguido éxitos durante los últimos años que apenas dejan nada que desear. En la práctica astronómica es

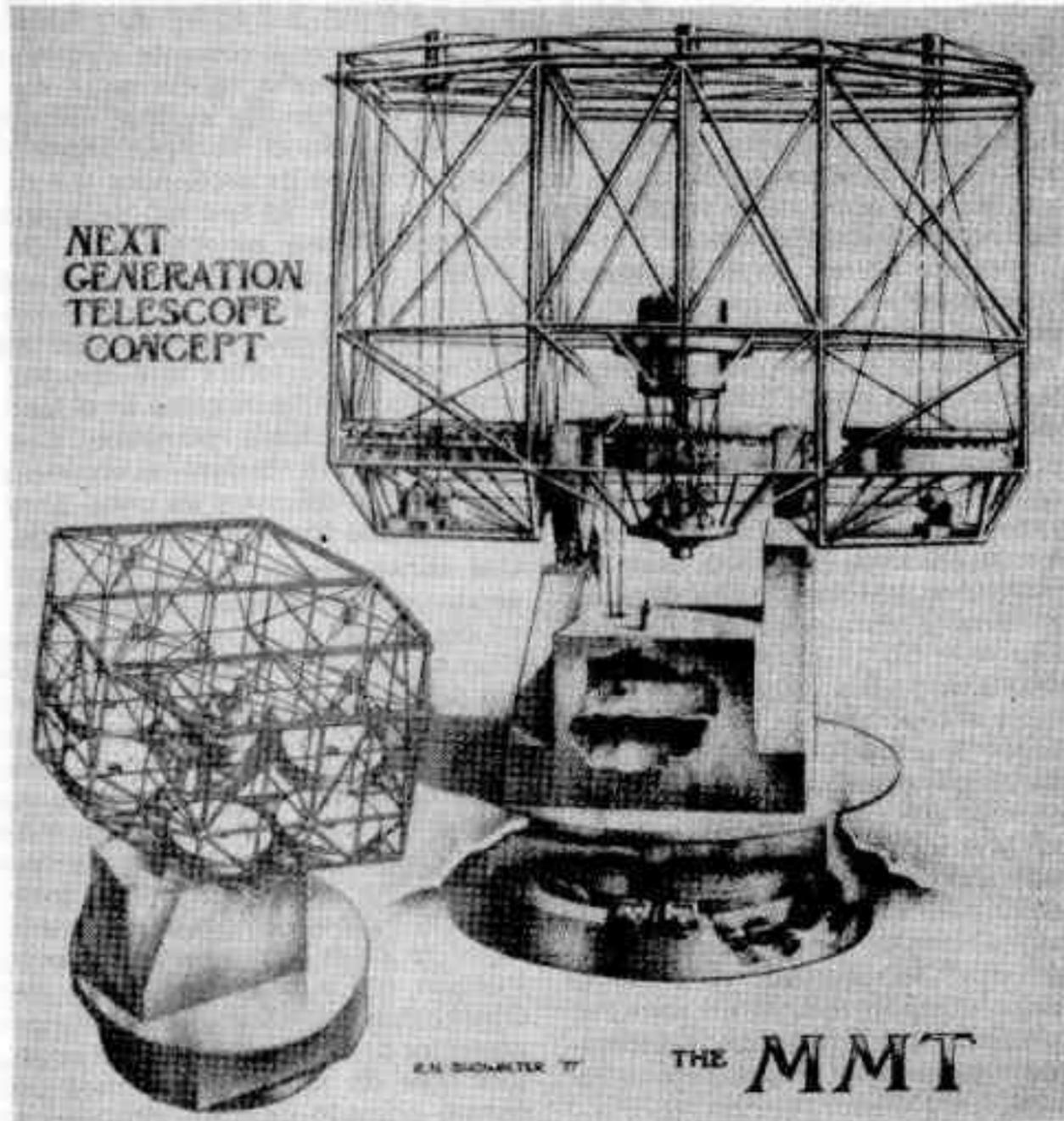
DE INTERES PARA LOS SOCIOS

Debido a inconvenientes reiterados en el cobro de las cuotas sociales mediante compañías de cobranzas, la Comisión Directora ha decidido tender progresivamente hacia la eliminación de las mismas, reemplazándose el sistema de cobradores por el pago directo en nuestra Secretaría o bien por correo mediante cheque o giro postal. Abone personalmente y en forma puntual sus cuotas y contribuya así a una más eficiente adjudicación de nuestros recursos.

inevitable que un telescopio sea expuesto a fluctuaciones repentinas de la temperatura ambiente que pueden ocasionar deformaciones de las superficies ópticas y un empeoramiento de la calidad de la imagen, ante todo en los grandes telescopios. La intensidad de este efecto queda determinada, ante todo, por el coeficiente de dilatación α del substrato del espejo. Un paso importante hacia materiales con bajo α fueron los vidrios de borosilicato (Duran, Pyrex), empleados desde los años treinta para espejos de telescopios y cuyo α es de $30 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$. Al conseguirse en 1960 la fabricación de espejos mayores de cuarzo con $\alpha = (6 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C})$, ello fue celebrado como progreso decisivo y aprovechado inmediatamente para varios de los grandes proyectos entonces a punto de comenzar (Kitt Peak, ESO). Sin embargo, pocos años después se consiguió producir discos de vidrio cerámico en tamaños interesantes, cuyos valores α se aproximaron aún más a cero. Este material parcialmente cristalino se impuso rápidamente como substrato de espejos y conquistó el mercado. Contribuyeron a ello, además de su comportamiento térmico, otras propiedades favorables: facilidad de trabajar, comportamiento a las tensiones, transparencia, y, finalmente, su precio reducido, comparado con el cuarzo.

Todos los espejos de nuestros telescopios con una abertura de 2,2 y 3,5 m han sido fabricados de vidrio cerámico Zerodur, desarrollada por JENAer Glaswerk Schott & Gen. de Maguncia. La prueba del bloque en bruto del espejo primario del telescopio de 3,5 m, suministrado en 1975, la cual se apoyó en un examen de 60 mediciones en distintos puntos del disco, dio como coeficiente de dilatación para temperaturas entre -30°C y $+70^{\circ}\text{C}$ un valor medio de $+0,15 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$, encontrándose todos los valores individuales dentro de un intervalo de $(-0,1 \dots +0,3) \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$. Además de estos resultados satisfactorios hay que mencionar que los pedidos efectuados a Maguncia han contribuido a cementar la posición de vanguardia que ocupa la empresa Schott como productora de discos en bruto para espejos astronómicos.

c) **Mando, accionamiento:** Como en muchos otros sectores de la ciencia y la técnica, se emplea en alto grado la electrónica para tareas de control y de mando. La resultante tendencia a la automatización tiene por efecto que, por un lado, se reducen considerablemente los tiempos muertos que se presentaban anteriormente al posicionar el telescopio y en otras operaciones, antes de comenzar la «colección de fotones» propiamente dicha y que, por el otro lado, el observador no tiene que dedicar tanta atención al control del sistema técnico del telescopio y,



por lo tanto, puede concentrarse más en sus tareas auténticamente astronómicas. Para el mando se emplean hoy día con frecuencia procesadores o microprocesadores que orientan el telescopio y la abertura de la cúpula hacia el objeto según las coordenadas dadas, que supervisan el seguimiento y también lo corrigen, teniendo en cuenta diferentes efectos perturbadores, tales como la refracción atmosférica. Pero con esto todavía no se aprovechan por completo las posibilidades del empleo de los procesadores. Los sistemas de accionamiento de modernos telescopios presentan innovaciones interesantes. Los motores paso a paso disponibles en la actualidad, cuya velocidad es variable en un amplio margen, permiten efectuar notables simplificaciones, porque pueden obtenerse las distintas velocidades de movimiento de un telescopio con un solo motor sin los complicados engranajes diferenciales del pasado. Estos motores están diseñados para las aplicaciones de la técnica digital y así favorecen el mando mediante procesadores electrónicos. Ahora, los constructores están en vías de prescindir también de la hélice convencional que impulsa el engranaje horario y de emplear un engranaje de ruedas cilíndricas con motor de momento de giro, de marcha lenta.

Figura 1:
Multi-Mirror Telescope con seis espejos de 10 m de diámetro. Abertura equivalente de un instrumento convencional: 25 m. Según D.N.B. Hall, Proc. ESO Conference, Ginebra 1978.

Telescopios del futuro

Después de estas explicaciones principalmente sobre el presente, algunas palabras sobre el desarrollo futuro de la construcción de telescopios que ya se prevén en el horizonte. En primer lugar, se pensará en la cuestión tan discutida de si en un próximo futuro es de esperar o no un aumento notable del tamaño de los telescopios con respecto al tamaño actual.

Una condición indispensable para ello es la montura acimutal que frente a la montura paraláctica corriente, orientada al polo celeste, ofrece la ventaja de que se mueve el telescopio alrededor de un eje vertical y otro horizontal, sin que varíe la carga en los cojinetes. Sin embargo, para ello hay que impulsar ambos ejes con velocidad variable para el seguimiento (para compensar la rotación de la Tierra). Además, hay que compensar la rotación del campo visual. Las monturas acimutales se emplean desde hace varios años con gran éxito para grandes radiotelescopios, y es de esperar que las actuales posibilidades de la técnica de regulación satisfarán también las elevadas exigencias de precisión de los telescopios ópticos.

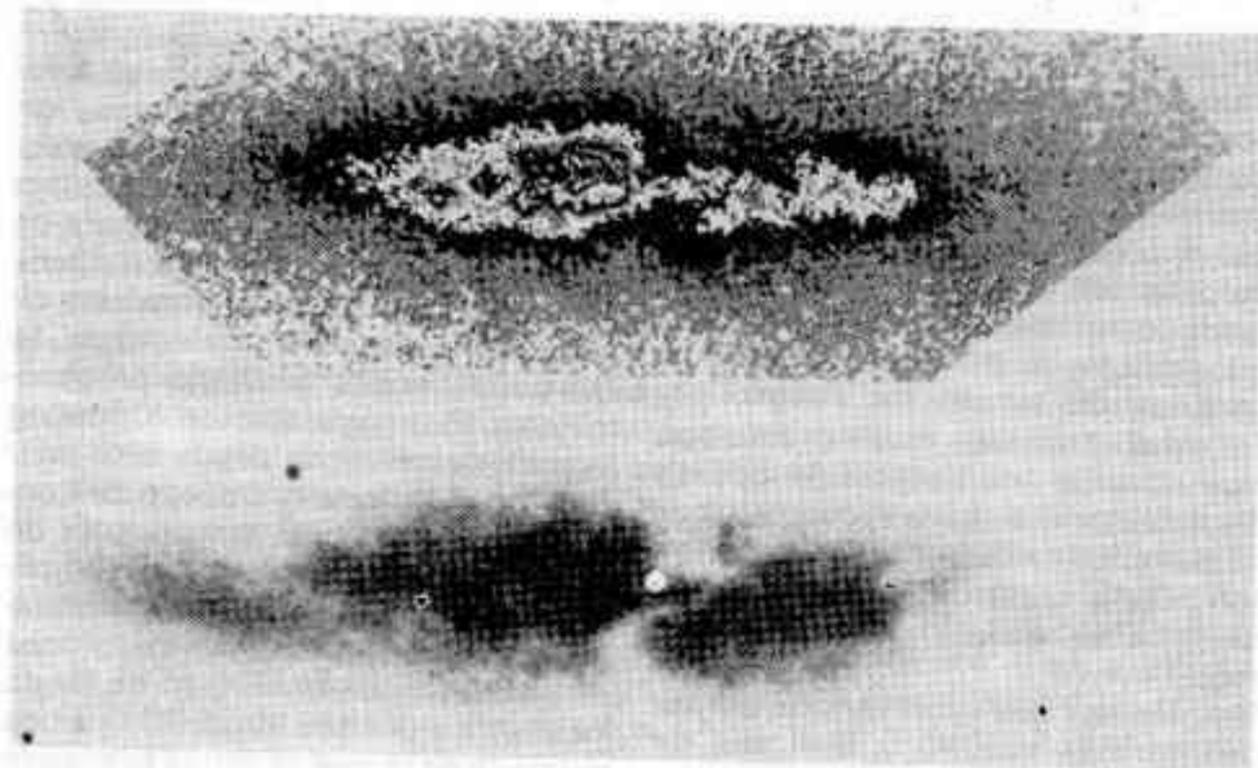
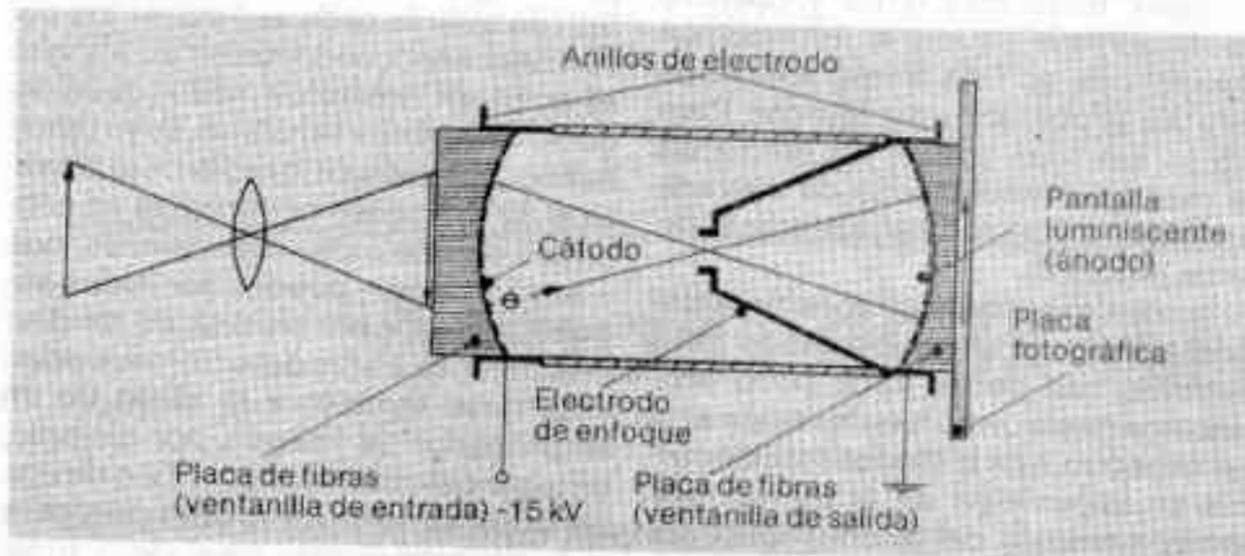


Figura 1:
Ampliación de una foto de la galaxia M 82 en la región roja del espectro, tomada con el telescopio de 1,2 m (parte inferior). La distribución de pasos de igual densidad fotográfica mostrada en la parte superior fue obtenida por exploración de la placa original (resolución incremental de 20 μm) con un microdensitómetro y reducción de los valores medidos en una computadora. Ocho pasos (orden blanco, gris, negro) corresponden al factor 10 de densidad. (Dr. J. Solf y Dr. H. J. Staude).

Figura 2:
Principio constructivo de un tubo amplificador de imagen.



nian Astrophysical Observatory y de la Universidad de Arizona, cuya construcción se representa en la figura 2. En una red tubular, soportada por una montura acimutal, están montados en este prototipo seis espejos parabólicos de construcción ligera y un diámetro de 1,8 m. La luz procedente de los distintos espejos se concentra en un foco común, quedando superpuesta la óptima intersección de los rayos (incoherente) al control activo por un servosistema de laser. La superficie colectora de luz es equivalente a la de un telescopio convencional de 4,5 m. No cabe duda que las experiencias prácticas con este sistema decidirán la marcha de los futuros desarrollos. Hasta qué punto se puede seguir por este camino no se sabe todavía.

No se ha mencionado hasta ahora un aspecto importante de los grandes telescopios, es decir, el financiero. Si se considera que los gastos de un telescopio de 3,5 m, inclusive los edificios y la cúpula, así como otros equipos técnicos, no son actualmente muy inferiores a 100 millones de DM, queda bien patente que las consideraciones financieras tendrán una influencia muy decisiva en los desarrollos futuros. Los costos de un gran proyecto de la nueva generación rápidamente pasarán de 500 millones de DM. Aunque este volumen de inversión no es tan anormal para ciertos proyectos de las investigaciones extraterrestres tanto como para grandes aceleradores de la física de alta energía, los argumentos de los físicos tienen mucho más peso cuando hay que sobrepasar un cierto umbral de energía para poder penetrar en un sector previamente inaccesible de la física de las partículas elementales. Para el astrónomo, el aumento de la superficie colectora de luz reporta, ante todo, mejoras graduales, es decir, más cuantos luminosos por unidad de tiempo, menores tiempos de medición, menores luminosidades límite, teniendo que conseguir éstas últimas contra un fondo celeste de luminosidad invariada. Haciendo una mirada retrospectiva al desarrollo de la astronomía, no es de dudar que los mayores logros frecuentemente estuvieron relacionados con la observación de objetos poco brillantes cerca del límite de detección

La confirmación definitiva de esto último todavía no se ha obtenido. Según mis conocimientos, todavía no se ha informado sobre las experiencias detalladas con el telescopio soviético de 6 m que era el primer gran telescopio óptico con montura acimutal. Con toda seguridad despertarán un gran interés los resultados de pruebas intensivas realizadas en la fábrica Carl Zeiss de Oberkochen con un sistema acimutal de ejes construido para un instrumento menor.

En diciembre de 1977, el Observatorio Europeo del Sur organizó en Ginebra un simposio sobre el tema «Optical Telescopes of the Future» que dio una visión de conjunto sobre los actuales principios de una nueva generación de telescopios. La dificultad principal para conseguir un diámetro de los espejos superior a 15 m con los principios utilizados hasta ahora — una de las metas de la conferencia — parece ser la siguiente: Además del problema mencionado de las masas a mover con alta precisión, debería resolverse la tarea de fabricar una superficie reflectante de estas dimensiones con una exactitud y de mantener ésta en el telescopio, que no debería ser inferior a la de espejos menores, es decir, por fracciones de la longitud de las ondas luminosas. Existen propuestas para simplificar este problema montando de

forma rígida un gran espejo primario esférico — análogamente al radio-telescopio de 300 m de Arecibo — y consiguiendo la orientación hacia el campo a observar mediante el movimiento de un receptor cerca del foco. Claro está que esto implicaría limitaciones considerables de la calidad de la imagen, del campo y de la zona sídeica accesible. Otro concepto quiere simular el gran espejo por un conjunto de varios o incluso muchos telescopios «más pequeños» — una propuesta prevé seis telescopios de 10 m — que se acoplan con un foco común. Contrariamente al modelo radioastronómico de este sistema — el conjunto de interferómetros — hay que renunciar entonces a la adición coherente de las señales, debido a la pequeña longitud de ondas y a las perturbaciones estáticas de fase por las condiciones de «seeing» (turbulencia atmosférica); el mayor número de espejos debe aumentar exclusivamente el efecto concentrador de la luz. Se considera como una de las ventajas de esta solución la posibilidad de aprovechar los distintos telescopios también independientemente.

En los EE.UU. se está actualmente construyendo un instrumento para probar nuevos principios de grandes telescopios: El «Multi-Mirror Telescope», un proyecto común del Smithso-

y fueron favorecidos por un aumento de la luminosidad instrumental. En vista de los enormes costos, sin embargo, se plantea con toda rigurosidad la cuestión de la relación entre inversión y probable ganancia.

Además hay que tener en cuenta otra cosa: Dada la magnitud de las inversiones necesarias, varían las relaciones entre los métodos terrestres y los espaciales, en cuanto ya no puede excluirse que con inversiones comparables sea preferible un telescopio óptico especial. En el espacio extraterrestre, la resolución de un telescopio ya no queda influenciada por el seeing atmosférico, sino por la difracción en la abertura de entrada; el brillo del cielo es reducido, porque la emisión de la ionosfera (air glow) deja de tener importancia. Como consecuencia de ello, puede conseguirse en el espacio, por ejemplo, la misma luminosidad límite con un telescopio más pequeño que desde el suelo. Además, es otra ventaja de cada instrumento en órbita el disponer de la región ultravioleta del espectro. Para ponderar las ventajas y desventajas en este aspecto, son necesarias naturalmente consideraciones más diferenciadas que las que se pueden exponer aquí. Seguramente no será posible contestar a la cuestión de si es deseable un notable aumento del tamaño de los sistemas telescópicos terrestres sin tener en cuenta este aspecto. Una contribución importante a este tema es de esperar del telescopio espacial de la NASA con una abertura de 2,4 m que está en preparación y que deberá estar listo para su puesta en órbita en 1983/84.

Detectores

La eficiencia de cada sistema astronómico de observación no depende sólo del tamaño del telescopio empleado. Otro factor esencial es la eficiencia del detector que convierte los fotones captados por el telescopio en fenómenos registrables. En este sector han surgido últimamente desarrollos interesantes y se han obtenido mejoras considerables.

A pesar de ello, la emulsión fotográfica sigue siendo el receptor de radiación más frecuentemente empleado. La enorme cantidad de elementos de imagen — hasta 10^9 en los formatos mayores — no se alcanza con ningún otro detector y proporciona a la placa fotográfica una posición indiscutible para las observaciones de grandes campos. Por otro lado, la emulsión fotográfica tiene una serie de debilidades gravantes, tales como la no linealidad de la curva característica o su margen dinámico relativamente pequeño. Lo más molesto para el astrónomo, sin embargo, es el reducido rendimiento cuántico que es inferior al

1% con las emulsiones corrientes y un poco mayor con otras especiales que, por lo tanto, también requieren un tratamiento especial. Esto quiere decir que en el caso más favorable, sólo uno de cada 100 cuantos luminosos captados por un telescopio tendrá efectos fotográficos, si prescindimos de las pérdidas de luz en los accesorios. En otras palabras, todavía estamos muy lejos de una adaptación óptima del detector al sistema receptor, y por tal razón, los esfuerzos actuales tienen por objeto crear detectores con un rendimiento cuántico considerablemente mayor.

También hay que subrayar otro punto: Cuanto más sencillo y fácil sea de manejar la placa fotográfica en el telescopio, tanto más difícil y costoso resulta extraer de ella la información almacenada en una forma adecuada para su procesamiento ulterior. Para ello se emplean hoy en día máquinas de medición automáticas de elevada precisión y modernos sistemas de datos (figura 3).

Un rendimiento cuántico considerablemente mayor lo ofrece el cátodo fotoeléctrico que desde hace poco proporciona hasta un 30% en la región azul del espectro. Los métodos fotoeléctricos se impusieron en la astronomía con la aparición del fotomultiplicador que actualmente se emplea por todas partes como el medio ideal para mediciones de luminosidades exactas. Sin embargo, es «ciego» como detector de un solo canal: No puede reconocer ninguna estructura de la imagen.

Desde hace algún tiempo existe toda una serie de dispositivos con cátodo fotoeléctrico, en los que la información de la imagen se conserva por un sistema electrónico-óptico. El caso más sencillo es un tubo amplificador de imagen según la figura 4, en la que los electrones liberados del cátodo son acelerados y enfocados sobre una pantalla luminosa. Desde dicha pantalla la imagen se transmite directamente a una placa fotográfica. Conectando en serie varias de estas unidades, puede aumentarse aún más la amplificación, si bien ello implica una pérdida de resolución. Dichos tubos no sólo resaltan la ventaja del mayor rendimiento cuántico, sino que también queda determinada ahora por el cátodo fotoeléctrico la distribución espectral de la sensibilidad. Ello hace accesibles longitudes de ondas que no lo eran para emulsiones fotográficas. Nosotros, por ejemplo, hemos construido una cámara que permite fotografiar en el infrarrojo cercano con una longitud de onda de aprox. $1 \mu\text{m}$ y que ha dado éxitos brillantes en varios programas en el telescopio de 1,2 m del Calar Alto (figura 5).

En variantes más complejas se pres-

cinde por completo de la placa fotográfica como portador de datos, formando, por ejemplo, la «imagen electrónica» en un anticátodo que explora el rayo electrónico de una cámara de televisión (Vidicon). De esta manera, la información óptica se convierte directamente en señales eléctricas, lo que puede facilitar su ulterior procesamiento. El Image Photon Counting System desarrollado según este principio en el University College de Londres emplea un tubo amplificador de imagen de cuatro etapas, cuya amplificación es tan elevada que los impulsos generados por los distintos fotones se destacan contra el ruido de fondo inevitable y pueden transmitirse a una memoria en la que se forma la imagen por integración óptima.

Son de interés cada vez mayor los detectores semiconductores en los que se emplean diminutos diodos de silicio como elementos sensibles, cuyo rendimiento cuántico en la región roja alcanza el 80%. Pueden combinarse en conjuntos de una o dos dimensiones, que — por su parte — pueden ser leídos secuencialmente por un registro de desplazamiento. Estos detectores pueden emplearse también a la salida de un amplificador de imagen, por ejemplo, en lugar del citado sistema TV o de una placa fotográfica, lo mismo que para la exposición directa en el plano focal del telescopio. Una de las dificultades que presentan es la de suprimir suficientemente el ruido implicado en la lectura de las cargas. Nuestro Instituto está actualmente construyendo un sistema de este tipo que se empleará detrás de un amplificador de imagen multietapa en los espectrógrafos Cassegrain y acodado del telescopio de 2,2 m.

El número limitado de elementos de imagen de estos modernos detectores representa una limitación notable. Los diámetros de cátodo de la mayoría de los tubos amplificadores de imagen son de 40 mm y menos; recientemente se ofrecen tubos con 90 mm o incluso 140 mm, pero éstos son muy caros y disponibles únicamente en versiones monoetapa. Los detectores semiconductores existen en versiones de una fila con un máximo de 1024 canales y una longitud total de 26 mm, mientras que a penas si se encuentran en el mercado disposiciones de dos dimensiones de suficiente homogeneidad. Todo lo expuesto hasta ahora se refiere esencialmente al margen visual del espectro. En los detectores para el infrarrojo de longitud de onda mayor más allá de $1 \mu\text{m}$, que no pueden tratarse aquí detalladamente, el astrónomo tiene que contentarse por el momento con versiones monocanal, cuyo empleo en un telescopio lleva mucho tiempo.

El Observatorio del Calar Alto

Finalmente, una ojeada al estado actual del observatorio en el Calar Alto, en cuya construcción la casa Carl Zeiss está participando tan decisivamente (figura 6).

El telescopio de 1,2 m en el recinto cúpula menor (parte izquierda de la figura) está funcionando desde 1975. El Instituto de Heidelberg ha construido para este telescopio una serie de accesorios que, además de la fotografía directa, permiten mediciones fotoeléctricas en las regiones visible e infrarroja del espectro, así como análisis espectrográficos con dispersión relativamente reducida (figura 7). Desde 1977 también está disponible un interferómetro de Fabry-Pérot con dos patrones. La mitad del tiempo, el telescopio es utilizado por huéspedes alemanes y extranjeros. Nuestros propios trabajos se concentran ante todo en el origen de los astros. La cámara citada y otros aparatos infrarrojos se emplean principalmente en estos tra-

bajos, ya que las nubes de polvo interestelar, en las cuales se originan estrellas, atenúan menos la luz infrarroja que la visible. Esto permite detectar objetos jóvenes que no pudieron ser observados de otra manera hasta ahora. La figura 5 muestra un ejemplo del que nos hemos ocupado detalladamente en este último tiempo.

El edificio para el telescopio de 2,2 m, en el primer plano de la figura 6, se ha terminado entretanto. Actualmente se está montando el telescopio y esperamos poder comenzar con los trabajos astronómicos en 1979. El telescopio alimentará un espectrógrafo acodado vertical de gran rendimiento (apertura de colimador de 300 mm, focal 12 m) que ocupa varios pisos en el interior del edificio. Además están disponibles accesorios para el foco Cassegrain. Con el telescopio de 2,2 m mejorarán considerablemente nuestras posibilidades para investigaciones espectrográficas y será posible realizar dispersiones hasta aprox. 2 Å/mm. La

mayor luminosidad de este telescopio también permitirá estudiar más intensamente sistemas de objetos extragalácticos.

El edificio cuadrado a la derecha, en el fondo de la figura 6, alberga un nuevo telescopio de 1,5 m del Observatorio de Madrid. La figura 8 representa claramente la disposición general de las instalaciones en el Calar Alto. A excepción del edificio para el telescopio de 3,5 m y el espejo Schmidt del Observatorio de Hamburgo, los edificios pertenecen a la primera fase de construcción y ya están terminados o podrán utilizarse durante el año 1979. Los trabajos para los dos edificios de telescopios todavía faltantes comenzaron en el verano de 1978. El telescopio de 3,5 m saldrá de la fábrica de Oberkochen a fines de 1981. Una vez instalado en el Calar Alto, los astrónomos de la República Federal tendrán a su disposición un instrumental que puede compararse con cualquier otro del mundo.

Noticias de la Asociación

Distinción al Dr. Juan Carlos Muzzio

Nuestro consocio el Dr. Juan Carlos Muzzio fue distinguido por la Cámara Junior de Buenos Aires como uno de los 10 jóvenes sobresalientes del año 1981. Nuestro presidente el Dr. Fernando P. Huberman hizo entrega de la distinción al Dr. Muzzio en representación de la Asociación. Felicitamos a través de estas líneas a nuestro distinguido consocio, destacando además que es la primera vez que una distinción de este tipo recae sobre un astrónomo.

Nuevo Reflector Azimutal Transportable de 250 mm

En el ámbito de las subcomisiones de mecánica y óptica se procedió a rediseñar completamente el viejo reflector de 250 mm que originalmente contaba con un montaje en madera muy precario. Se diseñó y construyó un montaje esencialmente similar al de los reflectores azimutales de 150 mm con que cuenta el observatorio. Consiste básicamente en un pedestal de hierro con patas en fundición de aluminio, que desliza sobre ruedas de goma. Una horquilla en planchuela de hierro sostiene el tubo, y cuenta con movimientos finos en ambos ejes. El sistema óptico fue mejorado mediante la incorporación de un espejo diagonal de 50 mm de eje menor, un nuevo soporte "araña", aros de refuerzo de aluminio en ambos extremos del tubo, una nueva celda de aluminio regulable para el espejo primario, y un nuevo portaocular que acepta los oculares de diámetro 1"1/4. Finalmente, se lo dotó de un poderoso buscador con un objetivo de 50 mm. El nuevo instrumento, dada su respetable apertura, resulta ideal para complementar a los reflectores de 150 mm en observaciones para el público en general desde las terrazas, en especial durante las llamadas "Semanas Especiales de Observación" que organiza la Dirección del Observatorio, y a las que asiste gran cantidad de público. En la realización de este trabajo intervinieron los Sres. Alejandro Di Baja (h), José M. Requijo y Luciano Raineri.

REVISTA ASTRONÓMICA

Nuevos Libros y Revistas Extranjeras Periódicas Para Nuestra Biblioteca

Continuando con la incorporación de libros de interés para nuestros aficionados, hemos recibido recientemente dos ejemplares de la reedición del clásico LUNETTES ET TELESCOPES de A. Couder. Asimismo recibimos los 13 primeros números de la revista TELESCOPE MAKING, y hemos abierto la suscripción a la misma por dos años a partir del número 14. Es una publicación trimestral norteamericana que resultará de sumo interés para los aficionados que deseen construir sus propios telescopios. Entre las novedades relativas a nuestro programa de canje podemos mencionar la excelente publicación mensual italiana L'ASTRONOMIA, que ha pasado a enriquecer la lista de publicaciones extranjeras que tenemos a disposición de los socios en nuestra biblioteca. Hemos renovado asimismo la suscripción a THE ASTROGRAPH, publicación especializada en la fotografía astronómica por aficionados.

Películas Super-8 mm. Sobre Temas Astronómicos

Aprovechando las facilidades de importación vigentes para material impreso y educacional en general, hemos importado directamente de los EE.UU. cuatro películas color en formato super-8 mudas. Los temas elegidos fueron: APOLLO-SOYUZ, APOLLO 17, APOLLO 19, SKYLAB. Las imágenes son realmente impresionantes, en especial las referentes a la utilización del "lunar rover" en la superficie lunar. Pensamos incorporarles bandas sonoras con los comentarios apropiados, y ofrecer luego sesiones de cine para nuestros aficionados. A los interesados en formar su propia cinemateca, aconsejamos escribir pidiendo presupuesto a MOVIE NEWSREELS, P. O. Box 2589 G, Hollywood, California 90028, USA. Además de las películas en super-8, esta empresa comercializa también las grabaciones en sistema de VIDEO-CASSETTES. Finalmente digamos que hemos adquirido, además de la misma empresa un

Abril - Junio 1982 • 11

juego con las recientes diapositivas obtenidas por las sondas VOYAGER de Saturno y sus lunas, las que son francamente espectaculares.

Máquina Draper Para El Taller De Optica

Un equipo mixto formado entre las subcomisiones de Optica y Taller Mecánico diseñó y construyó una nueva máquina Draper para el taller de óptica. La misma cuenta con dos velocidades de giro del husillo (y la posibilidad de agregar una tercera). Servirá básicamente como complemento de la biseladora para dar forma al contorno de los espejos diagonales, para el biselado paraje de los espejos objetivos de telescopios, y para ahorrar trabajo muscular en el desbaste de espejos de gran diámetro. Fue diseñada teniendo en mente expresamente el futuro reflector de 380 mm que se proyecta construir, de modo que el plato de apoyo tiene una capacidad de 400 mm. Una palangana plástica desmontable permite evitar salpicaduras ya que recoge el abrasivo despedido fuera del espejo. Un brazo de accionamiento manual, vinculado a la mesa mediante una unión universal, permite efectuar el movimiento de vaivén necesario pudiendo ajustarse éste de modo que resulte centrado o bien excéntrico. Trabajaron en el pro-

yecto el Ing. Benjamín Trajtenberg —quien donó la mesada en planchuela de hierro plegada—, el Lic. Alejandro Di Baja (h), y los Sres. José M. Requeijo, Luciano Sánchez, y Ricardo Gil Hutton, quienes realizaron el torneado de las partes correspondientes y el armado general.

Obras En Nuestro Local Social

Ante un pedido de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, y realizando un verdadero esfuerzo económico, procedimos a contratar un servicio de limpieza al vapor para el exterior de nuestro local social. La tarea fue realizada a un precio preferencial por la empresa Wall-Paint, quedando el edificio con un aspecto exterior notablemente rejuvenecido.

Por otra parte, se completó la instalación de un nuevo y más moderno tablero central eléctrico con fusibles térmicos en reemplazo del anterior. Finalmente, se construyó e instaló un nuevo buzón para la recepción de correspondencia, de un tamaño adecuado para las numerosas publicaciones —algunas muy voluminosas— que habitualmente recibimos, algunas de las cuales se deterioraban considerablemente al ser introducidas en el buzón anterior, de dimensiones reducidas.

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA DEL 24 DE ABRIL DE 1982

El 24 de abril de 1982 se realizó la Asamblea General Ordinaria, según lo anunciado con antelación en el local social de la Asociación. Transcurrida media hora, desde la fijada en la convocatoria, según lo disponen los Estatutos, se dio comienzo a la misma siendo las 16 horas, con 30 socios presentes de los cuales solamente tenían derecho a voto 29 socios.

Siguiendo lo establecido en el Orden del Día, se procedió en primer lugar a la lectura y aprobación del Acta de la Asamblea anterior, la cual se aprobó por unanimidad y sin observaciones.

El punto segundo, disponía la lectura de la Memoria y Balance General, Cuentas de Gastos y Recursos e Inventario al 31 de diciembre de 1981. En dicha oportunidad el socio Sr. Antonio Mamuccia mocionó que se dieran por aprobados, sin lectura previa, dado que dicha información estuvo expuesta en cartelera para conocimiento de los socios.

Puesto a consideración, la moción fue aprobada por unanimidad.

Pasóse luego al tercer punto del Orden del día: Designación de la Comisión Escrutadora. El Presidente designó al Sr. Martín L. Monteverde y la Asamblea a los Sres. Socios Damián Zanette y Claudio Martínez. Seguidamente se pasó a cuarto intermedio para realizar el acto eleccionario.

Acto seguido se pasó al cuarto punto: Elección de Presidente por cesación de mandato del Dr. Fernando P. Huberman (3 años), Vicepresidente, por cesación de mandato del Ing. Cristián Rusquellas (3 años), Dos vocales titulares y por cesación de mandato de los Sres. Carlos M. Antonioli y Mario Vattunone (3 años). Un vocal titular, para completar el mandato del Sr. Claudio Apelbaum (1 año). Tres vocales Suplentes, por cesación de mandato, del Sr. Roberto Remi Frommel, Sr. José María Requeijo y Srta. Flora Beatriz Claire (1 año).

A continuación se procedió a llamar a los socios presentes, en condición de votar, según el orden de firmas en el libro de Asistencia, para que emitieran su voto. Se aclaró que se recibieron 4 (cuatro) votos por vía postal de los socios: Sr. José Cousido; Sr. Carlos A. Desio; Srta. Elisa M. Asturi y Sr. Angel A. Salazar, con los cuales se totalizaron 33 (treinta y tres) votos en la urna.

Acto continuo, la Comisión Escrutadora realizó el escrutinio, anulando un voto, obteniéndose los siguientes resultados finales: Para Presidente por tres años, el Ing. Cristián Rusquellas (31 votos y 1 voto en blanco). Para Vicepresidente, por tres años, el Ctdor. Claudio Horacio Cuello (32 votos). Para Vocal Titular para tres años, el Sr. Carlos M. Antonioli (32 votos). Para vocal titular por tres años, el Sr. Mario Vatuone (32 votos). Para vocal titular por un año, el Sr. Luciano Rainieri (31 votos y un voto en blanco). Para Vocal Suplente por 1 año, el Sr. Roberto Remi Frommel (32 votos). Para vocal suplente por 1 año, la Srta. Flora Beatriz Claire (31 votos y 1 voto en blanco). Para vocal suplente por 1 año, el Sr. Miguel José Ruffo (30 votos y 2 votos en blanco). Proclamados los electos, se pasó al quinto punto. Elección de tres miembros para integrar la comisión Revisora de Cuentas, decidiéndose elegir a los Sres: Carlos E. Gondell, Ing. Augusto E. Osorio y el Ctdor. Salvador Antonio Farace por unanimidad.

En el punto sexto, se consideró la modificación de la cuota social. El Presidente explicó a la Asamblea los motivos de dicha urgencia, a causa de la insuficiencia de los que se hallan en vigor. Expuso a la Asamblea, las cuotas sugeridas por la Comisión Directiva en su oportunidad, las cuales fueron las siguientes: **Socios Activos (1982):** 2do Trimestre \$ 150.000.- 3° Trimestre \$ 180.000.- 4° Trimestre \$ 215.000.- **1° Trimestre (1983):** \$ 250.000.- **Cadetes y estudiantes: (1982):** 2do Trimestre \$ 100.000.- 3° Trimestre \$ 130.000.- 4° Trimestre \$ 160.000.- **1° Trimestre (1983):** \$ 190.000.-

Puesta a consideración de la Asamblea, fue aprobada la modificación propuesta, la cual entrará en vigencia a partir del 2do. Trimestre de 1982.

El séptimo y último punto del Orden del día, disponía la designación de dos socios presentes para firmar el Acta de la Asamblea conjuntamente con el Presidente y el Secretario. Quedó designado por la Presidencia el socio Sr. Antonio Mannuccia, y por la Asamblea el socio Sr. Alberto Ehuleche para tal fin.

No habiendo más asuntos que tratar, la Asamblea finalizó a las 17,30 horas.

SEMANA DE LA LUNA

Durante la semana del 5 al 11 de octubre de 1981, se llevó a cabo en nuestra Sede Social la denominada Semana de la Luna.

En el transcurso de la misma, la Asociación mantuvo abierta sus puertas todos los días al público en general.

Concurrieron alrededor de 1.500 personas, que presenciaron un espectáculo basado en un audiovisual referido a las características del planeta Júpiter y sus satélites galileanos, seguidamente una charla en nuestro museo sobre el Sistema Solar y la Luna, finalizando el mismo en las cúpulas del Observatorio, con la observación a través de diversos telescopios, de la Luna, Venus y numerosos cúmulos estelares, estrellas dobles y nebulosas.

La organización de esta semana estuvo a cargo de la Comisión Directiva de nuestra Asociación. El audiovisual con textos del Sr. Pedro Saizar y del Ing. Cristián Rusquellas, fue realizado por los Ingenieros Benjamín Trajtenberg y Cristián Rusquellas, y exhibido por este último. Las charlas en Museo, fueron dadas por

los Sres. Miguel Ruffo y Claudio Cuello en forma alternada. La atención del público en la observación con instrumentos la realizaron por turnos los Sres. Damián Zannette, Martín Monteverde, José Requeijo, Alejandro Di Baja, Alejandro Blain, Flavio Del Vall, Arturo Aguiar, Salvador Farace, Ing. Benjamín Trajtenberg, Dr. Angel Papetti, Ing. Ludovico Hordij, Carlos Antonioli, Mario Vattuone, Gustavo Reali, Miguel Ruffo, Adolfo Brenman, Luciano Sánchez, Gustavo Remestvensky y Ricardo Gil Hutton. El tránsito de público por la Asociación, fue dirigido por los Sres. Ricardo Gil Hutton, Miguel Ruffo, Horacio Leyenda, Pablo Vacas, Luciano Rainieri, Carlos Rua, Claudio Cuello, Flavio Del Vall, Arturo Aguiar, José Requeijo y Paulino Maldonado. Por último, las ventas fueron efectuadas por los Sres. Roberto Pedace, Eduardo De Tommaso, Gustavo Remestvensky, Alejandro Blain, Claudio Cuello, Miguel Ruffo y Carlos Rua, actuando como controles en Hall central el Ing. Benjamín Trajtenberg y el Prof. Luciano Ayala.

SOCIOS NUEVOS

- | | |
|---|--|
| 4601 - OTERO, ISOLINA JOSEFA | 4641 - MERELLO, JOSE LUIS |
| 4602 - TRIFOLI, GABRIEL ALBERTO | 4642 - MERELLO, JAVIER |
| 4603 - MESSUTTI, MIGUEL ANGEL | 4643 - BERARDI, MARCELO JUAN |
| 4604 - MARTINEZ DE HOZ, FERNANDO | 4644 - RODRIGUEZ, CARLOS DANIEL |
| 4605 - CHINNI, JORGE RAUL | 4645 - ESTEVEZ, JUAN RAMON |
| 4606 - CALEGARI YEDRO, SUSANA | 4646 - ALPEROVICH, JOAQUIN |
| 4607 - DEFFERRARI, EDMUNDO ALFREDO | 4647 - ALVAREZ, LUIS ERNESTO |
| 4608 - PICICELLI, RICARDO DIEGO | 4648 - BETNATOR, DAMIAN |
| 4609 - MENDIARA, SARA NOEMI | 4649 - DOCTOR, MARCELO |
| 4610 - FERNANDEZ, ALFREDO ARMANDO | 4650 - DE HARENNE, ALBERTO DANIEL |
| 4611 - FUKUSHIMA, JORGE GUILLERMO | 4651 - CONTA, EDGARDO NESTOR |
| 4612 - THOMSEN, RUBEN | 4652 - PERTICONE, DARIO HERNAN |
| 4613 - MILICH, PABLO MARIANO | 4653 - FORD, PABLO |
| 4614 - DE LA VEGA, DARIO HERNAN | 4654 - CISNEROS, ANDREA |
| 4615 - DE LA VEGA, DARIO LUIS | 4655 - SCHINDELBECK, GUILLERMO ERNESTO |
| 4616 - GUIDICI, CARLOS ERNESTO | 4656 - GOYOGANA, JAVIER EUSEBIO |
| 4617 - BALFOUR, DAVID GUILLERMO | 4657 - SALCEDO, FABIAN JAVIER |
| 4618 - RUEDA, GUILLERMO OSVALDO | 4658 - CASTRO, AGUSTIN |
| 4619 - LORENZO, HERNAN ENRIQUE | 4659 - CASTRO, OLGA M. DE |
| 4620 - LAZAZZERA, FABRICIO PABLO | 4660 - CASTRO, ANDREA CRISTINA |
| 4621 - YETMAN, MIGUEL | 4661 - GALAN, MARIA |
| 4622 - MONTEMURRO, MARCELO ALEJANDRO | 4662 - GROSZ, DIEGO FERNANDO |
| 4623 - RUBERTO, LUIS | 4663 - STECCA, ELIO RAIMONDO |
| 4624 - CERVINO, FRANCISCO ANTONIO | 4664 - ALVAREZ, GUSTAVO MANUEL |
| 4625 - DE ANGELIS, LEONOR | 4665 - CHIARILLO, GUILLERMO ALBERTO |
| 4626 - RONCHI, ANA MARIA | 4666 - GRISPO, GUILLERMO SALVADOR |
| 4627 - DASOY, ANIBAL AUGUSTO | 4667 - DI FIORI, JOSE |
| 4628 - SANTISI, NORBERTO PATRICIO | 4668 - RODRIGUEZ, SUSANA ESTELA |
| 4629 - BUSTINZA, ALFREDO | 4669 - GIROLA, RAFAEL |
| 4630 - GIANNETTI, CARLOS ALBERTO | 4670 - LOVATO, CARLOS MARCELO |
| 4631 - ASSANELLI, PABLO | 4671 - CREA, HUMBERTO RICARDO |
| 4632 - GUIMARAES, MONICA ESTELA | 4672 - CHIARAMONTE, CLAUDIO |
| 4633 - CARRIZO, JORGE MANUEL | 4673 - TARELA, PABLO |
| 4634 - ANTONIADES, CONSTANTINO LEONIDAS | 4674 - SCHMIT, WALTER DARIO |
| 4635 - MONTI, NELSON ERNESTO | 4675 - REITER, GABRIEL |
| 4636 - ROOS, ALEJANDRO GUILLERMO | 4676 - FURNARI, JUAN CARLOS |
| 4637 - CANOVA, SERGIO GUILLERMO | 4677 - HERRERA, CECILIA ELENA |
| 4638 - LIRA, ROBERTO | 4678 - LORENZO, MARCELO OSVALDO |
| 4639 - MASSETTI, EDUARDO | 4679 - RADICI, LUIS MARIA |
| 4640 - UBEDA, LEONARDO | 4680 - SILVA, JULIO CESAR |

Monografías sobre Planetas: Saturno

por Ambrosio J. Camponovo

Está rodeado por un anillo delgado, plano, no unido con Saturno e inclinado respecto a la eclíptica.

CHRISTIAN HUYGENS
Sistema Saturnium (1659)

Esta vez nos ocuparemos del último de los planetas conocidos desde la antigüedad y con el cual completaron los siete cuerpos errantes que más tarde dieron sus nombres a los siete días de la semana. Por supuesto, entre ellos contaron al Sol y a la Luna puesto que la apariencia es que también el Sol se mueve siguiendo un curso que pronto pudieron determinar. Decimos el último planeta y quizá estemos en lo cierto pues es el que más fácilmente puede confundirse con las estrellas fijas debido a que su lejanía a la Tierra hace que su brillo sufra poca variación a pesar de la distinta distancia a que puede encontrarse de nosotros. Otra causa es que, también por su gran distancia al Sol, su movimiento resulta sumamente lento y para apreciar su desplazamiento es necesario observarlo durante muchas noches; por ejemplo, entre octubre de 1980 y octubre de 1981 estuvo entre las estrellas gamma y eta virginis, yendo de una hacia otra en un arco de unos treinta minutos. Esto se debe a que ambas estrellas se encuentran en uno de los extremos del bucle del cambio de dirección en el movimiento aparente de Saturno y por lo tanto fue de eta a gamma en movimiento directo y luego en sentido inverso en su movimiento retrógrado y nuevamente de eta a gamma al retornar su movimiento directo. Quien haya observado a Saturno solamente en estas dos oportunidades seguramente no habrá podido asegurar que fuera un planeta. Su movimiento medio es de apenas 2' diarios. Como necesita casi 30 años para cumplir una vuelta en torno del Sol y su día es de apenas diez horas, nos encontramos que un año saturniano tiene nada menos que unos 26.000 días!

Lo cierto es que se lo conoció desde muy antiguo y los griegos sabían que era el más alejado por su lento andar, pero esta opinión no era conocida o aceptada por todos. No se comprende muy bien por qué se le adjudicó a Saturno una influencia nefasta, aunque supone-

mos que habrá sido por una especie de sorteo: algunos planetas deberían ser benéficos y otros maléficos para tratar de justificar la buena o mala suerte de las gentes. Por la mitología nos enteramos que Saturno, aparte de la censurable costumbre de devorar a sus propios hijos, a lo que se creía obligado por un oráculo que le advirtió que sería destronado por uno de ellos, profecía que se cumplió al ser arrojado del Olimpo por Júpiter, su conducta no difería en mucho de la de sus pares. Al fin de cuentas lo midieron con la misma vara que él había medido a su antecesor Ofión. Su símbolo, muy parecido a una letra hache se asemeja, con bastante imaginación, a una guadaña y seguramente esto deriva de la suposición de que Saturno era el dios griego Cronos, el tiempo, que todo lo acaba y mata, tal como puede hacerlo una guadaña, simbolismo que llegó a nuestros días y perdura en los dibujos de la Muerte portando esta herramienta. Otra versión asegura que Saturno era una antigua deidad italiana que nada tenía en común con Cronos y su buen gobierno era recordado con las fiestas saturnales.

Cada civilización le dio su propio nombre, lo que no es novedad en esta materia. Para los griegos era a veces Cronos y otras veces Némesis, el vengador, y también el resplandeciente —esto no lo entendemos—; para los hebreos era Kiyoun y Zouhal para los árabes. Los egipcios lo identificaban como el aparente o el generador de lo alto.

A simple vista aparece como una estrella de primera magnitud aunque su apariencia es mucho más serena que la de una estrella pues no titila y su brillo es blanco-plateado, casi amarillento, como lo definía Platón (427-347). Es visible durante la mayor parte del año excepto en un corto intervalo, durante la conjunción, en que queda envuelto en el resplandor solar, sea al atardecer, en plena noche o a la madrugada. A pesar de su lento movimiento el tiempo de la invisibilidad por con-

junción es corto debido a que es la Tierra la que sale de la conjunción(1).

Durante 1981 pudo vérselo "completo" es decir, apreciando su anillo. Nos mostró siempre la cara norte del anillo y por lo tanto también su hemisferio norte. Desde el fin de 1981 —y mejor en 1982— vemos el anillo con su abertura yendo al máximo, pues la relación entre los diámetros aparentes es de alrededor de 1 a 5 es decir, que se los ve como una elipse con el eje mayor cinco veces más grande que el menor. Como el diámetro aparente del globo será durante 1982 de unos 17" y el diámetro interior del anillo B de alrededor de 27" será fácilmente apreciable la separación entre globo y anillo. En sus cercanías estará Júpiter.

La imagen telescópica es muy espectacular y enseguida resalta su famoso anillo, que aparece tan grande como cuando se mira a Júpiter con igual aumento por ser comparables los diámetros aparentes angulares; también se nota inmediatamente que el anillo es más brillante que el globo. De los cinco primeros planetas es el que gira con mayor inclinación respecto al plano de su órbita, de modo que casi siempre vemos al conjunto de globo y anillo o bien "desde arriba" o "desde abajo" y por lo tanto entre estas dos posiciones extremas podremos observarlo con inclinaciones intermedias; es muy interesante cuando no hay inclinación y entonces vemos el anillo de canto, circunstancia que trataremos al comentar el anillo. Estas oportunidades son muy favorables para observar los satélites débiles como Encelado y Japeto, en su mínimo brillo.

Sabemos, desde Huygens, que hay una separación —no muy grande— entre el borde interior del anillo y la superficie del planeta y en consecuencia, según sea la posición de Saturno, podremos ver el cielo a través de esta separación y también la sombra del anillo sobre el globo o la de éste sobre el anillo. En las posiciones extremas o, como se acostumbra decir, con la máxima abertura del anillo, podremos ver bastante cómodamente uno u otro polo, pero además de que para ello deberemos esperar quince años, poco podremos apreciar excepto una zona un poco más oscura que el resto. Los observadores, como lo hicimos

(1) Podemos considerarlo como el heredero observacional de Galileo. Lo hemos citado varias veces y no más a partir de este artículo. Antoniadi lo coloca al lado del cuarteto indiscutible hasta su tiempo: Copérnico, Galileo, Kepler y Newton.

notar cuando hablamos de otros planetas, no están muy en acuerdo sobre el color de los casquetes polares; en general los describen como grisáceos aunque para algunos son de tono azulado o verdoso. Se puede apreciar que la parte más brillante es la ecuatorial y que hay un oscurecimiento de los bordes como en Júpiter y el Sol, lo que abona la teoría de que lo que vemos en realidad es una espesa atmósfera. Desde ningún punto de vista es posible comparar a Saturno con Júpiter respecto a las manchas superficiales y esta es la causa de que poco es en lo que pueden cooperar los aficionados para aumentar el conocimiento que tenemos de este planeta. A menos que dispongan o tengan acceso a telescopios de por lo menos 60 cm no podrán ver bien los varios anillos ni las manchas brillantes que con muy poca frecuencia aparecen sobre el globo y que sirvieron para las primeras determinaciones del periodo de rotación.

No debe extrañarnos esta ausencia de detalles visibles desde la Tierra pues si bien su diámetro real es casi diez veces mayor que el terrestre lo vemos a una distancia media que también es casi diez veces la unidad astronómica. Tampoco los vio el Pioneer 11 a pesar de fotografiarlo desde cerca, no obstante el Voyager 1 descubrió que las nubes forman remolinos como en Júpiter aunque en escala incomparablemente menor.

Para los cuatro planetas ya vistos, la distancia a la cual se encuentren de nosotros es factor importante para que se los vea más o menos brillantes. Por ejemplo, tomando el caso extremo, cuando Marte está a la menor distancia, 0,37 U.A., su magnitud es de -2,6 y cuando está más alejado, 2,66 U.A., su brillo cae a +2,0 y la relación entre ambas distancias es de 1 a 7. En cambio, para los planetas a partir de Saturno, la distancia no tiene tanta importancia pues la relación anterior sólo alcanza de 1 a 1,4 y en el caso particular de este planeta la gran diferencia que notamos en su magnitud, entre -0,4 + 1,4 se debe a la posición que nos presenta su anillo. Por ejemplo, a fin de 1981 la magnitud fue de 1,0 estando a 10 U.A. en tanto que a mediados de 1980, a igual distancia, su magnitud era de 1,4 pues el anillo estaba casi de canto y hay que considerar que generalmente la superficie que vemos del anillo es menor que la del globo y a pesar de que, como vemos en el cuadro, el albedo del anillo, especialmente del B es casi el doble del del globo, circunstancia que había hecho notar Robert Hooke (1638-

REVISTA ASTRONOMICA

CUADRO I

Magnitud máxima - 0,4 en oposición
 Magnitud mínima + 1,4 en conjunción
 Albedo, del globo 0,45; de los anillos 0,8
 Diámetro ecuatorial aparente máximo 20" 5
 Diámetro aparente mínimo de los anillos 14" 7
 Diámetro aparente máximo de los anillos 45" 6
 Diámetro aparente mínimo de los anillos 32" 0
 Diámetro real del globo, en kilómetros 121.000
 Diámetro ecuatorial
 Diámetro real del globo, en kilómetros 110.000
 Diámetro ecuatorial 9,4 veces el terrestre.
 Volumen 745 veces el terrestre.
 Densidad tomando la del agua como unidad, 0,69
 Masa 95 veces la terrestre, 1/3.500 de la solar y 1/3 de la joviana.
 Gravedad en el ecuador, 0,9 de la terrestre.
 Achatamiento 1/9,1

Rotación, zona ecuatorial 10h 15m
 Rotación, zona 20" 10h 14m
 Rotación, zona 36" 10h 38m
 Distancia máxima a la Tierra en millones de km 1.654
 Distancia mínima a la Tierra en millones de km 1.204
 Distancia media al Sol en millones de km 1.434
 Periodo sidéreo en días 10.759,2
 Periodo sinódico en días 378
 Velocidad media en la órbita 9.640 metros por segundo
 Inclínación de la órbita respecto de la eclíptica 2° 49'
 Inclínación del ecuador sobre la órbita 26° 73'
 Excentricidad de la órbita 0,056
 Semieje mayor de la órbita en U.A. 5,547
 Temperatura aproximada 150°

1703) en 1666.

Es bastante complicado establecer exactamente el movimiento de este planeta a lo largo de su órbita pues está muy perturbado por la cercanía de Júpiter. Por supuesto, la molestia es mutua y la sufre en mayor grado el cuerpo de menor masa, en este caso Saturno. El movimiento retrógrado de Saturno es pequeño, apenas de 6° y para recorrerlo necesita entre cuatro y cinco meses; en este mismo lapso Mercurio da una vuelta y media al Sol. Las oposiciones ocurren cada 378 días y esta cifra nos está indicando que este intervalo, tan cercano a nuestro año, es casi totalmente debido a la revolución terrestre. La excentricidad de la órbita es comparable a la de otros planetas pero para comprender mejor la enorme distancia entre el Sol y Saturno decimos que la diferencia entre su distancia máxima y mínima al Sol equivale a una unidad astronómica. La rotación es diferencial, como en Júpiter, y los valores dependen de la zona considerada, excediendo la diferencia en un cuarto de hora; habíamos visto que en Júpiter era de unos cinco minutos. Herschel y Hall habían medido un tiempo de 10h 16m y 10h 14m respectivamente para la zona ecuatorial, valores muy cercanos a los actuales, según vemos en el cuadro I.

Saturno presenta gran diferencia en la velocidad de caída según el lugar considerado; en los polos es de 5,3 metros en el primer segundo en tanto en el ecuador es solamente de 4,5 metros. Como la relación entre el periodo de rotación y el achatamiento resulta sumamente baja, se concluye que este planeta debe de tener una concentración central de elevada densidad, pero cuya masa sería solamente de unas 18 veces la terrestre, lo que indica su pequeñez relativa para que el conjunto de la masa, a pesar de ser casi cien veces la de la Tierra, sea todavía bastante inferior a la del agua. Según cálculos basados sobre las perturbaciones que ocasiona a sus satélites la densidad alcanzaría a 1 recién hacia la

mitad del radio. Es notable la circunstancia de que casi todo el planeta esté formado por hidrógeno, gaseoso, líquido o metálico, hasta en un 95 %, proporción más elevada todavía que en el Sol. La atmósfera, según el análisis espectral, contiene hidrógeno, helio, metano, argón, neón, etc. y también abundante amoníaco, suponiéndose que las manchas blancas brillantes que aparecen en su superficie están compuestas de nieve amoniacal.

El campo magnético que lo rodea es de unos 0,2 gauss, menor que el terrestre (0,3) y el de Júpiter (4,0). Por el estudio de este campo se supone que coinciden los polos magnético y de rotación.

Sabemos que el primero que vio a Saturno con un telescopio fue Galileo en 1610, cuando los anillos comenzaban su periodo de desaparición; su observación estuvo entorpecida por lo pequeño de su anteojito y podemos agregar que por no imaginarse de lo que se trataba, como podemos hacerlo nosotros que podemos "adivinar" los anillos. Su perplejidad aumentó cuando tiempo después ya no vio más que el globo, por estar los anillos de canto y cosa curiosa en un investigador como él, no volvió a ocuparse del asunto.

Aquí corresponde una aclaración: en lo que antecede dijimos el anillo y los anillos. Nos parece que, dada la apariencia de conjunto, se puede expresar en singular cuando se describe a Saturno en términos generales y emplear el plural cuando se trata de detallar el sistema anular.

Tampoco pudieron aclarar el asunto Hevelius, aunque estuvo muy cerca según algunos dibujos que hizo, Fontana, Riccioli y Gasendi. Corresponde a Huygens el honor de describirlos correctamente en 1659 y sin embargo, esto ocurrió cuatro años después de haber descubierto a Titán, el satélite mayor. A su sumaria descripción agregamos que los anillos son circulares y concéntricos al cuerpo de Saturno.

Como el plano en el cual se hallan contenidos los anillos perma-

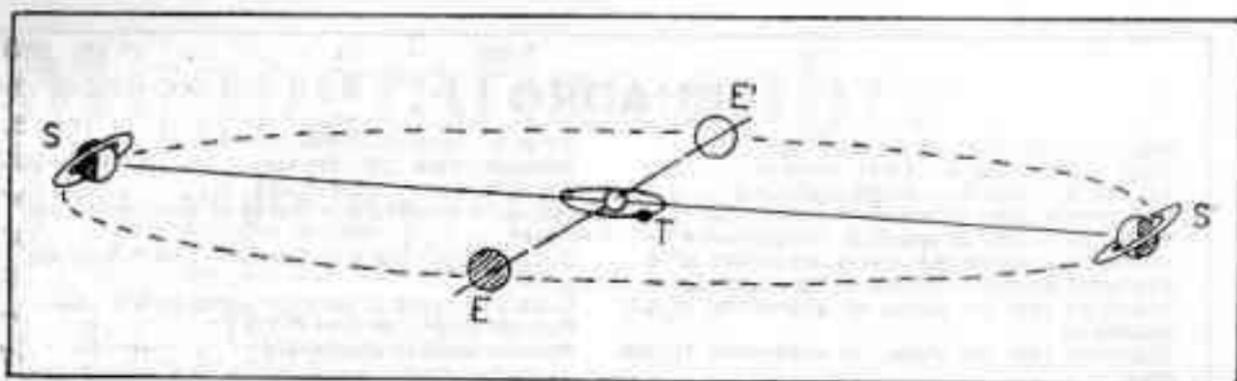


FIG. 1: Porque unas veces vemos los anillos "desde arriba" o "desde abajo". En E y E', equinoccios de Saturno, los anillos se presentan de canto

nece invariable en el espacio, su aspecto, visto desde la Tierra, variará según las posiciones relativas de Saturno y la Tierra y también del Sol que provee la iluminación, de modo que el ángulo bajo el cual vemos el plano de los anillos varía continua y cíclicamente; después de un máximo de visibilidad, digamos de la cara norte, tiende a disminuir hasta llegar a cero en que los vemos de canto y luego crece en el otro sentido hasta un máximo parecido, cercano a los 27°, pero como consecuencia de la excentricidad de la órbita saturniana es distinto el tiempo durante el cual podemos contemplar una u otra cara de los anillos; aproximadamente es de 13 años y 5 meses para la cara sur y 16 años y 1 mes para la cara norte. Otra consecuencia es que siempre vemos los anillos como una elipse más o menos alargada, desde una posición en que un diámetro (eje mayor) de este a oeste es siempre más del doble del otro, de norte a sur hasta que la proporción llega a su máximo cuando los vemos como una línea (Figura 1).

La estructura de los anillos fue conociéndose poco a poco. Adrien Auzout (1630-1691) en 1662 describió la sombra del cuerpo sobre los anillos y Campani dos años después notó que el anillo exterior tiene dos zonas, siendo la interior un poco más clara o más brillante y luego J. D. Cassini descubrió en 1675 que en realidad eran dos anillos separados por una división que ahora lleva su nombre. Esta división, de apenas unos pocos miles de kilómetros de ancho es la única separación que puede verse con instrumentos de aficionados, especialmente cuando los anillos tienen una inclinación importante respecto a nosotros. Hooke, en 1666, notó que el conjunto de los anillos es más luminoso que el globo. Un tercer anillo fue descubierto mucho más tarde, en 1850, por George Philipps Bond (1825-1865), interior a los otros dos, mucho más oscuro, y por esta circunstancia fue llamado de crespón, solamente visible cómodamente con grandes instrumentos. Un cuarto anillo, todavía más cercano al pla-

meta, fue descubierto hace pocos años. Desde afuera hacia adentro, estos cuatro anillos se identifican como A, B, C y D. Luego se descubrieron anillos exteriores: el E fue notado por Feibelman (cont.) en 1966, el F poco después y por último el G por Van Allen (cont.) que se extendería hasta dos veces y media el radio de Saturno, lo que resulta notable pues muy poco más allá, a 2,54 radios del planeta está la órbita de Jano. Por el análisis de datos aportados por el Pioneer 11 parece que existen otros muchos anillos hasta 6 radios algunos de polvo o meramente de gases conteniendo algunos de ellos a verdaderos satélites. Hay que notar que 6 radios contienen las órbitas no solamente de Jano sino también de Mimas, Encelado, Tetis y casi Dione. Los principales resultados presentados aquí los tomamos del artículo de Tom Gehrels (cont.) aparecido en L'Astronomie de noviembre de 1980 sobre la base del análisis de la exploración hecha por el Pioneer 11. Hay pues confirma-

dos siete anillos y varias divisiones que excepto la de Cassini son más bien una disminución en el espesor del anillo que la contiene. Aún en las mejores fotografías de Saturno solamente se notan el anillo A, la división de Cassini y el anillo B, mucho más brillante y nada más. Visualmente, en cambio, pueden apreciarse más detalles, hasta cuatro anillos y dos divisiones. Vistos "en planta" la distribución de los anillos A, B y C y la división de Cassini es la representada en la Figura 2.

Desde un principio se apreció que los anillos son muy delgados comparados con su diámetro. Se acostumbra a decir, para dar una idea concreta, que la relación entre el tamaño y el espesor de una hoja de esta REVISTA es de alrededor de 1 a 2.000 en tanto esta misma relación, para los anillos, quizás sea solamente de 1 a 200.000. La primera estimación conocida es la de Schroeter, quien les adjudicó un espesor de 800 kilómetros, valor dividido por dos por W. Herschel y otra vez disminuido hasta menos de la mitad por su hijo John Frederick (1792-1871). Barnard les adjudicó menos de 70 km y H. N. Russell alrededor de 20 km. Actualmente algunos calculan que no deben de tener más de 1.000 metros y por la transparencia medida por el Pioneer al observarlos desde la cara oscura quizás sean todavía mucho más delgados. Aprovechamos esta mención para señalar que Saturno es hasta ahora el planeta más alejado explorado por vehículos espaciales. El Pioneer 11 fue

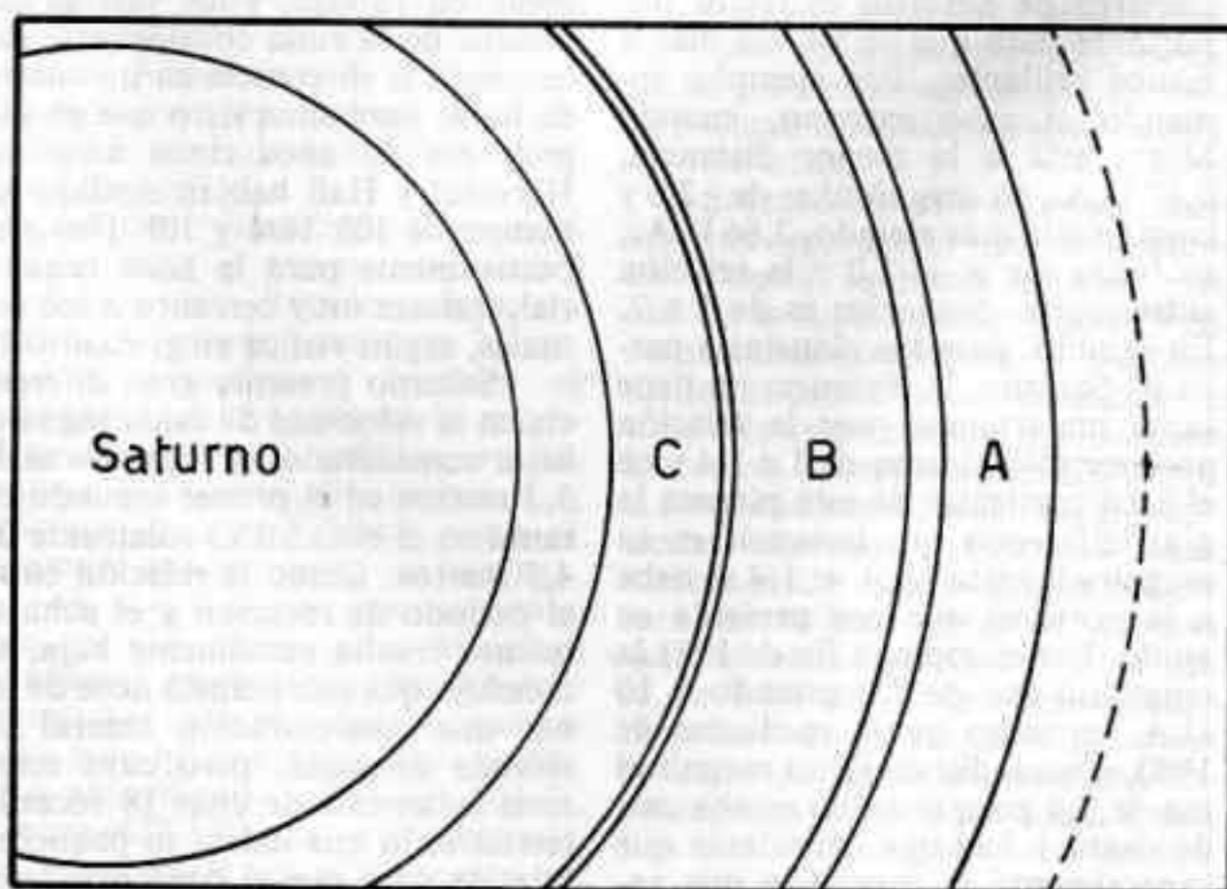


FIG. 2: Saturno y su sistema de anillos más brillantes dibujados a escala. Entre los anillos B y A se encuentra la famosa división de Cassini visible con telescopios de aficionados. La línea punteada exterior representa la órbita del satélite Jano.

lanzado en abril de 1973 y llegó a Júpiter (a 4,2 U.A.) 18 meses después; sin embargo, para llegar a Saturno, que puede estar a una parecida distancia de Júpiter empleó 57 meses, lo que parece un error, pero ello se debió a que para ir desde Júpiter a Saturno tuvo que cruzar al otro lado del Sol recorriendo por lo tanto casi 15 U.A.; damos estos datos para comprender mejor lo difícil de la misión, dificultad aumentada teniendo en cuenta que, para mantener su estabilidad, el Pioneer giraba sobre sí mismo y por lo tanto los instrumentos sensores también debían hacerlo, pero en sentido contrario; algo parecido a nuestro telescopio, cuyo movimiento compensa la rotación terrestre, pero con movimiento más rápido... y en el espacio.

El primero en comprender la naturaleza de los anillos fue J. D. Cassini(1) pues hacia 1700 escribió: "La apariencia del anillo es causada por un cúmulo de pequeños satélites con diferentes velocidades, que no pueden verse distintamente". Volveremos sobre este asunto. Los asiduos observadores de este planeta dijeron haber notado ciertas anomalías o irregularidades en los anillos, que no fueron confirmadas más tarde. Así por ejemplo, Otto Struve informó en 1851 que los anillos se aproximaban al planeta y se daban cifras como éstas: Huygens 6", W. Herschel un siglo después 5" y el mismo Otto Struve algo menos de 4". Simultáneamente parecía ensancharse el anillo exterior. Tales cifras hubieran llevado al sistema a una rápida desintegración. Por observaciones visuales se dijo también que los anillos no eran concéntricos con el planeta, estando más próximos al globo del lado oeste; esto no pudo explicarse como un efecto de apreciación por la muy pequeña fase que presenta Saturno estando en cuadratura. Otros creyeron que no eran de igual espesor pues en las épocas de desaparición podían verse como una delgada línea a un sólo lado de Saturno; debemos decir que durante la última desaparición vimos —o nos pareció ver— más brillante la línea sobre el oeste del planeta. La masa total de sistema anular debe de ser insignificante comparada con el cuerpo: quizá no alcance a 1/400.000 de la masa del globo y todavía algunos suponen que puede ser diez veces menor.

Los anillos A y B proporcionan la totalidad del brillo y esto es evidente porque son los únicos que podemos ver fácilmente con instrumentos modestos. Los tres anillos "antiguos" A, B y C, sus divisiones y sus distintas tonalidades se evidencian más fácilmente durante la observación visual si disponemos de un instrumento grande y buenas condiciones de visibilidad. Por esta razón todos los libros (y también nosotros) presentan, además de las fotografías, un dibujo contrastado, bien delineado, para facilitar la comprensión de la estructura de los anillos. El aficionado puede intentar, con un dibujo a la vista, mejor si concuerda aproximadamente con la posición real de los anillos en ese momento, identificar los anillos y las separaciones. Es relativamente fácil ver la división de Cassini, especialmente cuando los anillos se presentan en posición favorable, pero no en toda su extensión, sino solamente sobre los extremos de los anillos. Como cifra para recordar digamos que el diámetro exterior del anillo A es un poco menor de 300.000 kilómetros, de modo que la luz tardaría casi un segundo en recorrerlo. La ya mencionada división de Cassini, situada entre los anillos A y B tiene un ancho de casi 3.500 kilómetros. Más tarde Encke descubrió que el anillo exterior presenta también una división mucho más estrecha que desde entonces se la conoce con su nombre y que está situada justamente en la separación de las dos intensidades de brillo que presenta este anillo. La tenuidad del anillo de crepón es tal que a su través puede verse parcialmente el limbo de Saturno.

Cuando observamos este notable sistema estamos tentados de suponerlo rígido o al menos continuo como el ala de un sombrero, pero en realidad está formado por corpúsculos de muy pequeño tamaño y forma irregular, constituidos por hielo o roca, mezclados con un polvo más fino formado por la desagregación de los anteriores. No son transparentes pues proyectan su sombra sobre el globo aunque por consideraciones polarimétricas parecen ser de forma más bien irregular.

Edouard Roche (1820-1883) fue el primero en demostrar mecánicamente que los anillos tienen que ser corpusculares estableciendo lo que después se llamó "límite de Roche"(1) y precisamente se ha

expresado la teoría de que el origen de los anillos sea la consecuencia visible de la destrucción de un satélite. Las divisiones son las zonas prohibidas para estos sateloides, aún por dentro del límite de Roche pues por ejemplo si los hubiera en la división de Cassini tendrían períodos de rotación en resonancia(2) con los de algunos de los satélites, en este caso sería la mitad de la revolución de Mimas, un tercio de la de Encelado y un cuarto de la de Tetis. Una década después James Clerk Maxwell (1831-1879) llegó independientemente a la misma conclusión (en realidad sus resultados se conocieron antes que los de Roche) agregando que los continuos rozamientos —no se puede hablar de choques— entre los corpúsculos llevará a un ensanche del disco por pérdida de la fuerza viva(3) y eventualmente a su desaparición por caída sobre el globo o por pérdida en el espacio. La espectroscopia, por su parte, por medio del efecto Doppler-Fizeau indica, como lo preveía la teoría, que la rotación no es uniforme: el borde exterior cumple una revolución en 15h 30m en tanto el borde interior la hace en solamente 8h 20m. Incuestionablemente, este planeta tiene el mayor número de satélites, pues cada uno de estos minúsculos cuerpos es independiente de los otros y sigue su propia trayectoria. La distinta transparencia de los anillos plantea también algunos interrogantes. Las estrellas brillantes pueden verse a través de los anillos excepto a través del B y esto parece indicar que los anillos no son tan homogéneos como se supone o bien que no todos son exactamente de igual espesor.

Otra posibilidad, se nos ocurre, sería que los pequeños cuerpos del anillo B sean más chicos que los de los otros, lo que permitiría que a igual espesor puedan existir muchas más "capas" de sateloides, tornando opaco el conjunto. Para terminar, digamos que el plano de los anillos está inclinado, respecto del plano ecuatorial de Saturno en menos de un grado y en unos 26° 45' respecto al plano de la órbita de Saturno.

Después del Pioneer 11, llegó a Saturno el Voyager 1 que consiguió aclarar algunas de las innumerables

(2) El término es propio de la acústica y por extensión se lo usa en mecánica en el sentido de la aplicación de una aceleración a intervalos tales que acaba por desbaratar el sistema.

(3) Expresa el producto de la mitad de la masa por el cuadrado de la velocidad y puede enunciarse: el trabajo de una fuerza que actúa sobre un cuerpo libre equivale a la energía o fuerza viva que le comunica.

(1) Dentro de un círculo trazado alrededor de un planeta a 2,44 radios del mismo, no puede estar un satélite de la misma densidad del planeta pues sería destruido por la acción de las fuerzas de atracción diferencial.

(1) Se dice que un planeta está en conjunción con el Sol cuando se encuentra en la prolongación de la línea que une la Tierra con el Sol en el caso de un planeta exterior. Si el planeta es interior la conjunción puede ser en el orden Tierra, planeta, Sol o bien Tierra, Sol, Planeta.

incógnitas que presenta este planeta. Este navío espacial se halló en las inmediaciones de Saturno en el mes de noviembre de 1980. Las fotografías desde corta distancia muestran aspectos parciales del cuerpo y los anillos, y detalles sobre los satélites. Como resultado general comprobamos: existen muchísimos anillos separados unos de otros además de los que ya conocíamos; el globo está cubierto de nubes y además sobre estas nubes flota una densa niebla por lo que no fue posible —como ocurrió con Júpiter— conocer su superficie, y por último, que existen varios satélites pequeños cuya existencia había descubierto el Pioneer 11.

Existe una circunstancia que nos parece contradictoria pues se detectaron vientos en Saturno de hasta 1600 kilómetros por hora, afortunadamente algo desconocido en la Tierra, pero al mismo tiempo las bandas claras y oscuras que a veces alcanzamos a ver desde nuestros observatorios son mucho más anchas y estables que en Júpiter, cuyos vientos son sensiblemente más lentos. También hay fuertes tormentas eléctricas que parecen originarse en los anillos, más bien que en el cuerpo, y causan auroras polares como las terrestres.

Los anillos fueron confirmados como concéntricos aunque algunos de ellos tienen muy pequeña excentricidad y son tantos que es imposible enumerarlos. El Voyager 1 encontró dos anillos más entre los F y E (recordaremos que según el orden de descubrimiento los anillos se designan D, C, B, A, F y E desde el planeta hacia afuera) y el F comprende en realidad tres anillos interconectados. La conocida división de Cassini fue medida como de 3.500 kilómetros de ancho y en ella se notan no menos de veinte anillos;

sin embargo, la división de Encke parece estar realmente vacía. El anillo C aparece compuesto por trozos de unos dos metros de diámetro mientras que los componentes del anillo E son mucho más chicos. Como se suponía, el mayor espesor óptico corresponde al anillo B. Todavía no hay una explicación satisfactoria para el hecho de la permanencia (no desintegración) de los anillos. Podríamos repetir lo dicho por un científico de la NASA: "Los anillos son exactamente lo que las leyes de la física le ordenan ser, pero nosotros realmente no conocemos estas leyes". Pero poco a poco se aportan nuevos datos, como por ejemplo el hecho curioso de que los satélites recientemente descubiertos parecen ser "los perros pastores que cuidan el ganado" puesto que circulan muy cerca de los bordes de ciertos anillos. Por ejemplo, varios fueron descubiertos cerca del borde exterior del anillo A y del otro lado del anillo F. Los satélites 13 y 14 flanquean al anillo F, en tanto al 15 se lo supone controlar el borde exterior del anillo A. El conjunto de los anillos no evidencia poseer atmósfera pero con seguridad tiene un campo eléctrico.

Pasemos ahora a examinar cómo se produce la no visibilidad de los anillos. Los anillos pueden "desaparecer" por dos causas: que el Sol los ilumine exactamente de canto —y ya vimos que son muy delgados— o bien que el Sol ilumine un lado de los anillos y nosotros veamos el otro lado. En cualquiera de estas oportunidades decimos que Saturno está en "fase redonda". Con un telescopio de regular diámetro es posible, no obstante, ver una fina línea blanca a ambos lados del planeta en el primer caso o una también delgada línea oscura

cruzando el globo que no es otra cosa que la sombra del sistema anular vista con una muy pequeña inclinación. Dicho de otra manera el anillo es invisible cuando su plano pasa por la Tierra, cualquiera sea la posición de este plano respecto al Sol; también desaparece cuando su plano pasa entre la Tierra y el Sol pues entonces en tanto el Sol ilumina una cara de los anillos, desde la Tierra vemos la otra cara o, mejor dicho, no la vemos porque no está iluminada (Figura 3).

Las efemérides indican la posición del Sol y de la Tierra respecto al plano de los anillos llamándola B (latitud saturnicéntrica de la Tierra) y B' (latitud saturnicéntrica del Sol). Cuando los valores de ambos son positivos significa que vemos la cara norte de los anillos y el Sol ilumina esta misma cara. Es evidente que si los signos de B y de B' no son iguales Saturno nos mostrará el lado no iluminado de sus anillos y por supuesto no los veremos. El plano de los anillos pasa por el Sol durante los equinoccios de Saturno y por lo tanto esto ocurrirá cada 15 años aproximadamente, que es la mitad del tiempo que emplea en su revolución sidérea; pero habiendo tanta diferencia entre la revolución de este planeta y la de la Tierra, ésta puede atravesar entre una vez (mínimo) y tres veces (máximo) este plano y por lo tanto transcurrirán varios meses durante los cuales los anillos, sin ser totalmente invisibles aparecerán como una línea brillante u oscura según dijimos más arriba, es decir, como una elipse exageradamente achatada. En total entonces, pueden ocurrir dos desapariciones, una por el paso del Sol por el plano de los anillos y otra por el paso de la Tierra, y cuatro desapariciones, una por el Sol y tres por el paso de la Tierra por el plano de los anillos; todas estas oportunidades se presentan cuando Saturno está cerca de sus equinoccios.

Así, vemos en las efemérides para 1980 que B' cambió de signo el 3 de marzo correspondiendo esta desaparición al equinoccio de primavera de Saturno y no vimos los anillos porque estaban iluminados de canto. Muy poco después, el día 12 del mismo mes, vimos que cambió de signo el factor B; un día antes, el 11, los factores B y B' son positivos y por lo tanto, aunque con dificultad, pudimos ver algo, una línea blanca, pues el Sol iluminaba la cara de los anillos que nos mostraba Saturno. Pero el día 12, si bien el Sol continuaba iluminando la misma cara norte, desde la Tierra, que cruzó el plano de los anillos vimos la cara sur (B negativo) y por lo tanto

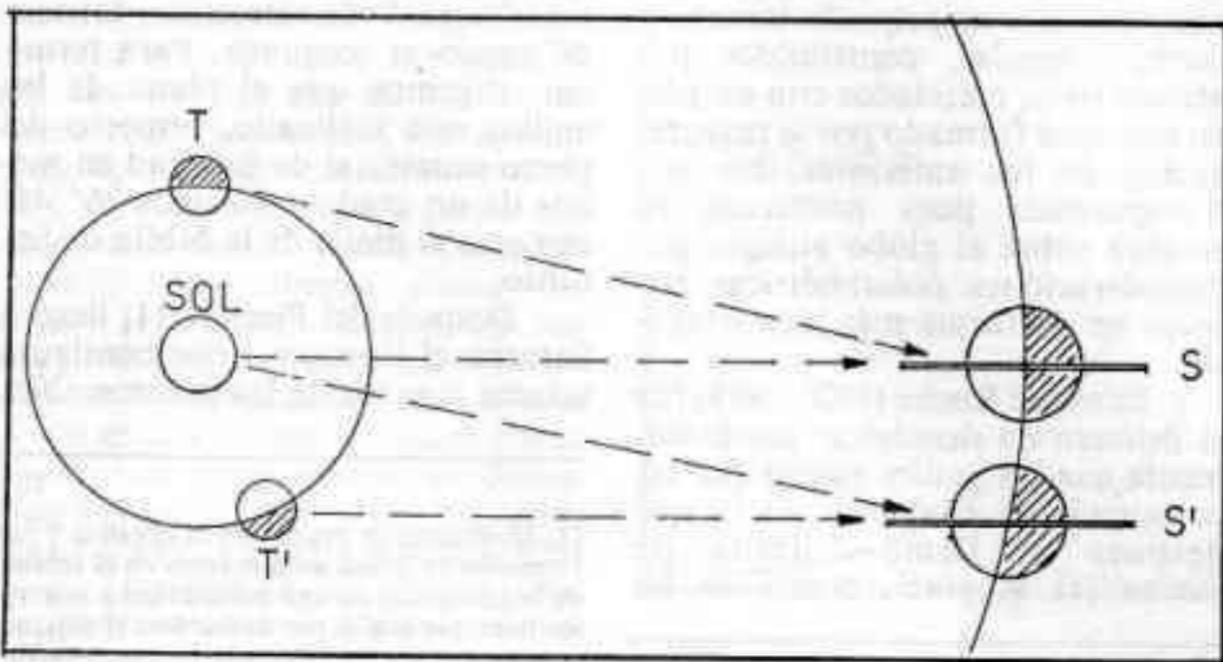


FIG. 3: T y T', dos posiciones de la Tierra. S y S', dos posiciones de Saturno. En S no vemos el anillo porque su plano pasa por el Sol; no es posible verlos cualquiera sea la posición de la Tierra en su órbita. En S' el plano de los anillos pasa por la Tierra y no podemos verlos no obstante que el Sol ilumina una de sus caras.

CUADRO 2

Orden de distancia	Orden de descubrimiento	Nombre	Descubridor	Fecha	Magnitud en oposición	Radio de la órbita		Diám. km	Densidad	Excentricidad de la órbita	Periodo en días	Inclinación /ecuador Saturno en grados	Albedo
						en 10 ⁶ km	en r. plan.						
1	X	Jano	Dollfus	1966-12-31	14	152	2,54	200		0	0,749	0	
2	VI	Mimas	W. Herschel	1789- 9-17	12,9	185	3,09	380	1,21	0,02	0,942	1,5	0,6
3	VII	Encélado	W. Herschel	1789- 8-28	11,8	238	3,97	490	1,12	0,004	1,370	0	1,0
4	IV	Tetis	J.D.Cassini	1684- 3-21	10,3	295	4,91	1050	1,03	0	1,888	1,1	0,8
5	V	Dione	J.D.Cassini	1684- 3-21	10,4	377	6,29	1110	1,43	0,002	2,737	0	0,6
6	III	Rea	J.D.Cassini	1672-12-23	9,7	527	8,78	1520	1,33	0,001	4,518	0,4	0,7
7	I	Titán	Huygens	1655- 3-25	8,4	1224	20,4	3120	1,94	0,029	15,95	0,3	
8	VIII	Hiperión	Bond-Lassell	1848- 9-19	14,2	1482	24,7	310		0,104	21,28	0,4	0,3
9	II	Japeto	J.D.Cassini	1671-10-25	10/12	3558	59,3	1450	1,24	0,028	79,33	14,7	0,5
10	IX	Febe	Pickering	1898- 8-16	16,5	12960	216	240		0,166	550,4	150	
		S1-2			152		160					0,4	
		S3			169		90					0,4	
		S4			151		90					0,4	
		S5			140		90					0,4	
		S6			141		90					0,4	

tampoco pudimos verlos. Esto mismo vuelve a ocurrir el 23 de julio, oportunidad a partir de la cual podremos ver otra vez, y por 15 años, la cara norte iluminada.

La duración del periodo de invisibilidad, o casi, pues el espesor de la línea que podremos ver, excepto durante las desapariciones totales, alcanza a unos décimos de segundo de arco, es variable; es más corto cuando este periodo cae cerca de la conjunción Saturno-Sol y puede durar una semana. En cambio, si ocurre durante la oposición, el periodo, como ocurrió en 1979-1980(1) puede estar cercano a los nueve meses.

Dedicaremos algunos párrafos al cortejo de satélites que rodea a este planeta, cortejo comparable únicamente, por la cantidad y los tamaños, al del otro coloso: Júpiter. Pero entre ambos grupos existe al menos una diferencia y es que el sistema de Júpiter contiene cuatro grandes satélites y el resto son poco más que "cascotes" en tanto el grupo de Saturno tiene solamente uno muy grande pero todos los demás, excepto los descubiertos recientemente, exceden los 100 km de diámetro.

Todos los libros de astronomía de este siglo concuerdan en un dato: Saturno tiene diez satélites. Ello se debe a que los libros más viejos cuentan como integrante al satélite Temis que Pickering creyó descubrir en placas tomadas en 1900 y 1904 y luego se perdió, pero la cantidad fue completada mucho después con el descubrimiento de Jano. Puede prestarse a especulaciones no astro-

nómicas la circunstancia de que Temis era la diosa que representaba a la Justicia y haya sido precisamente este satélite el que no volvió a encontrarse. Mitológicamente los nombres de estos satélites recuerdan la terrible guerra sostenida por Saturno y sus hermanos, los Titanes, para recuperar el trono del Olimpo del que había sido desalojado por Júpiter y sus aliados, los dioses que ya vimos como Venus, Marte, etc. Pero estas historias, hermosas y entretenidas para leer son muy complicadas por la falta de un registro civil, institución desconocida por los antiguos al punto de que teniendo un dios para cada cosa no lo tenían para esta tarea. Veamos: Tetis, Dione, Rea y Foebe eran titanes mujeres, hermanas de Saturno. Las dos primeras fueron también esposas de Júpiter y la segunda fue madre de Venus según una versión. Rea, como vimos, era también la mujer de Saturno. Titán, Japeto e Hiperión eran titanes varones, hermanos de Saturno. A Japeto le cupo la gloria de haber sido el padre de Prometeo. Por su parte Mimas y Encélado, según algunos, eran también titanes o quizás sólo gigantes, un poco inferiores en tamaño. En cuanto a Jano divinidad exclusivamente romana, nada tiene que ver con los otros; era un dios con dos caras, pudiendo así mirar hacia el pasado o el futuro y se lo consideraba el portero de los cielos pues una puerta también tiene dos caras. Casi todos los nombres fueron sugeridos por John Herschel. Foebe y Jano fueron impuestos por sus descubridores. Por el cuadro que sigue vemos que J. D. Cassini igualó la cantidad de descubrimientos de satélites hecha por Galileo.

En el cuadro II indicamos los datos físicos de estos satélites, que en las columnas "diámetro", "albedo" y "densidad" corresponden a los publicados por la NASA después de un primer análisis de los datos del Pioneer 11 y Voyager 1. Las naves espaciales descubrieron nuevos satélites estando confirmados seis, que giran en órbitas que por ahora se consideran comunes a varios de ellos, clasificándolos en dos grupos: uno, que se toma como que va delante de los otros y por supuesto, otro grupo que marcha detrás, pero a los componentes de ambos grupos se los considera co-orbitales; los datos que damos en el cuadro resultan del análisis de los datos del Pioneer 11 y de todas maneras vemos que únicamente la órbita del denominado S3 se diferencia netamente de las del resto de los noveles.

Saturno tiene dos satélites notables: Titán, único con atmósfera y Japeto, con el record de variación de brillo, entre magnitudes 10 y 12. De Jano, el satélite más importante más cerca de Saturno poco es lo que sabemos y parece que hasta ahora no fue fotografiado por los vehículos espaciales; posiblemente haya estado del otro lado del cuerpo cuando el Voyager atravesó el sistema. Merece relatarse el proceso que culminó con su descubrimiento, ya en el límite de las posibilidades de lograr desde la Tierra otro éxito semejante. El camino seguido por su descubridor fue parecido al empleado para el hallazgo de Neptuno. Cuando Galileo dirigió su anteojo a Júpiter "tropezó" con sus satélites principales y del mismo modo W. Herschel se "encontró" con el planeta Urano durante su sistemática inspección del cielo. Ambos casos

(1) Aquí mencionamos los fenómenos durante 1980 pero en realidad el periodo comenzó el 27 de octubre de 1979.

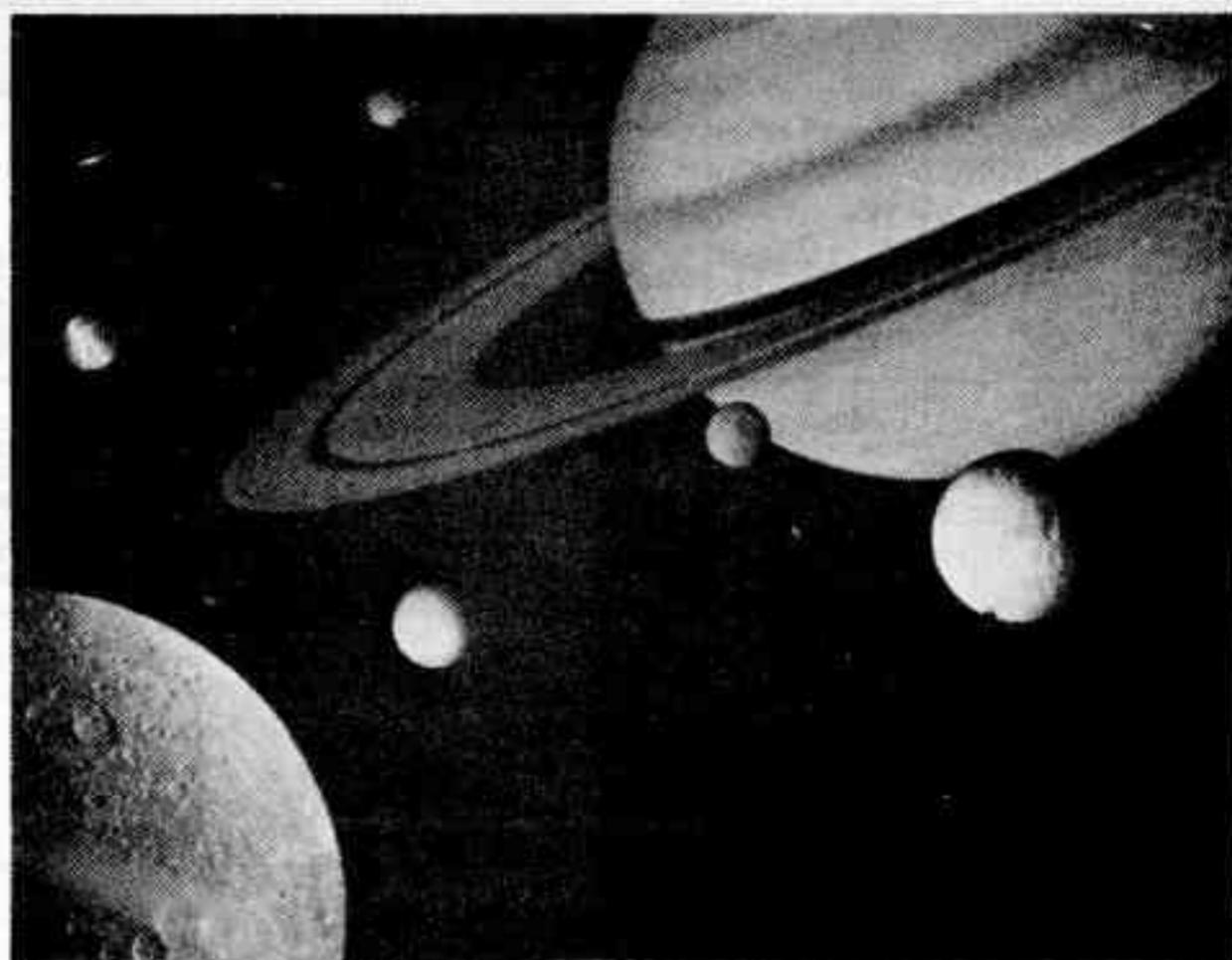


Foto Montaje del Sistema de Saturno



Falla en Tethys



Crater Gigante en Mimas



Crateres en Dione



Marcas brillantes en Dione

esta supremacía en favor de Ganimides. Pero todavía continúa siendo el único con atmósfera importante, cuyo principal constituyente no es el hidrógeno ni el metano, abundante, sino el nitrógeno. Todavía subsiste sin explicación el por qué Titán tiene atmósfera y Ganimides, que es un poco más grande, quizás tenga una pero muy tenue. Con bastante fundamento se supone que el nitrógeno en Titán actúa como el agua en la nuestra es decir, que así como aquí conocemos el agua en sus tres estados: gaseoso (vapor) líquido y sólido,

do, el nitrógeno en Titán, debido a la baja temperatura, de alrededor de 150° centígrados bajo cero, puede estar también en estos tres estados y no es aventurado suponer que hay ríos y glaciares de metano y las nubes dejen caer gotas de este mismo compuesto. Esta atmósfera es desproporcionada para el cuerpo que envuelve pues tiene un espesor cinco veces mayor que el de la nuestra, y la presión en la superficie es una vez y media la terrestre.

Titán ejerce considerable fuerza gravitacional sobre los otros

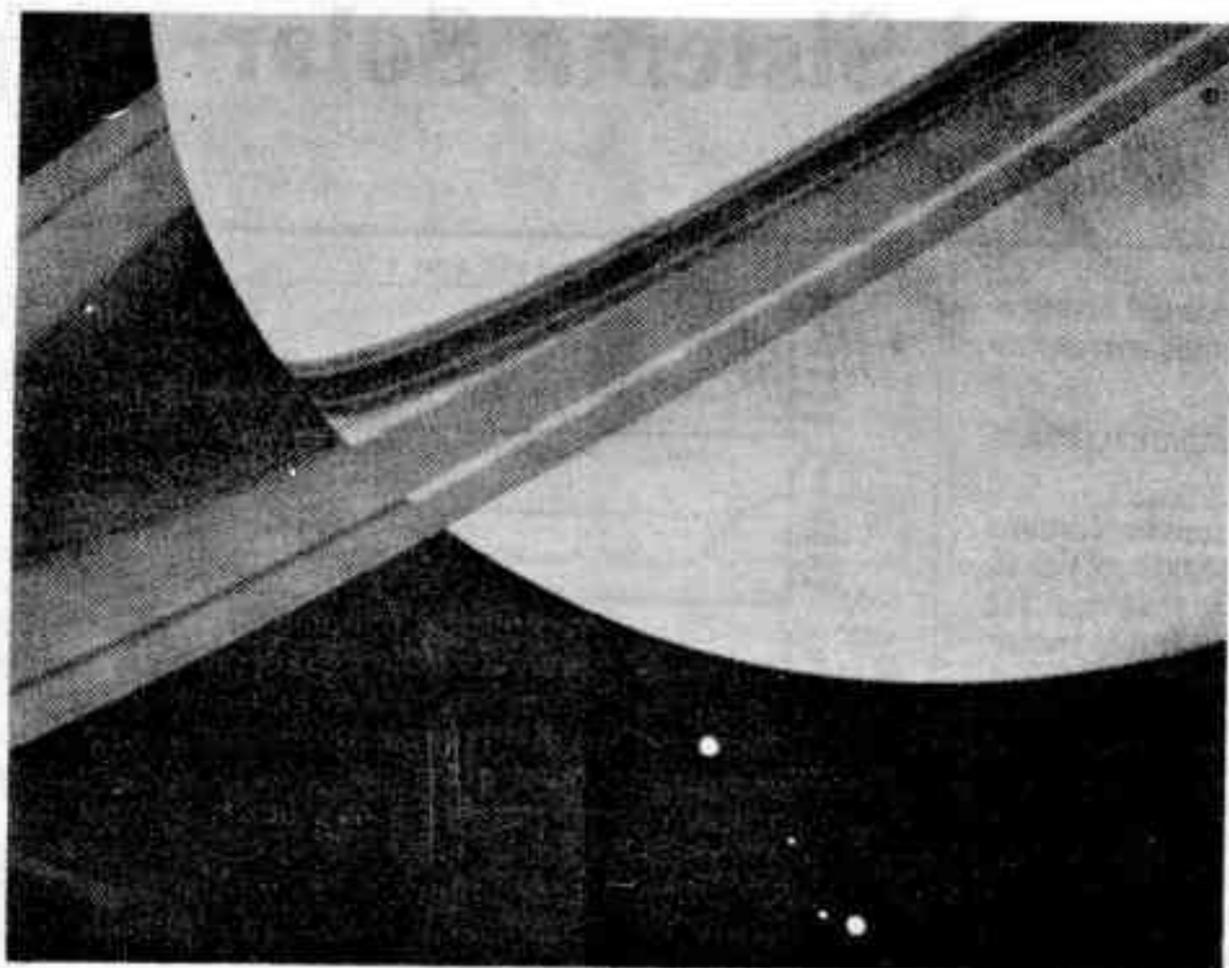
REVISTA ASTRONOMICA

tuvieron la trascendencia que conocemos debido a la sagacidad y capacidad de razonamiento de ambos astrónomos, quienes rápidamente comprendieron de lo que se trataba. El Dr. Carlos Lavagnino(1) explicó muy bien este descubrimiento diciendo: "El (Dollfus) había sospechado que ciertas irregularidades de brillo en los anillos, análogas a la división de Cassini, tendrían su origen en las perturbaciones de los satélites. En particular, una de estas irregularidades era de presumir que correspondería a un satélite desconocido ubicado entre el anillo exterior y la órbita de Mimas. Esto indicaba que sólo podría ser descubierto en las épocas de desaparición de los anillos. Como Dollfus había determinado la posición de las desviaciones en el anillo con bastante exactitud mediante muy lentas observaciones que empezaron en 1948, al llegar la oposición de Saturno de 1966 se decidió a buscar el satélite". Y lo encontró en placas tomadas el 15 de diciembre de 1966. En 1976 se sospechó la existencia de otro o quizás de varios satélites que parece dejaron imágenes en placas tomadas por Fountain y Larson (contemp.) en 1966. Es posible que hayan seguido sus investigaciones durante la última desaparición de los anillos.

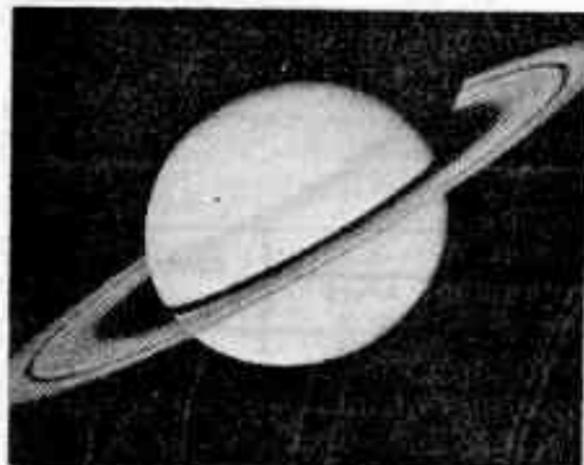
Tampoco pudo ser fotografiado por estos artefactos el satélite más externo conocido hasta ahora, Febe, cuyo movimiento es retrógrado, único retrógrado en Saturno mientras que, recordamos, Júpiter tiene al menos cuatro. Es por ello que, en el cuadro, los datos de la NASA se refieren únicamente a los ocho restantes. Dos de los nuevos satélites fueron fotografiados desde corta distancia como para determinar sus formas, que resultaron irregulares con su eje mayor apuntando a Saturno y aparentemente compuestos de agua helada; ambos comparten una órbita a aproximadamente 91.000 kilómetros por encima de las nubes de Saturno. Otro de los nuevos circula en la misma órbita que ocupa Dione oscilando lentamente alrededor de un punto situado a 60° delante de Dione; evidentemente un caso similar a los asteroides que comparten la órbita de Júpiter. Otros tres se ubican exactamente por fuera del anillo F, justo del lado de adentro del anillo F y exactamente por fuera del anillo A respectivamente.

Hasta ahora podía suponerse a Titán como el mayor de los satélites del sistema planetario pero las mediciones del Voyager lo despojaron de

(1) Satélites Conocidos y Desconocidos. Rev. Astr. N° 165 abril-junio 1968.



Aproximación a Saturno



Saturno y sus anillos



Abajo de los anillos



Acercándose



Mirando hacia atrás

cuerpos y puede ser un factor en la calefacción por mareas sobre Encelado; también tiene mucha interacción con la magnetosfera de Saturno (variable en diámetro según el viento solar) de modo que unas veces Titán está dentro de la magnetopausa (borde exterior de la magnetosfera) y otras totalmente libre de ella.

Las otras lunas interiores —Mimas, Encelado, Tetis, Dione y Rea— pueden estar compuestas principalmente de hielo quizás mezclado con compuestos amoniacales.

Mimas presenta un tremendo

impacto, visible en las fotos, que le dejó una cicatriz de alrededor de 1/4 del diámetro del satélite y una altura de unos 9 km con un pico central de entre 4 y 5 kilómetros de altura. Por las mejores fotos del Voyager es posible notar accidentes de sólo 2 km de diámetro.

Encelado fue visto con una resolución de unos 12 kilómetros y no se le notan cráteres. Por su parte, Tetis muestra un gran valle de 60 kilómetros de ancho por 750 km de largo y se supone que sea una fractura causada por un gran impacto

sufrido por la cara opuesta; quizás sea todo de hielo.

Dione es muy particular, con dos hemisferios distintos; uno de ellos presenta unos surcos brillantes que recuerdan algunos de los lunares que se supone sean eyecciones de hielo, geológicamente recientes, a través de grietas causadas por impactos meteoríticos, mientras el otro hemisferio está completamente craterizado.

La superficie de Rea es muy reflectiva, como la de casi todos estos satélites. Japeto también es notable pues presenta siempre la misma cara al planeta, como había sido estimado desde la Tierra como una explicación de la gran diferencia en magnitud. Presenta un hemisferio oscuro (que refleja una quinta parte de la brillante) y otro brillante. El oscuro es el que va delante, considerando el camino de Japeto en su órbita.

Febe, el último de los conocidos, no fue fotografiado por los navíos espaciales, pero confiamos en que lo habrá hecho el Voyager 2 que, cuando esta REVISTA llegue a manos de los lectores habrá completado su travesía por el mundo de Saturno, ya que la menor aproximación ocurrió, según los planes, el 25 de agosto de 1981. Luego el artefacto seguirá viaje hacia Urano.

Estos satélites producen tránsitos y ocultaciones pues sus planos orbitales están muy poco inclinados, pero también coinciden con el plano de los anillos y por lo tanto para ver estos fenómenos conviene que los anillos se presenten de canto. Pero además hay otra dificultad: son demasiado pequeños para poder distinguir su sombra sobre el planeta y muy débiles para ver sus ocultaciones; el único que lo permite, y no siempre, es Titán.

El brillo de Saturno y sus anillos molesta bastante para ver los satélites, excepto Titán, pero se los distingue cómodamente durante la desaparición de los anillos. Hemos podido ver a seis satélites simultáneamente aprovechando la elongación occidental de Japeto y la ausencia de la Luna durante la reciente desaparición de los anillos.

N. de R.: Con posterioridad a la recepción de este artículo, la nave Voyager II cumplió con éxito su misión en Saturno, logrando nuevas y espectaculares fotografías del planeta, sus anillos y satélites. Para los lectores interesados en más detalles de los resultados obtenidos por las sondas Voyager I y II, consultar la revista Sky & Telescope, números de: enero '81, marzo '81, julio '81, octubre '81, noviembre '81, y enero '82.

El Aficionado y el Sistema Solar

conducido por la Subcomisión de Planetas

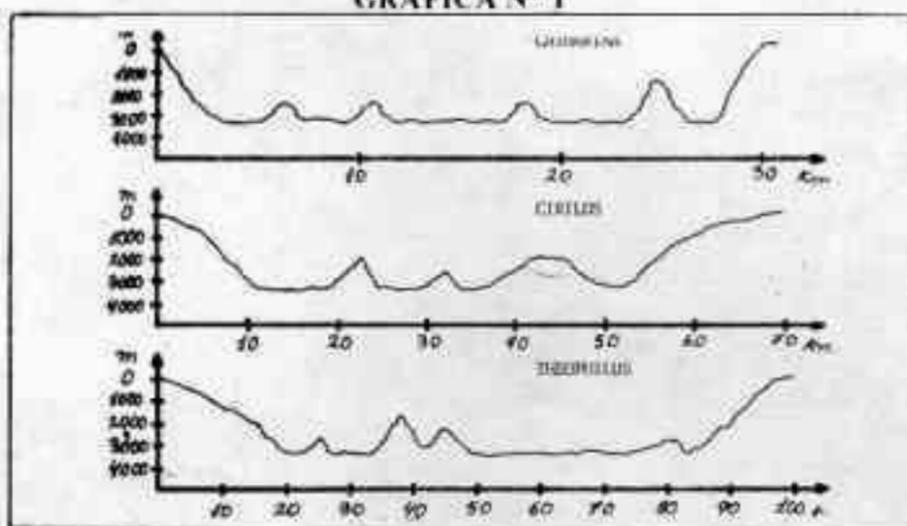
En esta cuarta nota relativa al relieve físico del hemisferio lunar visible, haremos referencia a las zonas correspondientes a los mapas número 9, 10, 11 y 12.

MAPA N° 9 - (Zona: Fracastor, Cyrillus, Catharina, Piccolomini, Zagut, Sacrobosco):

Se midieron un total de trece cráteres, siendo Romaña (95 Km.) el de mayor diámetro y Tácitus (4.000 m.) el de mayor profundidad. Los cráteres Madler y Polyvires (11 Km.) tienen el menor diámetro y Rosse (1.600 m.) la menor profundidad.

Una de las formaciones físicas más interesantes de esta región es el grupo triple de cráteres formado por Theophilus, Cyrillus y Catharina. La foto de esa región permite apreciar que una de las laderas del cráter Theophilus ha borrado a una de las laderas de Cyrillus, por consiguiente el impacto meteórico que dio origen al cráter Theophilus fue posterior a la caída del bólido que formó al cráter Cyrillus, o para expresarlo de otra manera Cyrillus es de formación más antigua que Theophilus. Catharina con sus laderas destruidas es el más viejo de los tres. La gráfica N° 1 muestra el perfil físico de los tres cráteres mencionados y la tabla N° 1 indica los datos relativos a la topografía de los mismos.

GRAFICA N° 1



El cráter medio de la zona presenta un diámetro de 45,7 km. y una profundidad de 2.925 m; la tabla siguiente y la gráfica N° 2 representa las características de los cráteres mayor medio y menor:

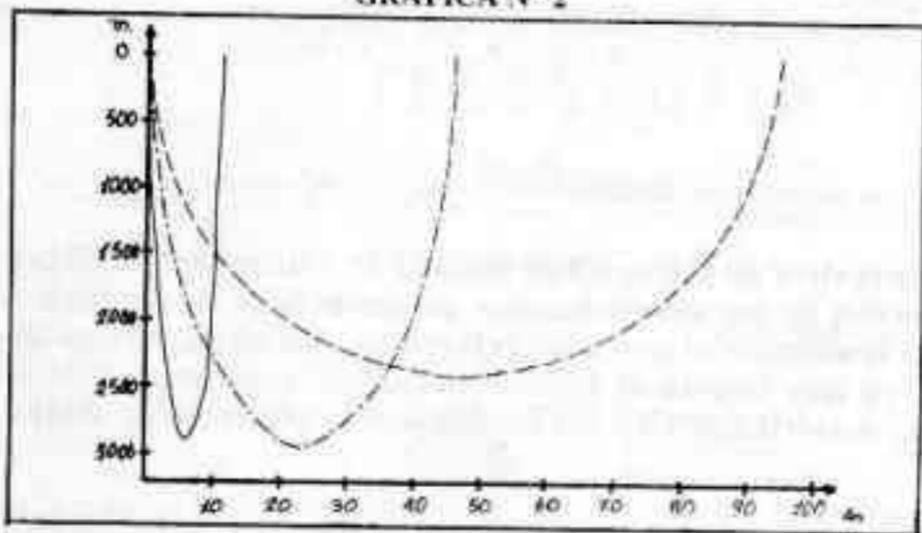
Romaña	95 km	2.400 m
Cráter Medio	45,7 km	2.923 m +
Madler	11 km	2.800 m

MAPA N° 10 (Zona: Furnerius, Reichenbach, Petavius, Vendelinus, Santbech, Colombo):

TABLA N° 1

Nombre	Diámetro en Km.	Profundidad en m.	Cráteres Internos			Montañas Internas			Base en km.	Sistema radiales
			Cent.	Diámetro en km.	Profundidad en m.	Cent.	Característica	Altura en m.		
Theophilus	93	3.200	5	de 1 a 2	4 de 400 1 de 800	27	Diecisiete picos aislados	1 de 400 7 de 800 6 de 1.200 1 de 1.000 2 de 2.000	18	NO
Cyrillus	69	3.200	4	de 1 a 3	c/u - 800	30	Macizo de dos picos	1° - 1.200 2° - 2.000		
Catharina	27	2.400	5	de 1 a 3	4 de 400 1 de 800	47	Macizo de dos picos	1° - 1.600 2° - 2.800 c/u - 1.200	5	NO

GRAFICA N° 2

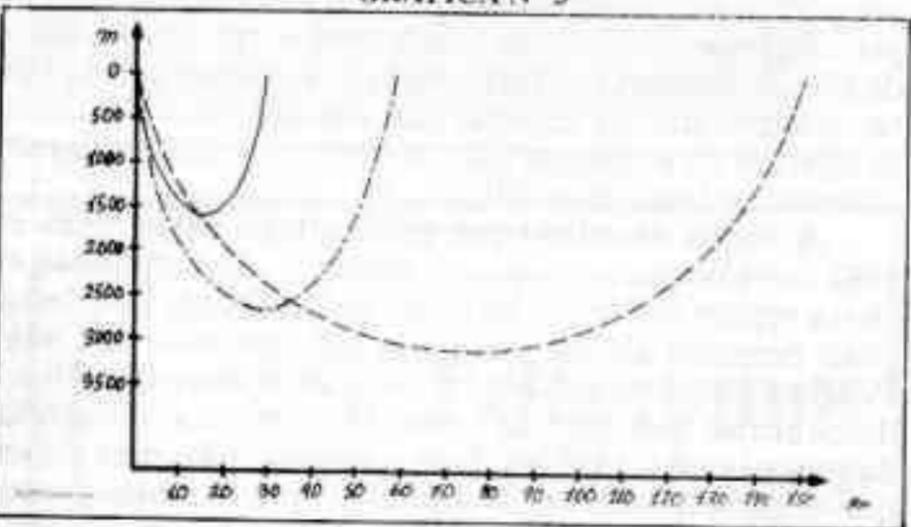


En esta zona próxima al limbo lunar, que no ofrece mayores atractivos para la observación del aficionado, medimos un total de dieciocho cráteres. Azout (150 km.) es el de mayor diámetro, Petavius y Colombo (4.000 m.) son los de mayor profundidad, mientras que Aller (29 km. y 1.600 m.) es el de menores dimensiones.

La topografía de la zona presenta cráteres sin mayores accidentes exceptuando Petavius que tiene veintitrés picos montañosos (algunos aislados y otros formando macizos), cinco cráteres internos de reducidas dimensiones, mientras que en sus laderas tiene ocho. Petavius y Wrottesley conforman un grupo doble de cráteres, este tipo de formación abunda en la región.

La siguiente tabla y la gráfica N° 3 muestran las di-

GRAFICA N° 3



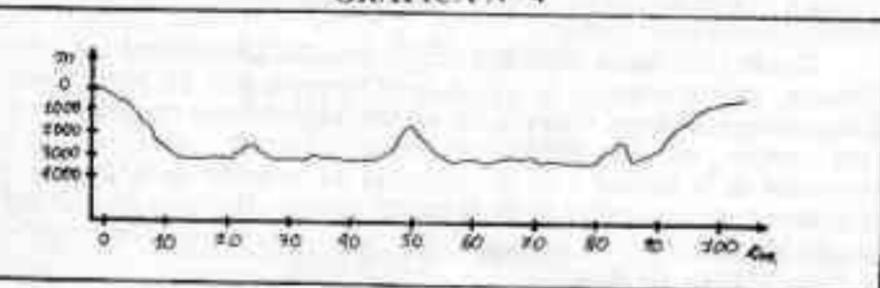
mensiones relativas a los cráteres mayor, medio y menor de esta zona:

Azout	150 km	3.200 m
Cráter Medio	58,5 km	2.645 m
Messier	10 km	1.600 m

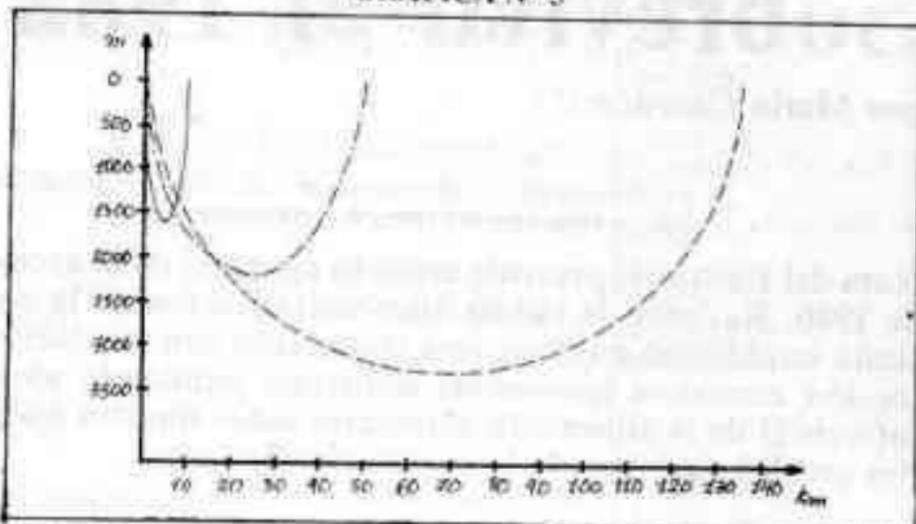
MAPA N° 11 (Zona: Langrenus, Mare Foecunditatis, Gutenberg, Tarantius): En esta región se distinguen las zonas marítimas de la fecundidad y de la tranquilidad y otras de menores extensiones como los mares Undarum, Espumans y sobre el limbo oeste el Smythii, casi imperceptible.

Langrenus (con 3.300 m. de profundidad)(1) presenta una pronunciada forma oval teniendo 135 Km. y 70 Km los ejes respectivos. Su interior sumamente accidentado presenta treinta y un picos de montañas (algunas aisladas y otras agrupadas en seis macizos; la altitud de las mismas alcanza los 800 m.) La gráfica N° 4 refleja el relieve físico de dicho cráter.

GRAFICA N° 4



GRAFICA N° 5



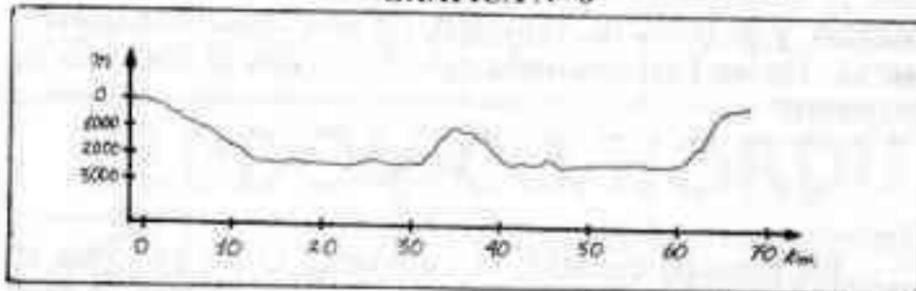
La gráfica N° 5, con la tabla que sigue dan las características de los cráteres mayor, medio y menor:

Langrenus	135 km	3.300 m
Cráter Medio	40,9 km	2.210 m
Messier	10 km	1.600 m

MAPA N° 12 (Zona: Mare Crisium, Proclus, Macrobius, Cleomedes, Geminius): El Mar de las Crisis, único mar circular, se encuentra en esta región; en el limbo distinguimos los mares Marginis y Novum. Hahn (83 Km.) es el de mayor diámetro, Gragan (9 Km. y 1.200 m.) es el más pequeño, Picard y Bernouilli (2.800 m.) son los más profundos.

La región se caracteriza por la presencia de cráteres de dimensiones reducidas sin mayores accidentes en su relieve interno, así por ejemplo Macrobius (66 Km. y 5.200 m.) tiene cuatro picos aislados siendo de 1.600 m. la altitud de uno de ellos; la gráfica N° 6 muestra el perfil del mismo.

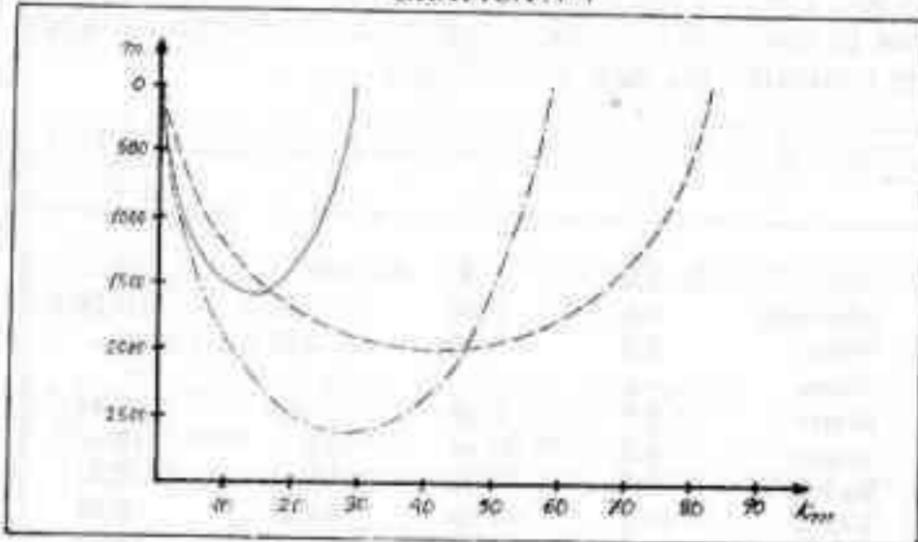
GRAFICA N° 6



Por último la tabla siguiente y gráfica N° 7 indican las dimensiones comparativas de los cráteres mayor, medio y menor:

Hahn	83 km	2.000 m
Cráter Medio	58,5 km	2.600 m
Grahan	29 km	1.600 m

GRAFICA N° 7



(continuará)
Miguel Ruffo y Carlos Rúa

1 - Profundidad Media por cuanto su ladera sur es más profunda y accidentada que su ladera norte.

Sobrevivir al 1982

por Mario Cavedón (*)

Traducido de "L'Astronomia" de Marzo-Abril de 1980 con autorización de Ediciones Quanta, y conformidad del autor, los que se reservan los derechos de autor.

Nota del Editor: el presente artículo apareció en la excelente revista de divulgación italiana L'Astronomia en Abril de 1980. Razones de índole administrativo (como la obtención de las autorizaciones pertinentes) y de diagramación impidieron publicar esta traducción con antelación al fenómeno al que hace referencia. No obstante esta dirección considera igualmente oportuno publicarlo ahora, ya que brinda al lector un análisis cuantitativo de la influencia de la alineación planetaria sobre nuestro planeta, desvirtuando así las predicciones catastróficas alentadas por los agoreros de la pseudociencia.

Existen muchas razones que justifican dudas de que la humanidad pueda sobrevivir más allá de una determinada fecha (una "hermosa guerra", santa, política, económica... o como se prefiera); pero que existan también razones astronómicas, como algunos han sugerido, resulta realmente ridículo. Para todos aquellos que tiemblan ante la idea de que ésta ocurrirá en 1982, cuando algunos planetas se encontrarán, aparentemente, próximos unos a otros, alineados en una cierta dirección en el cielo nocturno, hemos preparado una tablita que, probablemente, servirá para devolverles el corazón al cuerpo.

La temida catástrofe sería producida por las fuerzas gravitacionales, capaces de arrastrar a la Tierra fuera de su órbita. Ahora bien, como se sabe, la fuerza de atracción gravitacional F , que se ejerce recíprocamente entre dos cuerpos de masa M y m , es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r entre ambos (y directamente proporcional al producto de esas masas), y es función, también, de una constante universal G . Dicha fuerza puede calcularse con la fórmula de Newton:

$$F = G \frac{M \times M}{r^2}$$

En nuestro cálculo, la constante G no se toma en cuenta, porque basta con determinar solamente la **relación** (o cociente) entre las diversas fuerzas, y esta relación no cambia si los resultados del cálculo (última columna de la tablita) son **todos** multiplicados por un mismo número. En el cálculo, la masa de la Tierra se considera igual a 1 (y todas las otras se miden en relación a la misma), mientras que las distancias se dan en unidades astronómicas (U.A. —distancia Tierra-Sol— 1). El cálculo se hizo para determinar la **mayor** fuerza gravitacional ejercida por el Sol o los planetas sobre la Tierra y, por lo tanto, se consideró el astro a su mínima distancia de nosotros. He aquí el resultado:

	r	r^2	M	M/r^2
Sol	1,0	1,00	333.420	333.420
Mercurio	0,6	0,36	0,05	0,14
Venus	0,3	0,09	0,81	9
Tierra	—	—	—	—
Marte	0,5	0,25	0,25	0,44
Jupiter	4,2	17,64	318	18,07
Saturno	8,5	72,25	95	1,31
Urano	18,2	331,24	14,6	0,04
Neptuno	29,1	846,81	17,2	0,02
Plutón	38,5	1482,25	0,1	0,0006

Si un día se produjese la perfecta alineación de todos los planetas a lo largo de una recta, Mercurio y Venus sumarían su debilísima fuerza atractiva a la enorme del Sol para "tironear" de la Tierra en un sentido,

mientras los planetas exteriores (de Marte a Plutón), tenderían a arrastrarla en sentido contrario. Por otra parte, de los datos obtenidos en la tablita resulta evidente que la influencia sumada de todos los planetas exteriores, alineados y a la mínima distancia de la Tierra, producirán como máximo una atracción 1680 veces más débil de la que ejerce el Sol (333.420: 19,8 = 1680). Pero, en 1982, esta situación no se producirá, tanto por lo que toca a la alineación como a las distancias.

Por consiguiente, parece que podemos estar tranquilos, porque nuestro buen Sol conseguirá mantenernos en nuestra órbita y continuará calentándonos y proveyéndonos de energía, con sus ligeras variantes.

Naturalmente, si alguien no queda convencido con nuestros cálculos y prefiere dejarse aterrorizar por pronósticos catastróficos, es su problema y no nos asombraremos ni escandalizaremos. Son numerosas las personas que ven películas de horror o leen ciertos libros de ciencia-ficción aterrorizantes; nos parece, por lo tanto, completamente natural que algunas pseudociencias se injerten en el mismo filón comercial-psicológico para obtener un buen provecho.

A todos aquellos que pronostican catástrofes en 1982 tan sólo porque algunos planetas se encontrarán en cierta región del cielo, les propone un simple problema: ¿han pensado alguna vez en la influencia de la Luna? Prueben hacer un cálculo idéntico al de nuestra tablita y descubrirán que, para la Luna, $M:r^2$ resulta, aproximadamente igual a 1885, es decir, un valor 100 veces mayor que el correspondiente a Júpiter, el planeta más grande del sistema solar. Ello no debe sorprender, si se piensa que, justamente la Luna, produce la parte preponderante del efecto de marea (aunque debemos ser algo prudentes al transferir nuestros datos a dicho fenómeno). Pero, el elemento que nos parece aquí más interesante, además de la fuerte atracción de la Luna sobre la Tierra, es la rapidez con que se desplaza nuestro satélite en el cielo, que puede modificar sensiblemente todas las previsiones que han ignorado su influencia.

Y que no se pretenda ahora que la influencia de los planetas será prevalentemente psicológica, porque los lobos, como los enamorados, conocen la Luna y aullan o susurran en el plenilunio pero, si en el cielo brilla Ares (Marte) o Anti-Ares (Antares), no se percatan de la diferencia. Tal vez, ocurra también, que la preparación de algunos "catastrofistas" no es muy profunda.

traducción A. P.

(*)Mario Cavedón nació en Milán en 1920. Después de graduarse en Física y Matemáticas al final de la 2da. Guerra Mundial, se dedicó a la investigación astronómica.

Desde 1951 hasta 1959 fue astrónomo del Observatorio de Brera-Merate, primeramente, y luego del Observatorio de Neuchatel, en Suiza, interesándose, sobre todo, en mecánica celeste (problema de los tres cuerpos, estrellas dobles, catálogos estelares), y en Geofísica (variaciones de la latitud y de la velocidad de rotación de la Tierra). Actualmente, es el encargado de la coordinación científica en el Planetario de Milán. Es autor de numerosas memorias y artículos científicos, y Vice-director de la revista "L'Astronomia".