

REVISTA ASTRONOMICA



ENERO
MARZO
1987
N° 240

REVISTA ASTRONOMICA

N° 240

Enero-Marzo 1987

TOMO LVIII

AG ISSN 0044-9253

REGISTRO NACIONAL
DE LA PROPIEDAD

INTELECTUAL N° 295486

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.

Patricias Argentinas 550

1405 Buenos Aires

Tel. 88-3366

DIRECTOR:

Sr. Carlos Manuel Rúa

SECRETARIOS:

Srta. Susana Aiello

Sr. Ariel Otero Estrada

REDACTORES:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

Sr. Manuel López Alvarez

Srta. Patricia Olivella

TRADUCTORES:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

Prof. Mónica Silvia Ugobono

TIPEADO Y CORRECCION:

Sra. Silvia Temperetti

DIAGRAMACION:

Srta. Patricia Olivella

CANJE:

Prof. Mónica Silvia Ugobono

ENFERMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

COMISION DIRECTIVA

PRESIDENTE:

Ing. Cristián Rusquellas

VICEPRESIDENTE:

Sr. Ariel Otero Estrada

SECRETARIO:

Prof. Luciano Ayala

PRO-SECRETARIO:

Sr. Alejandro Blain

TESORERO:

Sr. Eduardo De Tommaso

PRO-TESORERO:

Ing. Benjamín Trajtenberg

VOCALES TITULARES:

Sr. Bernardo Lupiañez

Sr. Ricargo Gil Hutton

Sr. Eduardo Inza

Sr. Mario Vattuone

Sr. Luis Ferro

Sr. Carlos Manuel Rúa

VOCALES SUPLENTES:

Sra. Flora B. Claire

Sra. Monica U. de Estrada

Dr. José C. Caldararo

COMISION REVISORA

DE CUENTAS

Dra. María Susana Cánepa

Dr. Angel Papetti

Dr. Fernando P. Huberman

Impreso en:

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2° Bs. As.

Tel. 30-2471



REVISTA ASTRONOMICA



Fundador: CARLOS CARDALDA

Organo de la Asociación Argentina

Amigos de la Astronomía

SUMARIO

SECRETOS DE LA OBSERVACION VISUAL por Alan Mac Robert	Pág. 2
HISTORIA DE LA ASTRONOMIA por Miguel Ruffo	Pág. 6
FOTOMETRIA FOTOGRAFICA por Manuel López Alvarez	Pág. 14
MICROPUTACION Y ASTRONOMIA Conducido por la subcomisión de cálculo	Pág. 18
BIBLIOGRAFIA COMENTADA	Pág. 22
NOTICIAS DE LA ASOCIACION	Pág. 23
NOTICIERO ASTRONOMICO	Pág. 24

Nuestra Tapa
*Aproximación
Júpiter y Marte
(fotomontaje).
Sistema oficial
EFL = 18,75
mts. Ocular: 4
mm. Telescopio
O: 25 cm.
F/D = 6*



SECRETOS DE LA OBSERVACION VISUAL

Por Alan Mac Robert.

Traducido de Sky & Telescope de setiembre de 1985, con autorización de Sky Publishing Corporation, la que retiene los derechos de autor.

Los telescopios se han estado vendiendo seguramente con mayor rapidez este año que en otro tiempo cualquiera desde que fueron inventados hace unos 377 años. Bien a menudo, los compradores, entusiasmados con el frenesí del Halley, descubrían luego que la astronomía toma un poquito más de conocimiento de lo que ellos habían convenido. Pero habiéndose metido en ella, hasta alguien que no sabe distinguir Venus de Vega puede convertirse en un astrónomo experimentado y competente. Todo lo se requiere es tiempo, paciencia y voluntad de aprender.

Las vistas celestes que demandan la máxima paciencia de los principiantes son los llamados objetos de las profundidades del cielo. Este término genérico cubre nebulosas, cúmulos estelares, galaxias y cualquier cosa más allá del sistema solar que aparece extendida; o sea que presenta un tamaño visible, en lugar de ser un punto como las estrellas. Miles de estos objetos quedan al alcance de un modesto telescopio, pero tratar de encontrar y apreciar aunque sea uno de ellos puede dejar al novicio a los tumbos en la oscuridad.

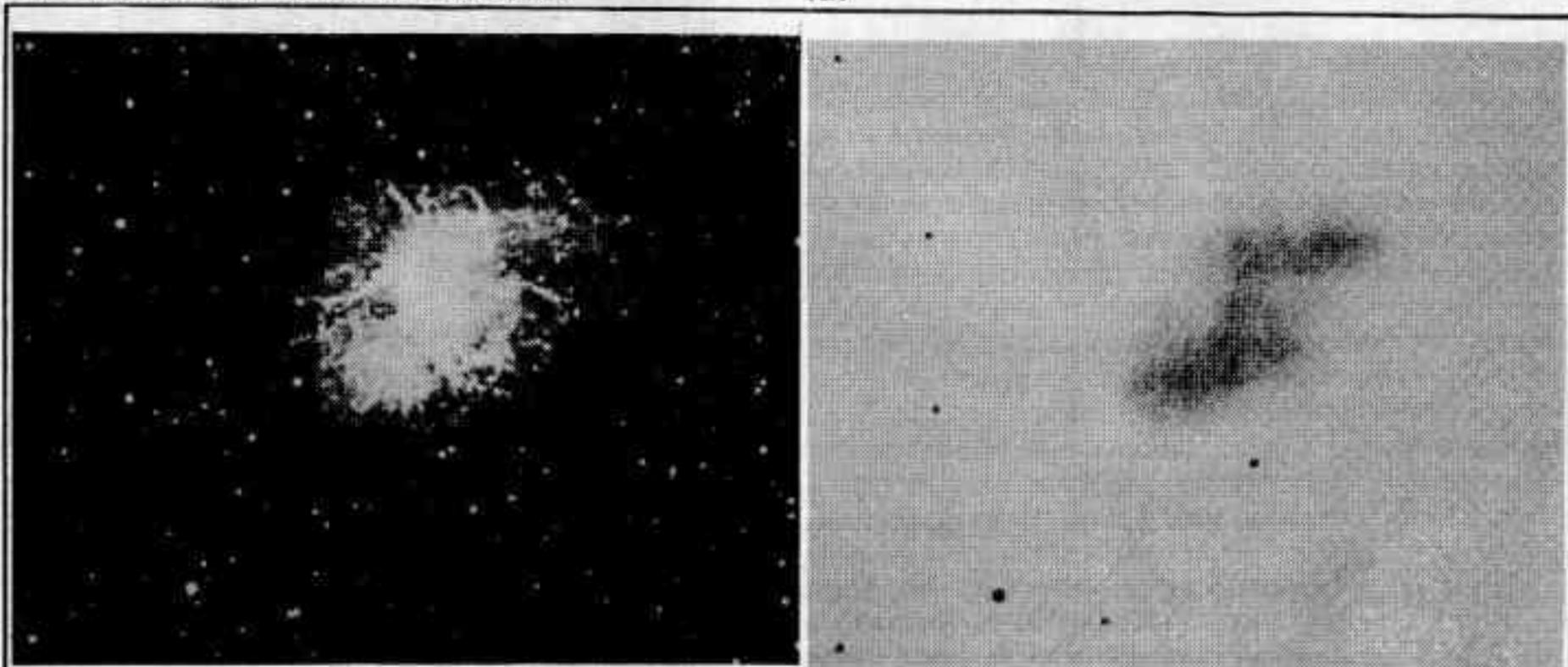
La solución consiste en entender el trabajo. La función que cumple un telescopio con los objetos de las profundidades del cielo es diferente a la que cumple con la Luna, los planetas o escenas de la Tierra. En estos casos, su propósito principal es aumentar detalles distantes. Por otra parte, los objetos de las profundidades del cielo dependen para su visión de la capacidad del telescopio para recolectar luz; no son demasiado pequeños para verlos sin ayuda óptica, son muy apagados.

Acorde con esto, la observación de las profundidades del cielo tiene sus propias técnicas. Todas ellas apuntan a ayudar al ojo a ver en la oscuridad casi total.

OJO VERSUS CAMARA

EL primer problema que presenta un objeto débil es encontrarlo. Usted necesitará conocer las estrellas más brillantes y las constelaciones más destacadas en esa parte del cielo. Luego puede usted utilizar una carta detallada para ir "gambeteando estrellas" hasta que esté mirando en el punto correcto.

Cuando esté en el lugar correcto, ¿qué es lo que verá?



La nebulosa del Cangrejo, M1, en Taurus; el dibujo de la derecha incluye todo lo que un observador visual puede apreciar normalmente. Todos los dibujos de este artículo fueron efectuados por Roger N. Clark usando un telescopio Cassegrain de 20 cm, f:11,5, con aumentos de 82 x a 188 x. Para ver M1 tal como sería apreciada en un telescopio con 100 aumentos, sostenga la hoja a 25 cm de sus ojos. Fotografía del observatorio Karl Schwarzschild.

Con suerte, un manchón luminiscente muy débil y sin forma, flotando entre las estrellas. Como llegar a encontrarlo de alguna manera puede causar un estremecimiento de consumación, la mayoría de los novicios quedan desanimados por la vista. «¿Eso es todo lo que hay... con las galaxias? No es nada parecido a las fotografías de los libros».

Ha venido usted a dar contra este hecho: que el ojo humano no puede funcionar como una cámara fotográfica a bajos niveles de luz. Pero aquí está precisamente la empresa. Muchos objetos de las profundidades del cielo muestran una sorprendente riqueza de detalles cuando se los estudia bien y por largo tiempo. Resista la tentación de girar el telescopio hacia algo más fácil, y vea cuánto puede hacer utilizando la información que se proporciona aquí.

Luminosidad del cielo - El único factor de máxima importancia en la observación de las profundidades del cielo es la contaminación luminosa. Sus peores efectos se producen sobre los objetos débiles y extendidos del tipo de los que estamos considerando. Un cielo oscuro es aún más importante que el tamaño del telescopio; un pequeño instrumento en la campaña mostrará los cúmulos y galaxias débiles mejor que un telescopio grande en la ciudad. Si usted debe vivir donde hay contaminación luminosa, encuentre gusto en lo que puede ser visto a través de su aparato -pero no se culpe usted o a su telescopio por un resultado mediocre.

Adaptación a la oscuridad - Toma tiempo al ojo para que pueda usárselo en la oscuridad. Luego de 15 minutos en oscuridad total podrá usted suponer que se halla suficientemente adaptado, pero las pruebas le mostrarán que sus ojos ganarán cerca de dos magnitudes más en sensibilidad a los 30 minutos. Después de esto, la adaptación a la oscuridad mejora muy poco por unos 90 minutos más. Así que no espere ver objetos débiles en su mejor forma hasta por lo menos media hora de sesión de observación.

En la práctica, la oscuridad completa es inalcanzable. Usted necesitará algo de luz para poder ver qué es lo que está haciendo. Los astrónomos tradicionalmente utilizan una linterna eléctrica rojo oscuro, porque la luz roja tiene menor efecto sobre la visión nocturna. Una triquiñuela útil es leer las cartas con su ojo "descartado" mientras mantiene cerrado el ojo con que

observa.

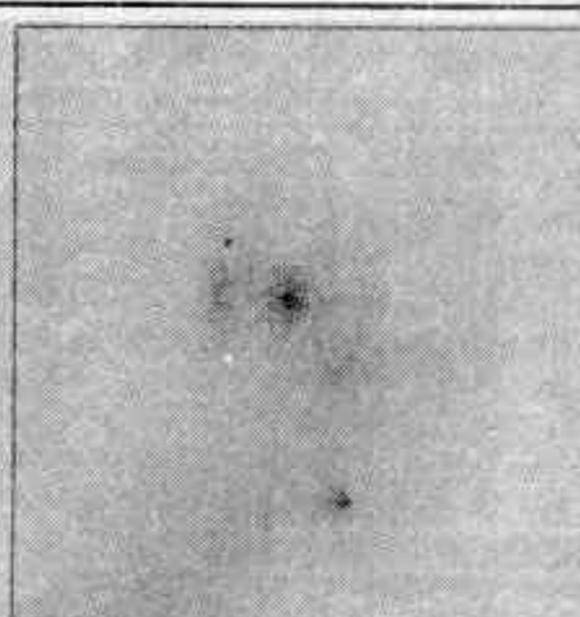
Un papel rojo pegado sobre el frente de una linterna eléctrica proporciona una luminosidad difusa. O, también, la lamparita de la linterna puede ser pintada con esmalte rojo para uñas. Otro sistema: en una linterna eléctrica para dos pilas, coloque una lamparita calculada para funcionar con tres o cuatro baterías. Su luz será débil y enrojecida, y las pilas durarán más.

Visión desviada - Cuando usted mira directamente algo, su imagen cae sobre la *fovea centralis* de su retina. Este punto está colmado de receptores de luz brillante (células cónicas) y proporciona la visión más aguda con iluminación fuerte. Pero la fovea es bastante ciega con luz débil. Por ello, para ver algo débil hay que desviar algo la vista del mismo. Mire alejando algo la vista hacia un lado. Al hacer esto se mueve la imagen del objeto fuera de la fovea y sobre partes de la retina que tienen más receptores de luz débil (bastoncitos).

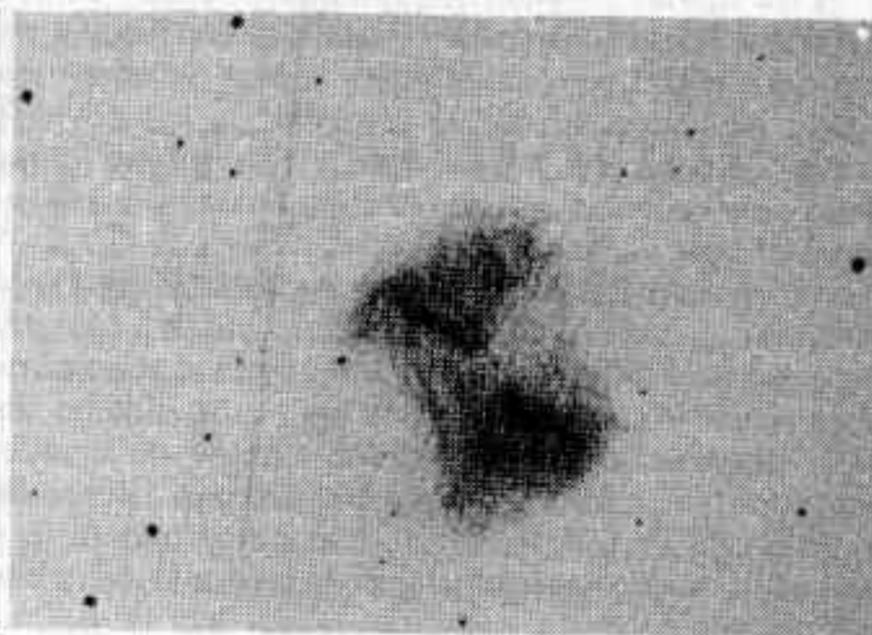
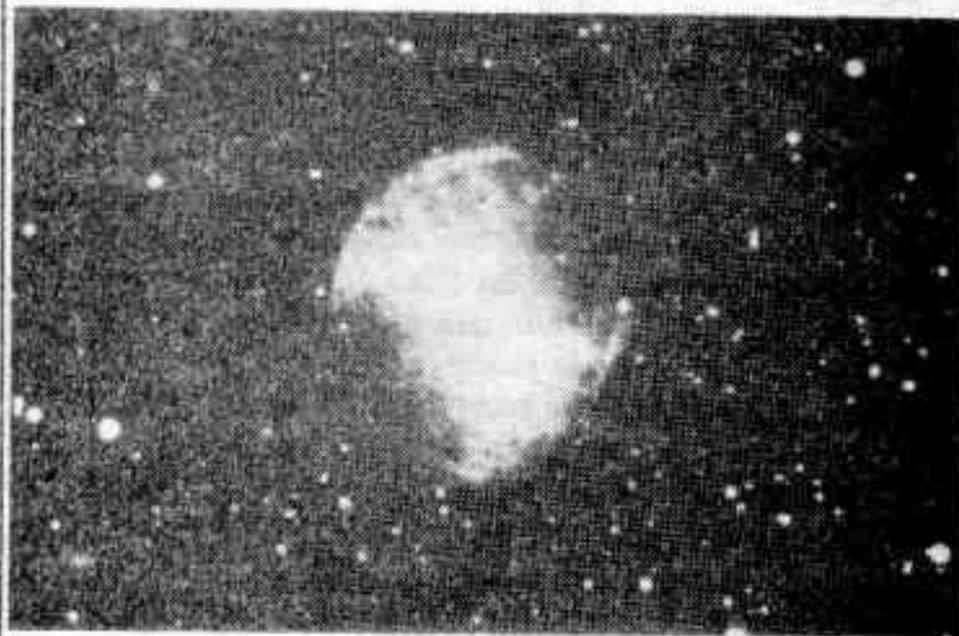
Practique dirigiendo su ojo en una dirección mientras presta atención a algo un poquito desviado hacia un costado, técnica llamada visión desviada. Esto es lo que la observación de las profundidades del cielo impone casi todo el tiempo. Su ojo tiene el máximo de sensibilidad para un objeto débil cuando cae de 8° a 16° del centro de visión en dirección a su nariz. Casi tan buena resulta una posición de 6° a 12° sobre su centro de vista. Evite colocar el objeto a la derecha del centro de su ojo derecho, o a la izquierda de su ojo izquierdo; es fácil que caiga sobre el punto ciego de la retina y se desvanezca completamente.

Tiempo de exposición - Uno de los mitos que persisten acerca de la observación de las profundidades del cielo es que el ojo, a diferencia de la película fotográfica, no puede recolectar luz para construir una imagen con el tiempo. Esto es bastante cierto con iluminación brillante, donde el tiempo de integración del ojo, o "tiempo de exposición", es ciertamente sólo cerca de 0,1 de segundo. Pero en la oscuridad la historia es otra. Una imagen débil se irá formando respecto a la visibilidad por tanto tiempo como seis segundos si usted puede mantenerla en el mismo punto de su retina por todo este tiempo. Hacer esto es bastante contrario al instinto porque en luz brillante, fijar la vista sobre algo tiende a hacerlo menos visible.

El tiempo de exposición de seis segundos del ojo es



La majestuosa galaxia Remolino, en Canis Venatici. Aunque tal vez es la galaxia con estructura espiral más fácil de discernir, requiere sin embargo varios minutos de estudio. Clark efectuó el dibujo del centro en una noche muy oscura, en la que podía apreciar con su telescopio estrellas de mag. 14,3 en el cenit; el de la derecha en cambio lo realizó cuando la mag. límite era de 13,3. Fotografía del observatorio del Harvard College.



La nebulosa Dumbbell, M27, en Vulpecula. Su brillo superficial es relativamente alto, por lo que puede observarse bastante bien aun desde áreas suburbanas. La fotografía es de Martin Germano, con un telescopio de 20 cm. Intente observar las fotografías celestes en casi plena oscuridad para darse una idea aproximada de cómo aparecerían en el telescopio. A bajos niveles de iluminación, los detalles se confunden.

uno de los hechos poco conocidos presentado por el astrónomo de Denver, Roger N. Clark, en su próximo libro, titulado tentativamente *Astronomía visual de galaxias, nebulosas y cúmulos estelares*. Clark, observador de las profundidades del cielo por lo menos por dos décadas, ha profundizado estudios sobre la performance del ojo bajo condiciones relevantes para la astronomía. El largo tiempo de exposición puede ser una razón de porqué un observador experimentado ve objetos de las profundidades del cielo que un principiante saltea; el veterano ha aprendido inconscientemente a mantener el ojo inmóvil. También puede ayudar a explicar porqué la comodidad del cuerpo es tan esencial para ver objetos débiles. La fatiga y la tensión muscular acrecentan el movimiento ocular.

Uso de altas potencias - Otro punto tratado por Clark se refiere al uso de elevados aumentos sobre objetos débiles. Es juicio convencional que el bajo poder funciona mejor para la observación de las profundidades del cielo. Después de todo, un bajo aumento concentra la luz de un objeto extendido y acrecenta su brillo superficial aparente (la iluminación de un área dada de la retina). El tremendo *boom* de los telescopios dobsonianos de baja relación focal ha sido alimentado en parte por la creencia de que un bajo poder muestra mejor las vistas de las profundidades del cielo.

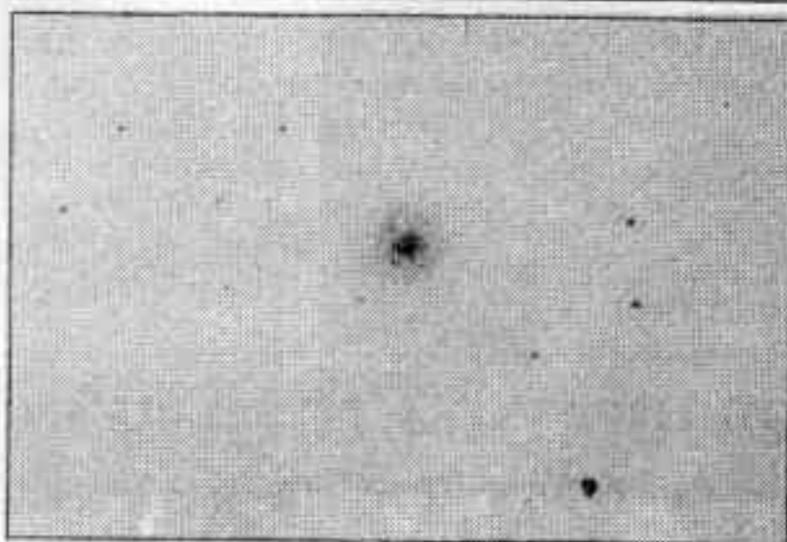
Clark demuestra que esta presunción es usualmente

falsa. Trataremos esto con cierto detalle porque puede revolucionar lo que piensan los observadores de las profundidades del cielo.

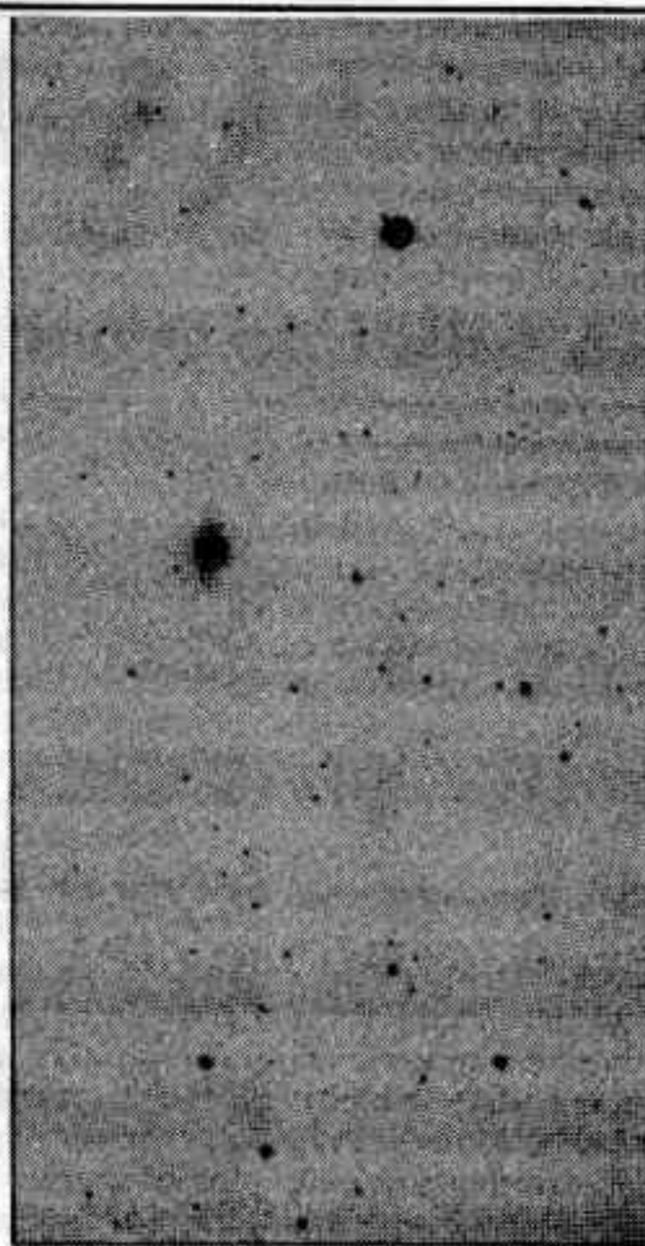
El punto esencial es que la retina, a diferencia de la película fotográfica, tiene una resolución muy pobre con luz débil. Es por esto que usted no puede leer un diario a la noche -aunque puede verlo y la lente de su ojo teóricamente resuelve las letras tan nitidamente como a la luz del día.

Como manifiesta Clark, el ojo puede resolver detalles más finos que 1 minuto de arco en luz brillante, pero no puede percibir detalles menores que unos 20 a 30 minutos de arco al través cuando la iluminación es casi tan débil como el fondo de las profundidades del cielo en un telescopio. Esto es casi el tamaño de la Luna vista a ojo desnudo. Por tanto los detalles en un objeto muy débil pueden ser vistos sólo si son aumentados hasta semejante tamaño aparente -¡lo que puede requerir el uso de una potencia extremadamente elevada!

La explicación finca en cómo la naturaleza ha adaptado el sistema visual para hacer frente a condiciones de baja iluminación. La película fotográfica registra la luz pasivamente, pero el sistema nervioso de la retina contiene bastante poder computador. En luz mortecina, la retina compara señales desde áreas adyacentes. Una débil fuente que cubre sólo una pequeña área -tal como una pequeña galaxia en el ocular- puede ser



Una típica galaxia sin estructura espiral apreciable. M74 en Piscis es a menudo considerada el objeto Messier más difícil de hallar, pues su pequeño núcleo se confunde fácilmente con una estrella débil; la nebulosidad que lo rodea necesita de cuidadosa atención para ser apreciada. Fotografía del observatorio Lick.



La famosa región alrededor de Zeta Orionis, la estrella más al sur del cinturón de Orión. Zeta está arriba a la derecha, la nebulosa a su izquierda es NGC2024; la brillante nebulosa de reflexión rodeando la estrella cerca del centro es NGC2023, mientras que abajo a su derecha está la nebulosa Cabeza de Caballo, un supremo "test" para un observador visual. Fotografía de James E. Gunn con un reflector de 20 cm.

completamente invisible a nivel consciente. Pero está siendo registrada por la retina, como lo evidencia el hecho de que una galaxia más grande, con el mismo brillo superficial, es fácilmente visible. En efecto; cuando los receptores ven una traza dudosa de luz, preguntan a otros receptores si también la están viendo. Si la respuesta es sí, la señal es pasada al nervio óptico; si en cambio es no, la señal es descartada.

Cuando una imagen es ampliada, su brillo superficial en realidad se debilita. Pero el número total de fotones que entran al ojo permanece igual. (La mayoría de la gente puede detectar bajos niveles de fotones tales como 50 a 150 fotones por segundo.) No importa realmente que estos fotones estén dispersos sobre un área más amplia; el sistema de procesamiento de imagen de la retina podrá hacer frente a ellos. Al menos dentro de ciertos límites. Se necesita un acomodo para alcanzar la potencia óptima para percepción de luz débil: suficiente abertura angular pero no una reducción demasiado drástica del brillo superficial. Clark analiza estos problemas y los relacionados con ellos, en profundidad.

¿Qué significa todo esto para los observadores de las profundidades del cielo? Simplemente que es sensato probar una amplia gama de aumentos sobre cada objeto. Usted podrá quedar sorprendido de cuánto más podrá ver con uno que con otro.

Un punto más: hay una creencia popular creciente entre los observadores de que un telescopio de larga distancia focal (f elevado) proporciona una visión más nítida y de mayor contraste de los objetos débiles, que un dobsoniano de corta distancia focal. Clark enfatiza que el asunto no es la razón f . Sencillamente, ¡un telescopio de foco largo es más apropiado para utilizar a elevados aumentos!

REVISTA ASTRONOMICA

Color - Los objetos de las profundidades del cielo a veces desencantan a los principiantes no sólo por su falta de detalles evidentes, sino también por la ausencia de los brillantes colores que se ven en las fotos. Para ver el color, necesitamos ver algo con un brillo superficial suficientemente grande como para estimular las células cónicas de la retina -y la lista de objetos así de brillantes es corta. Llena los requisitos para esto la nebulosa M42 de Orión (ciertas personas pueden ver el rojo pastel en partes de sus regiones más brillantes), y también algunas nebulosas planetarias pequeñas pero de elevado brillo superficial. La capacidad para ver color en objetos débiles varía grandemente de persona a persona, y pueden producirse sorpresas.

La visión no es la manera de buscar ver color. Los conos son más tupidos en la fovea, así que clave la vista directamente sobre su objetivo. En estos casos, el aumento más bajo quizá funcione mejor.

Otros avisos - La visión nocturna es deteriorada por el alcohol, el bajo nivel de oxígeno y bajo tono de azúcar en la sangre. Por ello, no observe mientras beba, fume o ayune. (En este último caso, una barrita de caramelo tonifica rápidamente el azúcar en la sangre.)

La exposición prolongada a la luz solar brillante reduce su capacidad para adaptarse a la oscuridad por un par de días; lleve anteojos oscuros en la playa. A la larga, la luz ultravioleta deteriora tanto la lente del ojo cuanto la retina. Por ello, si usted usa anteojos fuera de su casa, pídale a su oculista lentes para filtrar el ultravioleta.

Más que nada, práctica. No hay otra manera de aprender a observar las profundidades del cielo. Y no se aparte de cualquier objeto, no importa cuán impreciso se le aparezca, hasta que no haya practicado sobre él un buen, largo y completo análisis.

HISTORIA DE LA ASTRONOMIA

Por Miguel Ruffo.

LA ASTRONOMIA GRIEGA II (Fase Helenística)

Las tendencias científicas y filosóficas de la Grecia clásica culminan en Aristóteles. El vasto pensamiento aristotélico comprende las más diversas disciplinas; entre ellas, la astronomía y la matemática.

Aristóteles consideraba que el universo era espacialmente limitado, cerrado, único y carente de semejantes, siendo el cielo y la tierra de formas esféricas porque la esfera era la perfección matemática. Aquí vemos cómo el carácter del objeto es determinado por la especulación filosófica ajustándose la realidad al pensamiento y no éste a la realidad. Sin embargo, las ideas aristotélicas no eran puramente especulativas (recordemos que Aristóteles le criticaba a Platón la determinación de la esencia de las cosas desde las ideas perfectas e inmutables y afirmaba que el mundo real de las cosas visibles es el único mundo existente, residiendo la esencia de las cosas en las cosas mismas), sino que se apoyaban (o procuraban apoyarse) en la observación de los fenómenos. La esfericidad de la Tierra podía ser demostrada por medio de la observación. Así, durante los eclipses de Luna la sombra proyectada por la Tierra sobre la Luna presenta siempre un borde curvo y sólo puede arrojar forma curva la sombra de un cuerpo redondeado. De allí que Aristóteles considerase que la Tierra era un globo o esfera. «Que la Tierra es una esfera -argumentaba Aristóteles- se sigue también de las impresiones sensoriales [...] pues, en el caso de que no fuera así, no veríamos en la Luna durante sus eclipses segmentos circulares tan nitidamente marcados. El límite de la sombra de la Luna toma diferentes formas durante el mes: recta, cóncava y convexa, pero en el eclipse ésta es siempre curva, y en vista de que el eclipse se debe siempre a la sombra arrojada por la Tierra, ésta forzosamente ha de tener forma esférica. Ello se desprende con claridad de los fenómenos que nos ofrecen las estrellas que se hallan en el horizonte y que además prueban que el globo terráqueo no puede ser muy grande. Así, si un hombre va hacia el Norte o el Sur, el círculo del horizonte varía considerablemente y las estrellas visibles en Egipto o Chipre no lo son en países más al norte y, recíprocamente, las estrellas boreales en su recorrido diario permanecen siempre encima de nuestro horizonte de los países septentrionales de la Tierra, mientras que en comarcas más australes las mismas estrellas, al igual que otros astros, salen y se ponen. Por ende, la Tierra no sólo es esférica sino que tampoco es muy grande, puesto que en caso contrario este fenómeno no se notaría».

Asimismo, la forma circular de la línea del horizonte y el hecho de que los barcos al alejarse hacia el horizonte desaparecen en forma progresiva y no abrupta e inmediata eran aducidos por Aristóteles como otras tantas pruebas de la esfericidad de la Tierra. De esta manera, aunque nadie había dado todavía la vuelta alrededor del mundo, hacia el año 400 a.C. los astrónomos coincidían en que nuestro planeta presenta la forma de un globo.

Pero ¿cuál era la relación entre la Tierra y el Sol, entre la Tierra y los demás astros? ¿Cuáles eran las características fundamentales de las relaciones entre la Tierra, morada de los hombres, y las esferas celestes? ¿Las relaciones entre ambos eran puramente formales, geométricas y matemáticas o constituían una realidad física? ¿La Tierra y los demás astros tenían una misma composición o estaban integrados por elementos cualitativamente distintos y opuestos y, por ende, recíprocamente excluyentes?

En el artículo anterior [véase «La astronomía griega», por Miguel Ruffo; REVISTA ASTRONOMICA N° 234] señalábamos que «Eudasio [...] consideraba que cabía explicar el movimiento de los cuerpos celestes por la hipótesis de un sistema de esferas concéntricas». En efecto, Eudasio (408-335 a.C.) explicaba el movimiento de los astros por medio de la hipótesis de las esferas. Para explicar los principales movimientos de los planetas y los aparentes bucles de sus trayectorias [véase la *figura*], Eudasio ya había argumentado que los planetas se movían en pequeños círculos o esferas explicándose el paradójico movimiento de los planetas por el movimiento de las esferas. Los astros estaban fijos en un punto del ecuador de una de las esferas, siendo arrastrados por el movimiento de rotación uniforme de ésta en torno a un eje que pasaba por la Tierra. El eje de esta primera esfera se relacionaba fijándose a una segunda de mayores dimensiones, la cual giraba también pero en torno a un eje distinto. Una tercera esfera, por medio de su movimiento, arrastraba el segundo eje y así sucesivamente.

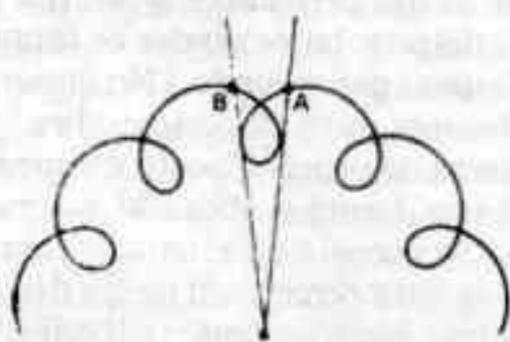


Fig. 1: EXPLICACION DEL MOVIMIENTO RETROGRADO. Debido a que miramos los planetas desde la Tierra, parecen desplazarse según trayectorias onduladas. Primero parecerán moverse hacia A, después hacia B, regresando luego a A, antes de proseguir su rotación en sentido contrario a las agujas del reloj.

Aristóteles, que adoptó la hipótesis de Eudasio con algunas modificaciones para adecuarla a los datos observacionales, sostuvo con firmeza el geocentrismo como relación explicativa del movimiento de los astros. «El Sol y los planetas -decía Aristóteles- giran en torno a la Tierra que se encuentra en el centro del cosmos, completamente inmóvil». ¿Cómo fundamentaba la posición de la Tierra en la condición de centro inmóvil del

REVISTA ASTRONOMICA

Universo? Apelando a las nociones que los griegos se habían formado acerca de la caída de los cuerpos: «Todos los cuerpos tienden hacia el centro de la Tierra, y puesto que todos los cuerpos caen hacia el centro del universo, resulta que la Tierra tiene que ser inmóvil y estar ubicada en ese mismo centro». Es decir, se suponía que las cosas tenían un lugar propio en el universo. El lugar propio de las sustancias pesadas era el centro de la Tierra; éstas caían porque ocupaban el lugar que les correspondía. Las llamas, por el contrario, ascendían porque su lugar propio se encontraba encima del aire. De esto se sigue que el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas permanecen en el espacio porque ése es su lugar propio. Establecida en el centro del universo como esfera inmóvil, en torno a la Tierra giraban el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas siendo circulares sus movimientos. Aristóteles pensaba que «los movimientos de los cuerpos celestes son más regulares, más sencillos y uniformes que los de la superficie terrestre porque son todos perfectos [circulares]» [véase la figura 2].

La ubicación de la Tierra y los demás objetos celestes en el sistema universal está determinada, como indicamos, por el peso de los elementos. La Tierra, el más pesado de todos los elementos, se encuentra en el centro del universo. Los elementos más livianos se hallan distribuidos ordenadamente en capas dispuestas una encima de la otra. De esta forma, el globo terráqueo está sucesivamente rodeado de agua, aire y fuego. Este último es el más liviano de todos los elementos y se encuentra ocupando todo el espacio comprendido entre la Tierra y la Luna. Por el contrario, el Sol, la Luna y los planetas están compuestos de éter (la quintaesencia o elemento); pero cuanto más cerca están de la Tierra menos puros y perfectos son. Por ser menos puros, sus movimientos a lo largo de las circunferencias no son uniformes ni siempre se desarrollan en la misma dirección. Las estrellas, en cambio, por ser los objetos más aleja-

dos de la Tierra son las más puras y perfectas; el éter que las compone no está sujeto a ninguna influencia de los elementos terrestres y sus movimientos son los más perfectos e incorruptibles.

La física aristotélica divide el mundo en dos partes cualitativamente distintas y opuestas. La parte elemental, formada por la Tierra, tiene como componentes los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) y está sujeta a la mutabilidad, al cambio, al nacimiento y la muerte, al génesis y la caducidad. En oposición, la parte etérea, formada por las esferas celestes, cuyo componente es el quinto elemento -el éter- y cuya esencia es la perennidad y la perfección. Si bien el rasgo distintivo de las esferas celestes es la perfección, la regularidad y la uniformidad -la armonía más plena y pura-, la armonía es más perfecta, regular y uniforme en la circunferencia de las estrellas fijas que en la de los planetas, el Sol o la Luna porque la perfección es mayor cuanto más alejados estén los objetos de la Tierra. La naturaleza del objeto explica la perfección de sus movimientos: siendo el éter de las estrellas más puro que el éter del Sol, la Luna o los planetas, el movimiento de aquéllas es más regular y uniforme que el movimiento de éstos.

Aristóteles explicó no sólo *como* se mueven los astros. También procuró explicar la naturaleza física de las esferas y la causa del movimiento; es decir, *porqué* se mueven los astros. En efecto, hasta ahora hemos visto cómo se mueven los astros, pero no porqué se mueven. ¿Qué impulsa a los objetos celestes al movimiento? El movimiento, para Aristóteles, es la forma de existencia de los objetos. Sin embargo, no fue plenamente consecuente con esta concepción materialista y explicó el movimiento, en última instancia, desde fuera de los objetos. Estos están dotados de movimiento porque son movidos, no unos por otros en una serie casual infinita, sino por un primer motor inmóvil. Aristóteles considera-

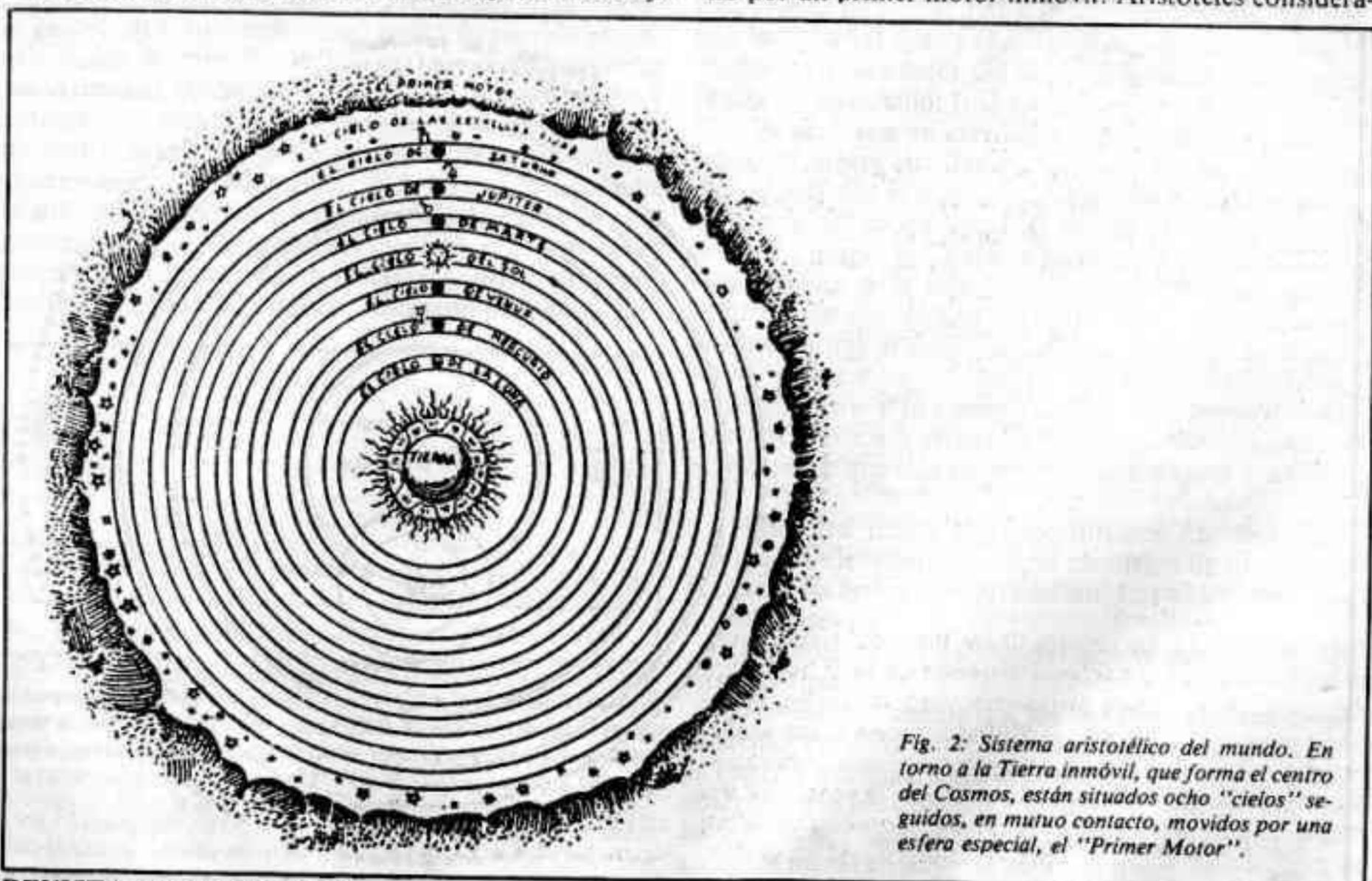


Fig. 2: Sistema aristotélico del mundo. En torno a la Tierra inmóvil, que forma el centro del Cosmos, están situados ocho "cielos" seguidos, en mutuo contacto, movidos por una esfera especial, el "Primer Motor".

ba que más allá de la esfera de las estrellas fijas debía haber otra esfera. A ésta le dio el nombre de primer móvil. Este suministraba el movimiento necesario para la rotación de la esfera de las estrellas, éstas movían a su vez la de Saturno, la esfera de Saturno movía la de Júpiter y así sucesivamente. Pero ¿cómo suministraba movimiento el primer motor inmóvil? ¿Cómo movía los objetos? El primer motor inmóvil es la causa del movimiento y mueve sin ser él mismo movido. El *primum mobile* movía los objetos celestes de la misma forma que el objeto del deseo o del amor mueve a quien desea o ama. El Universo en su totalidad tiende hacia el primer motor inmóvil, «pues de este fundamento está suspendido el cielo y la naturaleza». Este motor inmóvil es inmaterial, inmutable y autosuficiente; es pensamiento puro.

«Está claro -dice Aristóteles- que piensa lo más divino y lo más digno, y no cambia [de objeto], pues el cambio sería algo peor (pues mejor que él no hay nada) y como tal ya sería un movimiento (y él es inmóvil) (...) por lo tanto se piensa a sí mismo, puesto que es lo mejor, y su pensamiento es pensamiento del pensamiento». Este pensamiento del pensamiento que explica y fundamenta el movimiento universal es dios, pero este dios es impersonal, no creador, e indiferente respecto del curso del mundo. Independientemente de esto, la materialidad queda explicada desde la idealidad, si bien el pensamiento (objetivo) no crea el mundo (universo), la forma de existencia de éste es determinada desde fuera del Universo por un pensamiento objetivo (dios).

La concepción de la naturaleza de Aristóteles donde el movimiento de los objetos se explica desde fuera de los objetos llevaba a considerar el reposo como el estado natural de los objetos y el movimiento como un estado producido por un impulso exterior. Esta concepción recogida por la escolástica medieval se convirtió en dogma [verdad absoluta y consagrada] y trabó la comprensión

científica de los procesos naturales. Sin embargo, no debemos culpar a Aristóteles por la utilización que los escolásticos hicieron de sus concepciones; por el contrario, debemos buscar las raíces sociales de la dogmatización y osificación del pensamiento en las formas feudales de producción que habrían de convertirse en dominantes en el denominado "medievo". Ahora bien, regresando a Aristóteles, señalemos que, como el primer motor inmóvil no es creador del Universo sino fundamento del movimiento como forma de existencia de éste, «el cielo no fue creado ni puede ser destruido como creen algunos filósofos. El cielo [universo] es eterno, sin principio ni fin...». Sin embargo, Aristóteles confundió la eternidad como atributo de la materia universal con la eternidad de los objetos celestes que son formas finitas y limitadas que fijan una fase o etapa en el desarrollo dialéctico de la naturaleza. El Sol, los planetas y la Luna, habían sido observados desde los tiempos más remotos, sus trayectorias eran siempre las mismas, la inmutabilidad parecía gobernarlos. De allí que los cuerpos celestes fuesen considerados eternos. Un solo objeto se les presentaba como transitorio: los cometas, y su génesis Aristóteles la explicó en los siguientes términos: «Los cometas son cuerpos transitorios, de corta duración, que nacen y mueren en la atmósfera. [Estos son producidos] por el calor [derivado] de la acción del éter durante la revolución del Sol alrededor de la Tierra».

A partir de mediados del siglo IV a.C. el desarrollo de los conocimientos astronómicos se concentró en la escuela de Alejandría. Heráclides del Ponto (385-315 a.C.) sostenía que la Tierra gira alrededor de su eje de Occidente a Oriente, produciendo con ello el movimiento aparente del cielo de Oriente a Occidente y la sucesión del día y la noche. Si el movimiento de las esferas celestes es aparente y el movimiento de la Tierra es el real y la causa de la forma aparente del movimiento es la forma real de éste, resulta que el comportamiento de los obje-

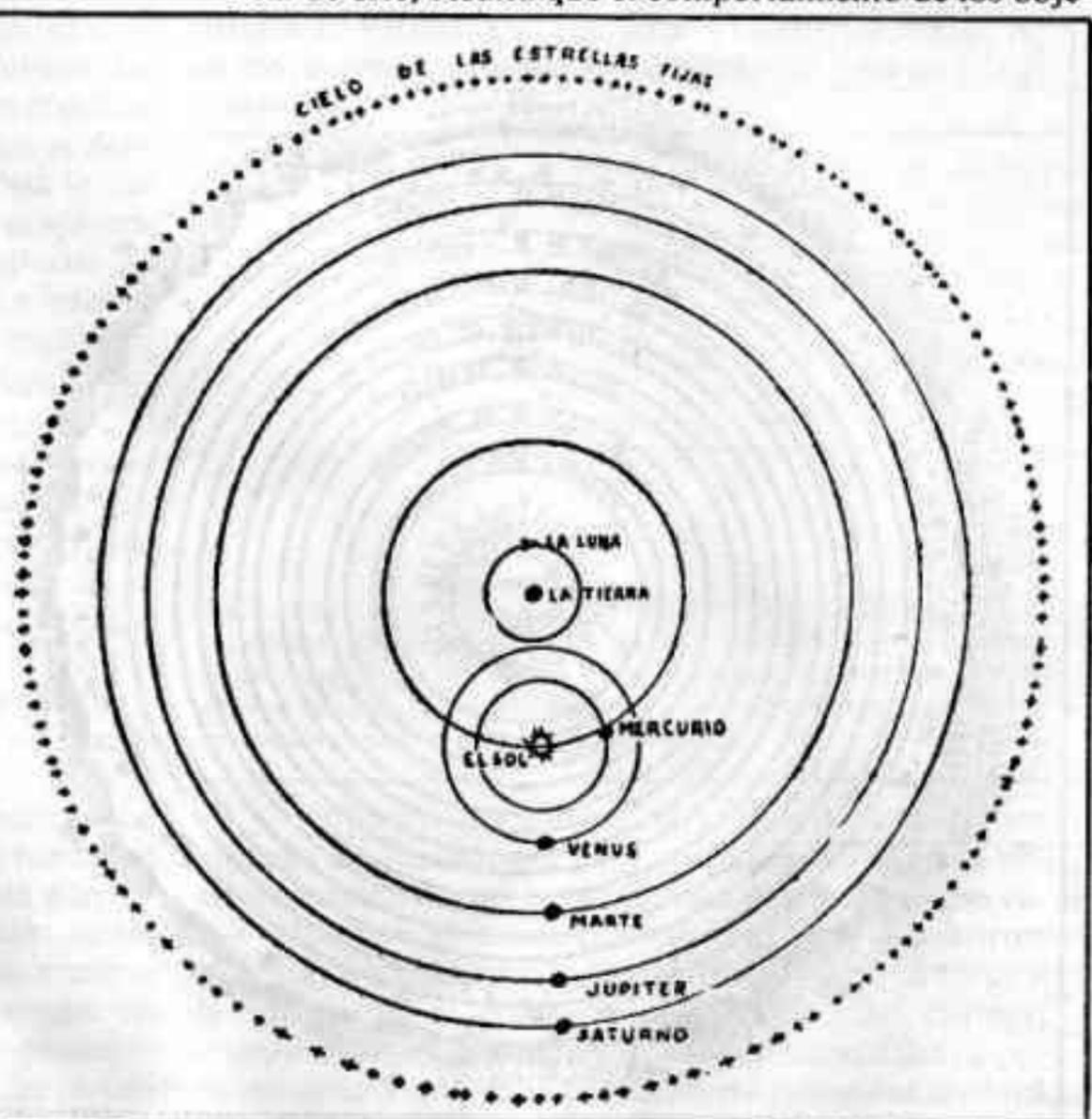


Fig. 3: El sistema cosmogónico de Heráclides.

tos no se presenta directa e inmediatamente a la conciencia del hombre sino que debe ser develado (descubierto) ordenando teóricamente el material empírico en hipótesis explicativas (hipótesis que den cuenta del comportamiento de los objetos a partir de las relaciones objetivas que entre ellos se establecen y que regulan su desenvolvimiento) que al ser contrastadas con la realidad son empíricamente verificadas o descartadas por su adecuación o no al objeto. En Heráclides está presente el principio científico de la adecuación del pensamiento al objeto. Las observaciones del movimiento planetario introducían la duda en la hipótesis geocéntrica. Los movimientos de Mercurio y Venus siempre siguiendo al Sol en el Levante y Poniente parecían contradecir su desplazamiento alrededor de la Tierra e invalidar, siquiera parcialmente, el geocentrismo. ¿Cómo solucionar la contradicción entre el ordenamiento teórico del material empírico y la observación?: modificando la hipótesis explicativa. Para Heráclides, si bien la Luna, el Sol y los planetas superiores (Marte, Júpiter y Saturno) giran en torno a la Tierra, Mercurio y Venus lo hacen alrededor del Sol y por su condición de satélites del Sol giran alrededor de la Tierra. Por este motivo, Mercurio y Venus, continuaba razonando, no pueden ser observados en oposición con respecto al Sol; entonces estos planetas jamás son visibles en la parte de la bóveda opuesta a aquella en que se encuentra el Sol. El sistema de Heráclides [véase la figura 3] es una variante del geocentrismo. En este sistema se intenta salvar la contradicción entre la formulación geocéntrica y los movimientos de los planetas interiores afirmando el geocentrismo como principio general y modificando el comportamiento objetivo de Mercurio y Venus respecto de la Tierra y el Sol. Simultáneamente, el movimiento de las estrellas es considerado como movimiento aparente producido por la rotación terrestre.

Las dudas introducidas por Heráclides en la hipótesis geocéntrica, tomando como punto de partida las observaciones de Mercurio y Venus, fueron desarrolladas por Aristarco de Samos (310-250 a.C.), astrónomo y matemático, que formuló una hipótesis heliocéntrica que podemos calificar de anticipatoria de la "revolución copernicana". El heliocentrismo de Aristarco se basaba no sólo en las dudas introducidas por Heráclides, sino también en sus propias observaciones y en sus reflexiones sobre el tamaño y las distancias entre los cuerpos celestes. El heliocentrismo aristarquiano postulaba que:

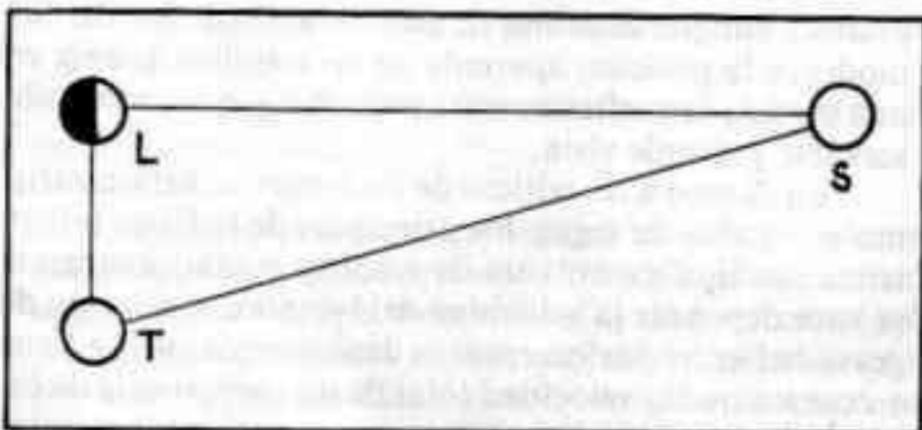


Fig. 4: Triángulo de Aristarco que ilustra el método comparativo de las distancias del Sol y de la Luna a la Tierra. S, T y L son respectivamente el Sol, la Tierra y la Luna. Cuando mirada desde la Tierra aquella parece un semicírculo, el punto T forma con los L y S un triángulo rectángulo, en el que la distancia a la Luna es el cateto LE, y la distancia del Sol a la Tierra la hipotenusa TS; midiendo LTS conocemos los tres ángulos del triángulo, puesto que TLS es recto. De ahí es fácil calcular la relación entre los lados: el cateto LT y la hipotenusa TS, esto es, la relación de las distancias del Sol y de la Luna.

1) El Sol es más grande que la Tierra y la Luna; para Aristarco, el Sol era unas 300 veces más grande que la Tierra (en realidad, 1.300.000 veces).

2) El Sol dista 19 veces más de la Tierra que la Luna (en realidad, 400 veces más) [véase la figura 4].

3) Es inverosímil sostener que un cuerpo tan gigantesco como el Sol gire en torno a la Tierra.

4) El Sol, por ser más grande que la Tierra y los planetas, es el centro del universo. La Tierra gira alrededor de éste en un año según el círculo oblicuo del Zodíaco. Las órbitas de la Tierra y los demás planetas alrededor del Sol son de forma circular.

5) Las estrellas permanecen fijas.

6) La Luna gira alrededor de la Tierra.

7) La Tierra gira sobre su eje.

8) Las estrellas fijas no cambian de posición aparente porque (a) la distancia que separa las estrellas de la Tierra es infinitamente más grande que la distancia que separa al Sol de nuestro planeta, y (b) al ser inmensa la distancia que separa las estrellas de la Tierra el movimiento de nuestro planeta alrededor del Sol no cambia la posición aparente de las estrellas porque este movimiento (que es una circunferencia) representa un punto en relación al sistema de estrellas fijas. Consecuentemente, por grande que fuera la órbita terrestre, su relación con el sistema de estrellas fijas sería la misma que la del centro del círculo con su circunferencia.

Arquímedes expuso y criticó el heliocentrismo de Aristarco en los siguientes términos: «Como sabéis, la mayoría de los astrónomos dan el nombre de Universo a la esfera cuyo centro está en la Tierra y cuyo radio es igual a la distancia entre los centros de la Tierra y el Sol; esto lo habéis visto en los tratados escritos por los astrónomos. Pero Aristarco de Samos publicó un libro de tipo especulativo, en el cual las suposiciones iniciales conducen a la conclusión de que todo el universo es mucho más grande de lo que ahora se llama el cosmos. Supone que las estrellas fijas y el Sol son estacionarios y que la Tierra viaja alrededor del Sol a lo largo de la circunferencia de un círculo; [...] y que la esfera de las estrellas fijas es tan vasta en extensión que, en comparación, la supuesta órbita circular de la Tierra no es, en efecto, más grande que el punto central de una esfera comparada con su circunferencia. [...] Así, la circunferencia por la que se mueve la Tierra se halla en la misma relación con respecto a la esfera de las estrellas fijas, que el centro de un círculo a su circunferencia. Pero ello es imposible porque el centro de un círculo carece de dimensiones y por consiguiente no existe ninguna relación entre el centro y la circunferencia» (*El Arenario*). Arquímedes critica a Aristarco porque matemáticamente es imposible que una circunferencia sea igual a un punto.

Por otra parte, el heliocentrismo fue rechazado porque los elementos de juicio científico de que se disponían en la época lo contradecían. Las objeciones eran de dos clases:

a) Objeciones relacionadas con la posición de las estrellas fijas:

Teniendo en cuenta que los tamaños relativos de las diferentes estrellas son los mismos desde todas partes de la Tierra y cualquiera sea la época del año en que se las observe y que sus distancias angulares como así también las figuras que forman en las constelaciones nunca se alteran de manera visible se concluía que:

1) Las estrellas están todas a la misma distancia de

la Tierra.

2) La distancia de las estrellas no varía; por ende, la Tierra está en reposo con relación a las estrellas fijas.

3) La distancia de las estrellas a la Tierra es enormemente mayor que el tamaño de la Tierra.

Ahora bien, si la distancia entre las estrellas y la Tierra fuese variable, entonces las figuras de las constelaciones estarían sujetas a modificaciones. La doctrina de Aristarco exigía que el universo fuera inmensamente grande, pues para explicar las figuras inmutables de las estrellas era necesario argumentar que el diámetro de la órbita anual de la Tierra era un punto comparada con la distancia a las estrellas. Pero para los astrónomos griegos esto era inconcebible, no porque no podía aceptárselo como especulación, sino porque era empíricamente imposible, con los medios y conocimientos de la época, someter la hipótesis a verificación.

b) Objeciones relacionadas con el movimiento de la Tierra:

Aristarco consideraba que la Tierra estaba dotada de un doble movimiento: el de traslación alrededor del Sol y el de rotación alrededor de su eje. Estos postulados no fueron compartidos por el conjunto de la escuela alejandrina porque la aceptación del movimiento de la Tierra contradecía los "principios y conceptos" de la física aristotélica que aparentemente daba cuenta del comportamiento de la realidad natural. Ptolomeo, al criticar el heliocentrismo, hizo suyos estos principios y conceptos argumentando que «se supone normalmente que todo el cuerpo de la Tierra, por ser mucho más grande que las cosas que transporta y que caen sobre ella, puede absorber el choque de su caída sin adquirir ella misma movimiento alguno. Pero si la Tierra compartiera un movimiento común junto con todos los otros cuerpos macizos, pronto los dejaría atrás *al desplazarse más rápidamente debido a su mayor tamaño*, de modo que los animales y otros cuerpos pesados quedarían sin más medio visible de apoyo que la atmósfera; pronto la Tierra desaparecería de la vista. Estas consecuencias son demasiado absurdas para que podamos imaginarlas como reales». (La bastardilla es nuestra)

En lo que respecta a la rotación, ¿cómo podría un cuerpo desplazarse en la misma dirección que la Tierra cuando ésta se mueve a mayor velocidad que aquéllos? «En tal caso, los cuerpos que no sean transportados directamente por ella parecerán tener un movimiento contrario a la Tierra. Las nubes, proyectiles, animales en vuelo nunca parecerían moverse hacia el Este puesto que la Tierra siempre viajaría en esa misma dirección más rápidamente que ellos y los dejaría atrás en su propio movimiento hacia el Este. El resultado de ello sería que todos los cuerpos parecerían retroceder hacia el Oeste».

La "refutación" de Ptolomeo seguía el siguiente razonamiento: Si la Tierra se moviese, por ser de mayores dimensiones que la de los cuerpos que contiene, su velocidad de movimiento sería mayor que la de aquéllos. Así, una nube se movería más lentamente que la Tierra, la velocidad de los pájaros en su vuelo sería menor que la velocidad de desplazamiento de la Tierra. Por consiguiente, si la Tierra se trasladara alrededor del Sol (movimiento de traslación) por ser su velocidad mayor que la de las nubes, pájaros y otros objetos, éstos serían abandonados por la Tierra y se perderían en el es-

pacio; es decir, los diversos cuerpos no podrían seguir a la Tierra en su "viaje" alrededor del Sol y entonces, «de moverse la Tierra, los objetos se separarían de ella...». Pero ¿qué nos dice la observación de los fenómenos? Que las nubes, los pájaros, los animales y otros objetos pueden moverse tranquilamente sin que por ello la Tierra los abandone, y como la velocidad del movimiento depende del tamaño, siendo el tamaño de las nubes, pájaros, animales y objetos de menores dimensiones que el tamaño de la Tierra, aquéllos pueden moverse a condición de que ésta sea inmóvil. En otros términos, los principios de la física de la época acerca del movimiento de los cuerpos eran aducidos para hacer de la Tierra un centro inmóvil. La inmovilidad de la Tierra es condición necesaria para el movimiento de los cuerpos en la Tierra. Los mismos principios eran utilizados para "refutar" la rotación de la Tierra. Si la Tierra girase alrededor de su eje, entonces su velocidad de rotación sería mayor que la velocidad de cualquiera de los cuerpos que contiene. Como la rotación es de oeste a este, el movimiento de la Tierra hacia el este haría que todos los objetos que se moviesen hacia el este, por ser su velocidad inferior a la del movimiento de rotación de la Tierra, retrocedieran hacia el oeste. «Pero esos hombres -dice Ptolomeo refiriéndose a los sostenedores del movimiento terrestre- no llegan a darse cuenta hasta qué punto resulta ridícula esta opinión si se fija la atención en todo lo que acontece a nuestro alrededor y en el aire [...]. Los cuerpos que no sostuviera la Tierra parecerían siempre como animados de un movimiento opuesto al de ella y ninguna nube, ningún cuerpo que volara o fuera arrojado [hacia el este] parecería jamás dirigirse hacia oriente, ya que la Tierra se adelantaría a cualquier movimiento en esa dirección».

De todas las críticas formuladas al heliocentrismo la única válida era la de Arquímedes, pero válida en el sentido de que matemáticamente ninguna circunferencia puede ser un punto. Por lo tanto, el movimiento circular de la Tierra debía incidir en la modificación de la posición aparente de las estrellas. Sin embargo, la conclusión que Arquímedes sacaba de la imposibilidad matemática de que una circunferencia fuese un punto era que, como la posición aparente de las estrellas es la misma en toda época y en todo lugar, la Tierra debía ser un cuerpo inmóvil, con lo cual Aristarco no estaba en lo cierto al sostener el movimiento de la Tierra. Sin embargo, esta crítica no tenía en cuenta que, como la distancia que separa las estrellas de la Tierra es inmensamente grande, aunque la órbita de la Tierra alrededor del Sol modifica la posición aparente de las estrellas lo hace en una medida tan infinitamente pequeña que no puede observarse a simple vista.

En cuanto a las críticas de Ptolomeo al heliocentrismo en su afán de seguir los principios de la física aristotélica son una mezcla de errores: equivocadamente se hace depender la velocidad del tamaño, la relación de gravedad entre los cuerpos es desconocida, no se tiene en cuenta que la velocidad total de un cuerpo es la de éste más la velocidad de la Tierra porque por estar gravitatoriamente unido a la Tierra ya se desplaza a la velocidad de ésta. Sin embargo, no debemos criticar la crítica antigua al heliocentrismo desde nuestros conceptos físicos sino advertir que la aceptación del heliocentrismo contradecía los principios físicos de la época y que sólo una revolución en la física hubiese ayudado a aceptar la hipótesis heliocéntrica. Pero esta revolución no podía

producirse en la formación social esclavista de la época porque sus demandas sociales no la reclamaban y porque el material empírico acumulado no era lo suficientemente importante como para derribar las hipótesis explicativas dominantes. Es necesario tener en cuenta que una ciencia no es un conocimiento dado, inmediato y definitivo, sino un conocimiento que se hace, que se construye, que se desarrolla.

Hay un progreso científico y este progreso está jalonado de errores y equivocaciones, de "verdades" que se convirtieron en falsedades, de avances y retrocesos. Un proceso en el que la aprehensión del objeto por el sujeto es progresiva y no definitiva, donde las hipótesis explicativas deben ser empíricamente verificadas, donde la contrastación entre las hipótesis explicativas y la realidad permite modificar progresivamente las primeras siempre que el ordenamiento teórico por éstas postulado no corresponda al comportamiento del objeto, donde la *praxis* es el criterio que verifica las verdades científicas, donde la verdad absoluta no es el producto de un acto cognoscitivo genial sino el proceso progresivo del conocimiento integrado por la suma de millares de verdades relativas. Por eso «lo importante no es -dicen Toulmin y Goodfield- saber a cuántas conclusiones de las que nosotros aceptamos habían llegado, sino en qué medida las conclusiones se hallaban fundamentadas por los elementos de juicio disponibles por entonces». En este sentido, la refutación antigua del heliocentrismo era válida porque correspondía a sus conceptos y categorías. Para Kirk «pronto se abandonó esta acertada concepción del universo [se refiere al heliocentrismo], y ello por dos razones: primero, porque chocaba con la teoría geocéntrica del universo descrita con tanta fuerza por Aristóteles; y segundo, porque no todos los fenómenos observados podían explicarse con la teoría de que el Sol está en el centro y los planetas giran a su alrededor. *Salvar los fenómenos* -explicar los hechos observados- fue ideal helénico declarado, y muy científico sin duda de haberse aplicado rigurosamente, pero la verdad es que los pensadores griegos, con su tendencia a la generalización y su falta de sistema para los detalles y para las inferencias inmediatas que de éstos resultan, convirtieron dicho ideal en el de salvar la mayoría de los fenómenos o salvar los más visibles [y que el diablo se llevara los demás]».

Sintetizando, el heliocentrismo fue rechazado porque:

- 1) El geocentrismo permitía explicar el conjunto de los fenómenos observados.
- 2) El heliocentrismo contradecía las nociones físicas dominantes.
- 3) El heliocentrismo chocaba con el geocentrismo aristotélico dominante.

Podemos preguntarnos «¿Qué significaba chocar con la hipótesis geocéntrica dominante? ¿Es que acaso, aparte de las "pruebas empíricas" y de los "conceptos científicos" aducidos, el heliocentrismo fue rechazado por causas político-ideológicas?» Autores antiguos comentan en sus obras que Aristarco fue perseguido y su obra condenada, calificándose de atea y contraria a la divinidad su representación del universo. ¿Ocurrió tal vez que el rechazo del heliocentrismo estuvo vinculado a luchas político-ideológicas en la escuela alejandrina y se lo condenó porque introducía "grietas" en el pensamiento filosófico-ideológico dominante? ¿Amenazaba de alguna manera el heliocentrismo las formas ideológi-

cas dominantes de la sociedad esclavista y por eso fue rechazado? Por el momento, formulamos estos interrogantes. Luego, cuando veamos la relación ciencia-astronomía-sociedad tendremos oportunidad de volver sobre este problema.

Hiparco (180 a.C.), el más grande entre los astrónomos de la antigüedad, contribuyó enormemente al desarrollo de la ciencia astronómica. Su vastísima obra, lamentablemente perdida, incluía los siguientes trabajos: *Descripción del cielo estrellado*, *Tamaño y distancias del Sol y la Luna*, *Del mes lunar*, *De la duración del año*, *Tratado sobre la salida y puesta de las estrellas*. Los trabajos y concepciones de Hiparco los conocemos a través de Ptolomeo, que vivió tres siglos después.

Hiparco hizo de la observación metódica y minuciosa una componente fundamental del trabajo astronómico, hipotetizando sobre un amplio material empírico. Realizó numerosísimas observaciones y, estudiando comparativamente las observaciones anteriores con las suyas propias, investigó las pequeñas variaciones que sólo pueden manifestarse en largos periodos de tiempo. Hiparco elaboró la teoría de las excéntricas y los epiciclos para representar los movimientos del Sol y de la Luna. Después de determinar la duración de las estaciones y los intervalos en que el año está dividido por los solsticios y los equinoccios dedujo la "ecuación del centro", es decir, el excedente en longitud entre el movimiento del Sol verdadero y del Sol ficticio de movimiento uniforme. A partir de esto, elaboró una tabla con la posición del Sol para cada día del año.

El movimiento lunar también fue objeto de atentas observaciones que le permitieron determinar el período en que la Luna regresa a la misma posición respecto del Sol (mes sinódico), respecto de las estrellas (mes sideral), respecto de los nodos (mes draconítico) y respecto del perigeo (mes anomalístico). Los movimientos de la Luna fueron representados por medio de una excéntrica cuyo centro describía un círculo alrededor de la Tierra en nueve años.

El movimiento de los planetas fue explicado por medio de los epiciclos. Valiéndose de las observaciones determinó con mayor exactitud la duración de las revoluciones planetarias.

En relación con las estrellas, elaboró un catálogo formado por más de mil con indicación de las coordenadas de cada una. Dividió las estrellas en seis magnitudes visibles a simple vista. Asimismo, según algunos autores, Hiparco observó una supernova.

La idea de Hiparco de crear un sistema astronómico que explicara los movimientos de todos los cuerpos celestes y los recursos utilizados para explicar los movimientos del Sol, la Luna y los planetas encontraron en Ptolomeo un gran adherente y continuador. Su obra, el *Almagesto* (versión en árabe) está dividida en trece libros y un prefacio. De ellos nos detendremos solamente en el prefacio y los libros relativos al sistema astronómico general señalando solamente los temas tratados en los otros libros.

En el prefacio, Ptolomeo explica la importancia y significado de la astronomía, su valor abstracto y sus diversas aplicaciones en la vida humana. Allí leemos: «Supongamos entonces que un hombre conozca exactamente los movimientos de todas las estrellas, del Sol, de la Luna y sepa el lugar y el momento de cada una de sus conjunciones. [...] y que de estos datos pueda inferir por cálculo y por conjeturas felices los efectos característi-

cos que resultan de la acción combinada de todos esos factores. [...] examinando la naturaleza de las circunstancias astronómicas en el momento de su nacimiento, ¿por qué no podría saber el carácter general que presentará el temperamento de cualquier individuo, por ejemplo saber si tendrá tales o cuales características corporales y morales? [...] Si el conocimiento de los cielos permite conocer la época de la siembra, la ocasión más favorable para la navegación, la orientación geográfica, el tiempo de obtener la mejor leña para el fuego, etc. -razonaba Ptolomeo-, entonces ¿por qué no permitiría conocer las cualidades de un gobernante, los avatares políticos de un estado, los infortunios y la fortuna?».

Consecuentemente pensaba que «los eclipses tienen significación política» y que «los planetas tienen poderes astrológicos». La astronomía es un conocimiento utilitario porque se relaciona con la *praxis* productiva (agricultura, tala de árboles, navegación, etc.) como la *praxis* política (sucesión de los reinados). (Aquí no interesa tanto si las relaciones establecidas eran verdaderas o falsas sino advertir el significado real, concreto, inmediato que una sociedad le adjudicaba al conocimiento del sistema estelar.) Pero el conocimiento astronómico trascendía el pragmatismo inmediato y se relacionaba con la comprensión de las relaciones matemáticas a través de las relaciones entre los cuerpos celestes. «El verdadero conocimiento -pensaba Ptolomeo- sólo puede provenir de la visión intelectual del orden matemático de la naturaleza». Como creía ver en los movimientos celestes y en la matemática las mismas armonías, la necesidad intelectual lo impulsaba a profundizar más en esas armonías «porque después de reflexionar en el orden matemático del sistema planetario el hombre puede anhelar instaurar una armonía similar en su propia alma». De esta forma el estudio astronómico adquiría una dimensión social porque ayudaba a delinear reglas de conducta social o formas de comportamiento; de allí a asimilar el orden cósmico al orden social hay un solo paso, y a identificar el orden social con una forma social determinada un paso aún más pequeño. Por eso, «más que cualquier otro tema de estudio, nos ayuda a mejorarnos, al obligar a concentrar nuestra atención en la belleza y el valor de la conducta moral. Pues la correspondencia que se encuentra entre el orden de las cosas celestes divinas y el orden de nuestras proposiciones matemáticas despierta en los estudios de la astronomía matemática el amor por esa divina belleza y, de esa manera, nos acostumbramos a utilizarlos como modelos de nuestra propia conducta, asimilando a ella los poderes del alma, por decirlo así»; con lo cual, la relación armonía cósmica-armonía social es en realidad armonía divina-armonía social. Así el orden social que se ajusta a la armonía social es sacralizado y divinizado y el poder político que la representa es expresión de esa sacralización y divinización; consecuentemente, el poder político es poder de origen divino y los gobernantes gobiernan por elección divina.

La astronomía es «la unión mística con lo divino». La relación con la divinidad es el conocimiento de la armonía social, de la justificación y sacralización de un orden social. Los conocimientos astronómicos se convierten en un instrumento de la dominación política e ideológica que una clase social ejerce en un sistema de relaciones sociales determinado.

En los libros II y III se desarrollan definiciones y teoremas elementales. En ellos se trata de la esfericidad de

la Tierra, de la gravedad dirigida hacia su centro, de la posición de la eclíptica, de los lugares habitados de la Tierra, de las irregularidades del movimiento solar en base a las observaciones de Hiparco explicándolas por medio de la teoría de las excéntricas.

En el libro IV teoriza sobre el movimiento lunar y trata la «evección lunar» como una irregularidad de su movimiento.

El libro V describe el astrolabio, el método utilizado para determinar la paralaje de nuestro satélite y las distancias del Sol y de la Luna respecto de la Tierra.

El libro VI trata de la observación y predicción de eclipses.

Los libros VII y VIII contienen un catálogo de 1028 estrellas y una descripción de la Vía Láctea.

Los libros IX a XIII, que son los más importantes, desarrollan la teoría de los movimientos planetarios y presentan el sistema que debido a su autor se denominó ptolemeico. En ellos demuestra que los planetas están más cerca de la Tierra que las estrellas fijas, pero más lejos que la Luna y explica los movimientos planetarios con mayor precisión que Eudoxo y Aristóteles, siguiendo las teorías de Hiparco.

La base del sistema de Ptolomeo es la física aristotélica. La Tierra es el centro inmóvil del universo, de un universo espacialmente limitado, cerrado por la esfera celeste que con las estrellas fijas hace una rotación diaria, de movimientos perfectos y de composición cualitativamente diferente de la terrestre. Se trata de aprehender la perfección y armonía de las esferas celestes, de representar sus movimientos, de «salvar los fenómenos» sin alterar las representaciones hegemónicas.

Para aprehender y explicar el «movimiento retrógrado» de los planetas, Ptolomeo, siguiendo a Hiparco, supuso que aquellos movimientos se basaban en la composición de dos o más movimientos circulares. Ptolomeo pensaba que los planetas giraban alrededor de la Tierra según órbitas circulares, moviéndose además en pequeños círculos. El círculo más grande se denominaba *deferente* y el más pequeño se denominaba *epiciclo*. El planeta tiene un movimiento uniforme a lo largo de una circunferencia que es el epiciclo, y el centro de éste se desliza simultáneamente, también con velocidad constante, a lo largo de otra circunferencia mucho mayor que es el deferente, por medio de la que se traslada alrededor de la Tierra. Pero como los epiciclos y deferentes no eran suficientes para explicar los «retrocesos

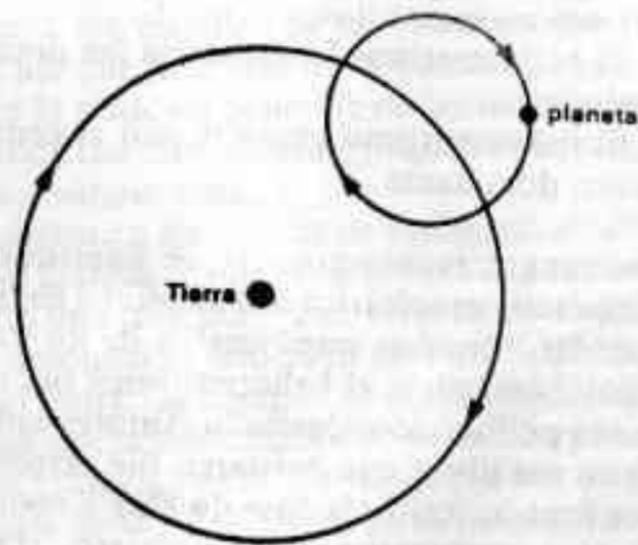


Fig. 5: Ptolomeo (hacia el año 150 a. ne.) suponía que la Tierra permanecía en reposo mientras que el Sol giraba a su alrededor. Cada planeta se trasladaba alrededor de la Tierra según un gran círculo al mismo tiempo que giraba sobre uno más pequeño.

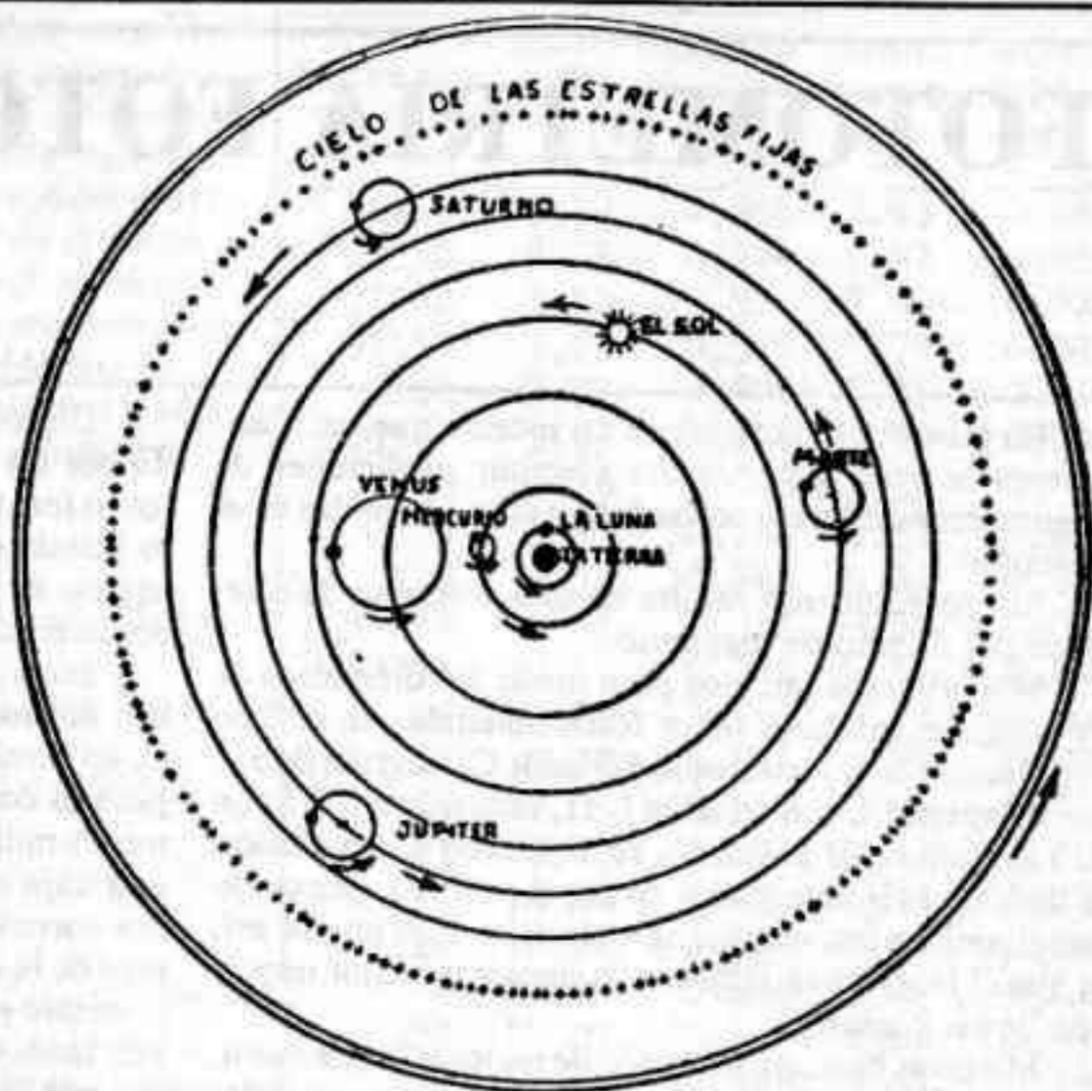


Fig. 6: Sistema ptolemaico del mundo con los epiciclos principales a lo largo de los cuales se mueven los planetas.

planetarios", la velocidad aparentemente no uniforme de los planetas, supuso que las revoluciones planetarias eran uniformes, no medidas desde la Tierra, sino desde un punto del espacio llamado *ecuante* [véanse las figuras 5 y 6].

La explicación ptolemeica tenía en cuenta los principales movimientos de los planetas y los aparentes bucles de sus trayectorias hasta tal punto que sus interpretaciones permanecieron vigentes hasta el siglo XVI.

Hasta aquí expusimos las principales representaciones del universo desarrolladas por los filósofos y astrónomos griegos. Pero una historia de la astronomía no puede limitarse a una exposición de las representaciones sino que debe mostrar su relación con la realidad económico-social, la eficacia social de las representaciones, su relación con la cohesión ideológica de determinadas clases y el afianzamiento de ciertas formas de poder estatal. De estas cuestiones que arrojarán una nueva perspectiva en relación al carácter místico-poético y didáctico de la astronomía platónica, al perfecto mundo de las esferas en Aristóteles, al problema aristarquiense y a las formas astrológicas de la astronomía ptolemeica hablaremos en el próximo artículo.

Bibliografía:

- Abetti, Giorgio; "Historia de la Astronomía".
- Altavista, Carlos A.; "La Astronomía en la Grecia antigua", en REVISTA ASTRONÓMICA N° 218.
- Aragó, Francisco; "Grandes astrónomos anteriores a Newton".
- Childe, Gordon; "Qué sucedió en la historia".
- Gurev, A.; "Los sistemas del Mundo desde la Antigüedad a Newton".
- Kirk, G. S.; "La ciencia griega".
- Mineur, Henri; "Astronomía y Sociedad".
- Toulmin, Stephen y Goodfield, June; "La trama de los Cielos".

READER'S S.R.L.

Agencia Internacional de Suscripciones a Revistas

Suscribase a:
**ASTRONOMY
 SKY & TELESCOPE**
 u otras

Además, publicaciones internacionales en todos los rubros.

Infórmese escribiendo o llamándonos de 10 a 18 hs.

Perú 457 1° "G"
 1067 - Bs. Aires

T.E.: 331-7278

FOTOMETRIA FOTOGRAFICA

por Manuel Lopez Alvarez

En este artículo describiré un sistema que, utilizando escasos recursos, permite efectuar mediciones de magnitudes estelares con las fotografías obtenidas en el telescopio.

El procedimiento resulta en una precisión de alrededor del décimo de magnitud.

Mis primeros intentos para medir los diámetros de las imágenes estelares sobre fotos obtenidas en el foco comprimido de un telescopio Schmidt Cassegrain de 354 mm de apertura, con relación $f/11$, reducido a $f/7.5$ con un Telecompresor Lumicon, se dirigieron a la medición de las imágenes ampliadas en papel positivo, pensando que al ampliarlas, el error se reduciría. Ello no fue así, ya que el tamaño variaba con la mayor o menor impresión de las copias.

Mientras buscaba un modo de mejorar la precisión, recurriendo al uso de un microscopio para medirlas sobre el negativo, iluminando a este con la ampliadora fotográfica. Al utilizar una lupa sobre el lente de la ampliadora me sorprendió la vista de una imagen de la placa fotográfica enormemente ampliada. Mejoré las cosas fabricando un pedestal para el ocular con el que reemplacé la lupa, y pude así tener una visión de detalle de la fotografía, ya que había convertido la ampliadora en una especie de telescopio, actuando el lente proyector como objetivo. Variando la distancia entre éste y el ocular y reenfocando, podía aumentar o disminuir la ampliación. Subiendo y bajando el regulador de la ampliadora podía recorrer todo el negativo si desplazaba el ocular a los costados. Un detalle del dispositivo puede verse en la *Fig. N° 1*. Aclaro que la ampliadora puede ser reemplazada por un proyector de diapositivas.

Disponiendo de un buen micrómetro filar fabricado por un aficionado norteamericano, Ron Darbinian, joven maestro de escuela de Arroyo Grande, California, lo instalé en el lugar del ocular y listo!... tenía ya un equipo de medición eficiente y como se verá de buena confiabilidad.

Intentaré primero describir el micrómetro, cuyo uso normal es la medición de estrellas dobles. Consiste en un tornillo micrométrico de los usados para medir espesores con un tambor de 50 divisiones y un avance de medio milímetro por vuelta. Este tornillo está fijado en una caja rectangular y desplaza una U metálica entre dos correderas, habiendo tendido un hilo entre los extremos de la U. Otro retículo en cruz, está fijo en la caja en el mismo plano focal. El hilo móvil puede llevarse a ambos lados del hilo fijo vertical. Las mediciones se realizan por diferencias de lecturas a un lado y otro del elemento a medir, debiendo tomarse la mitad de esa diferencia de lecturas. Los hilos están iluminados por diodos luminosos rojos que en este caso no son necesarios.

Para comprobar si mi método de medición era correcto, elegí un área del cielo sumamente interesante, los alrededores de ETA Carina, comprendiendo los Cúmulos Estelares Trumpler 14 y 16, área cubierta por mediciones fotoeléctricas en un trabajo que obtuve del Dr. Muzzio del Observatorio de La Plata.

Asimismo en mi archivo disponía de varias buenas fotos de la zona en el foco mencionado de mi telescopio.

Dispuesto el micrómetro en su soporte a unos 30 cm de la ampliadora fui identificando las estrellas que rodean a ETA Car. Resulta algo difícil identificar las

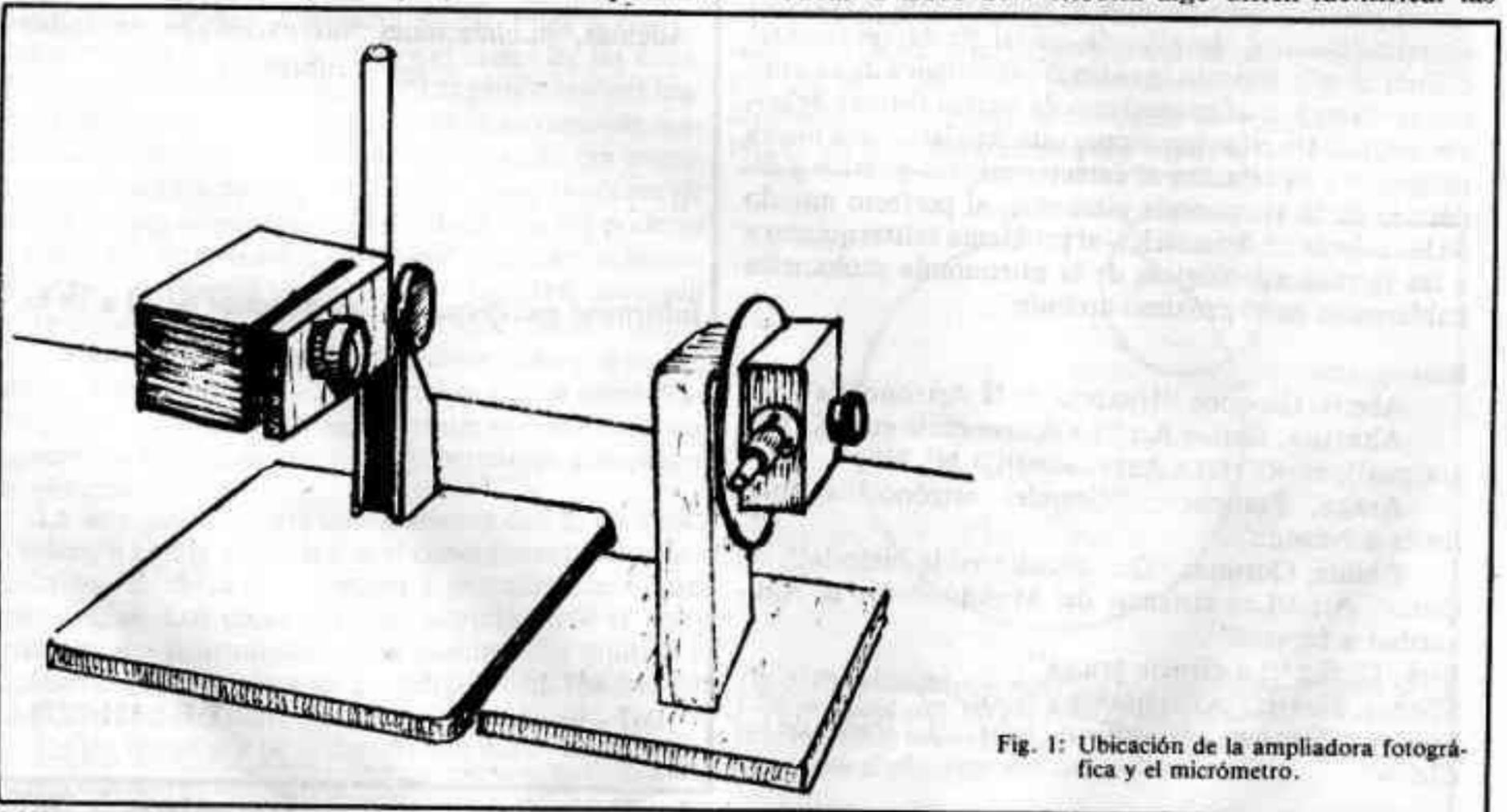


Fig. 1: Ubicación de la ampliadora fotográfica y el micrómetro.

estrellas debido al reducido campo, debiendo usar el método de ir saltando de una imagen estelar a otra con una copia de la foto a mano. Ver foto y Fig. N° 2 y 3.

Las imágenes de las estrellas más brillantes, de magnitud 7 a 12 presentan imágenes nítidas rodeadas de una zona difusa. Los hilos deben ubicarse en el medio de esa zona de penumbra. En la Fig. N° 4 se muestran los aspectos de dos discos estelares, uno con el centro saturado y el otro no saturado, correspondiendo este último en mi placa a una magnitud de alrededor de 13/14. Evidentemente este último caso puede dar errores apreciables.

En él se indican:

Columna 1: denominación de la estrella en la Separata mencionada.

Columna 2: magnitud indicada en la misma Separata.

Columna 3: medida del disco estelar en el plano focal elegido, en mm.

Columna 4: magnitud resultante de la medición de Columna 3.

Columna 5: diferencia entre Columnas 2 y 4.

Para llegar a esos resultados, grafiqué los valores de la Columna 3 utilizando como eje de abscisa las magnitudes de Columna 2. Puede trazarse así una recta promedio que define la ecuación de primer grado siguiente, donde M es la magnitud y S el tamaño de la imagen medido.

$$M = 16 - 8.96 \times S$$

La Columna 4 se obtiene en el mismo gráfico, entrando con los diámetros estelares medidos.

Las diferencias de Columna 5 indican que las mediciones ofrecen una exactitud algo mejor que un décimo de magnitud (sumatoria de diferencias dividida por la cantidad de casos 0.367/37). Por lo tanto, sin modificar la posición de los componentes y apoyándonos en esa recta podremos medir otras estrellas de la placa y determinar su magnitud con la precisión mencionada.

Cabe finalmente puntualizar que:

a) La recta definida se desplaza paralelamente en caso de modificar la distancia o de tratarse de otra placa con distinto tiempo de exposición o revelado.

Estrella (1)	magn. tabul. (2)	tamaño imagen (3)	magn. medida (4)	dif. (2-4) (5)
93250	7,37	0,956	7,43	0,06
93250	7,75	0,924	7,42	0,03
93160	7,82	0,911	7,84	0,02
93161	7,82	0,916	7,79	0,03
104	8,77	0,806	8,78	0,01
303311	9,05	0,771	9,09	0,04
112	9,29	0,748	9,30	0,01
34	9,31	0,745	9,32	0,01
110	9,31	0,745	9,32	0,01
93268	9,32	0,741	9,36	0,04
93343	9,47	0,736	9,41	0,06
9	9,79	0,700	9,73	0,06
23	9,97	0,676	9,94	0,03
115	10,05	0,662	10,06	0,01
3	10,17	0,651	10,17	0,00
31	10,44	0,621	10,43	0,01
127	10,70	0,594	10,68	0,02
4	11,00	0,557	11,01	0,01
22	11,01	0,555	11,02	0,01
32	11,05	0,568	10,91	0,14
124	11,13	0,563	10,95	0,18
76	11,19	0,546	10,43	0,09
122	11,32	0,426	12,18	0,86
129	11,57	0,483	11,67	0,10
24	11,58	0,498	11,56	0,02
25	11,66	0,481	11,69	0,03
26	11,89	0,461	11,86	0,03
48	11,94	0,461	11,87	0,07
80	12,14	0,487	11,63	0,51
61	12,40	0,389	12,51	0,11
60	12,47	0,380	12,59	0,12
130	12,72	0,351	12,85	0,13
47	12,91	0,331	13,03	0,12
70	13,41	0,299	13,32	0,09
131	13,48	0,256	13,70	0,22
75	14,26	0,151	14,64	0,38

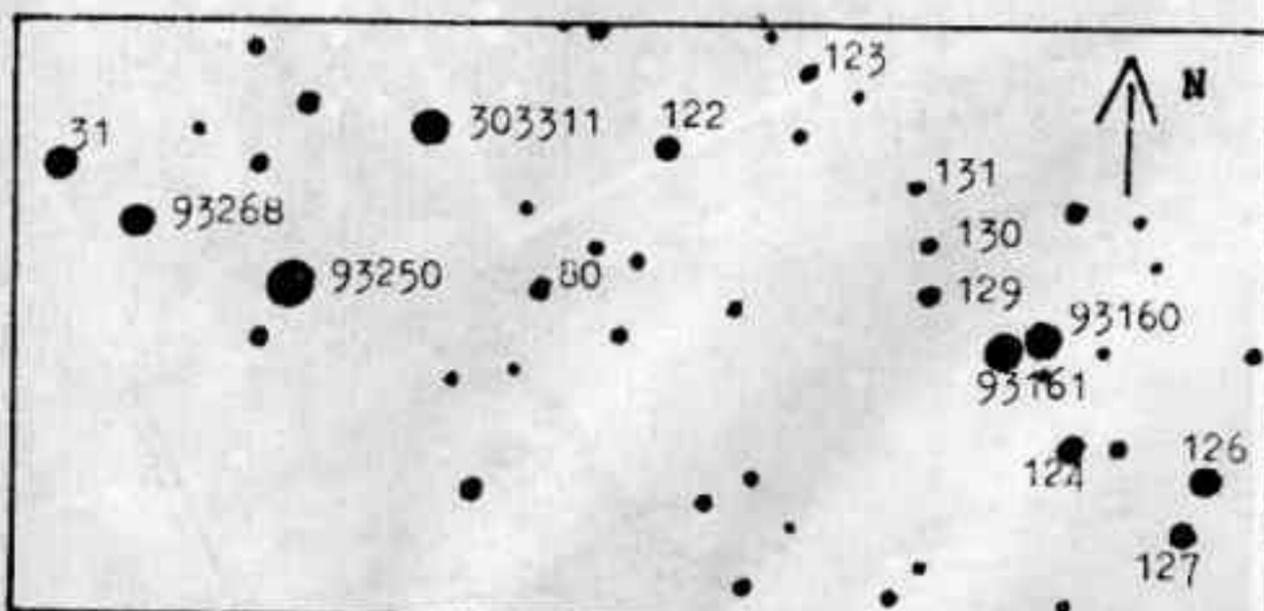


Fig. 2: Cúmulo estelar "TRUMPLER 14"

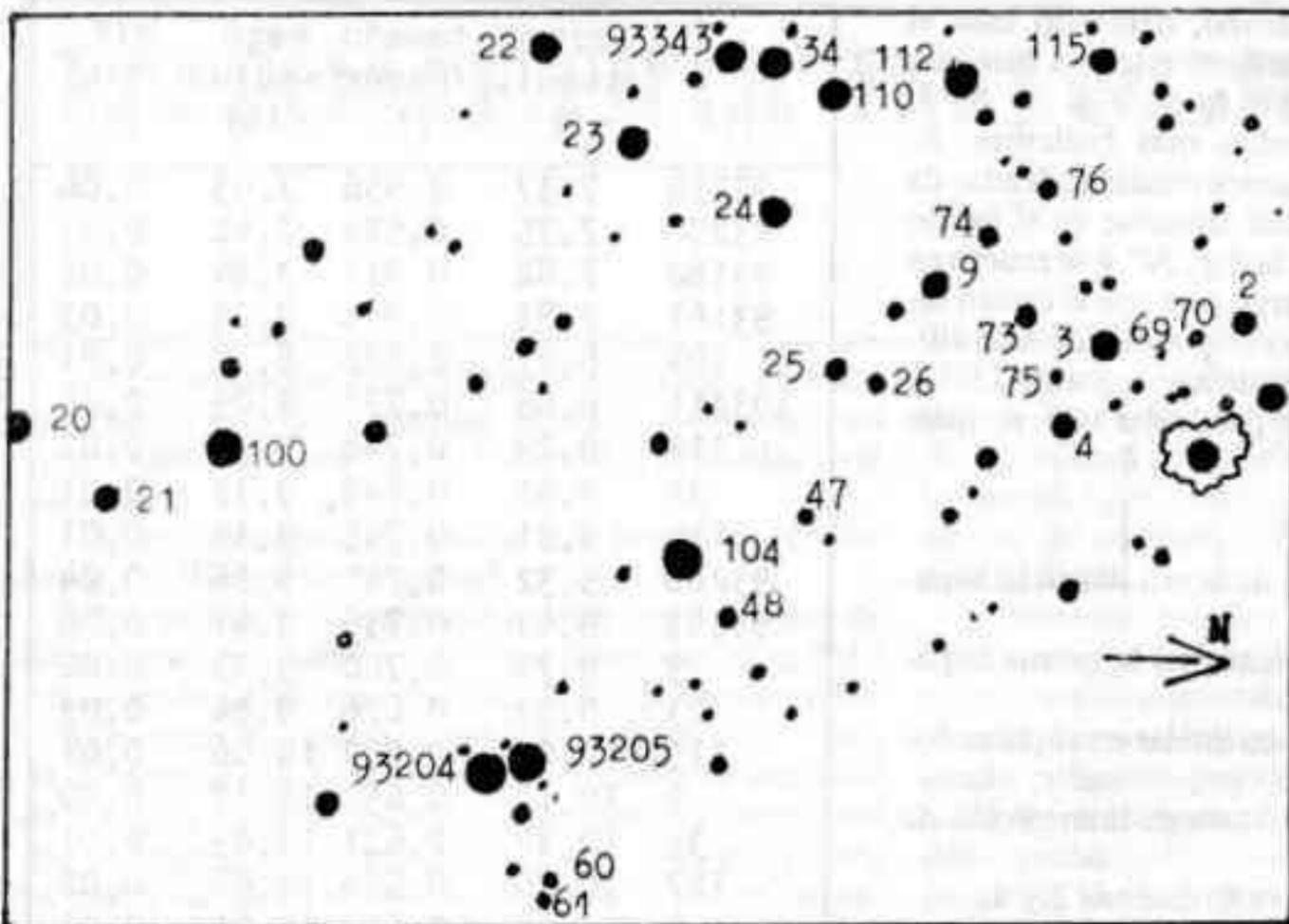
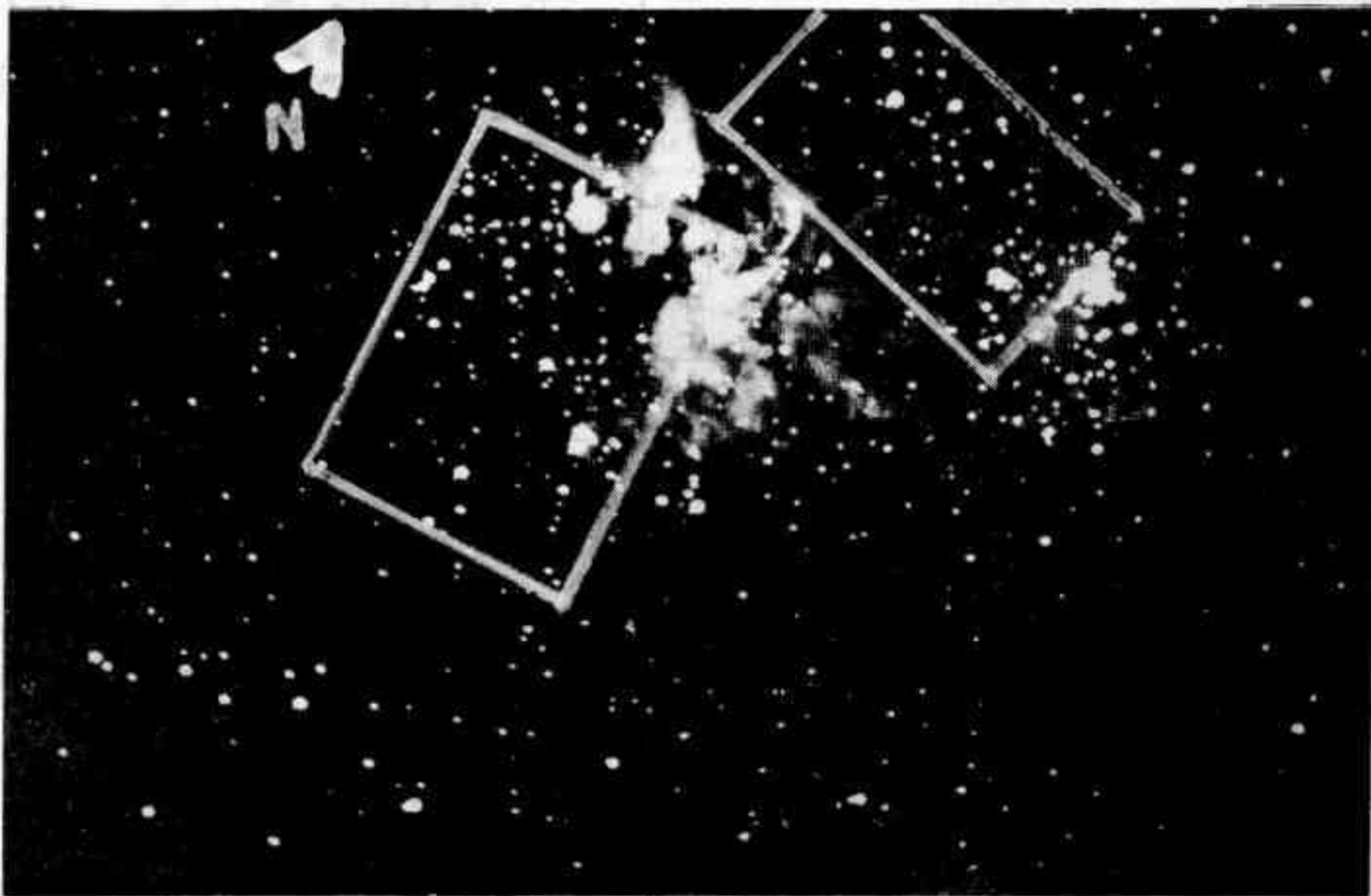


Fig. 3: Cúmulo estelar "TRUMPLER 16"

b) Es requisito importante que se utilice película Pancromática. Caso contrario el índice de color de cada estrella producirá errores considerables. La película utilizada fue la maravillosa T.P. 2415 Technical Pan Film de Kodak, preferida por los aficionados del mundo entero debido a su finísimo grano, ya sea natural, algo lenta (ASA 130 aproximadamente) o hipereada en horno con atmósfera de Hidrógeno. Experiencias con la 103a-E son menos satisfactorias, debido a su grano más grueso que produce imágenes menos definidas.

Referencias:

- A single young open cluster comprising Trumpler 14 and 16, *Astron. Astroph. Suppl.* 12, Pag. 331 - 350 .- Feinstein, Marraco and Muzzio.
- Amateur Astronomer's Handbook* - J.B. Sidgwick.



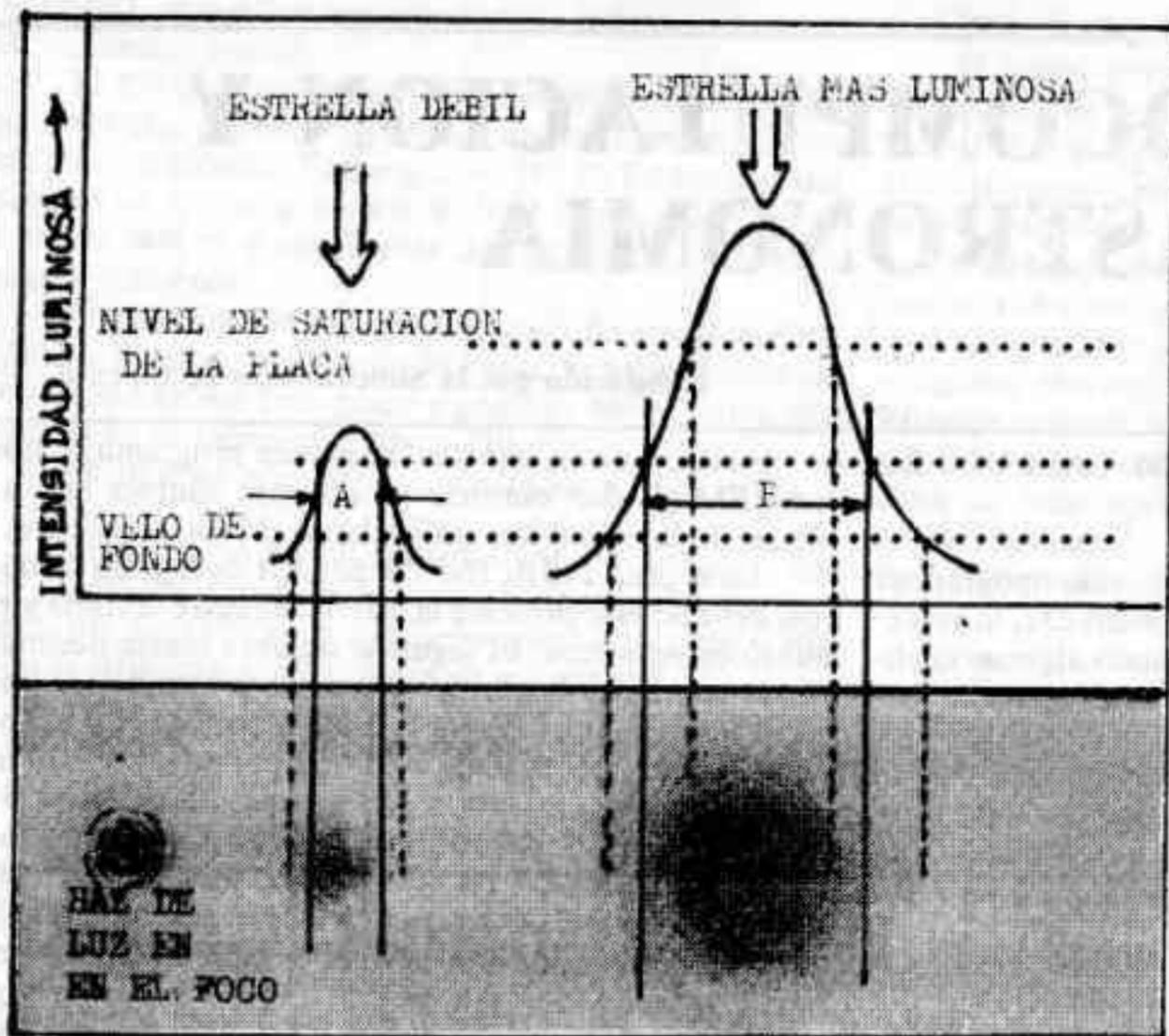


Fig. 4: La estrella A no llega a saturar la emulsión, la B si, formando un disco compacto. Las mediciones deben efectuarse sobre la mitad de la penumbra o halo. En A las mediciones son más inexactas.

SEGUNDA REUNION REGIONAL DE ASTRONOMIA EXTRAGALACTICA

Se efectuará en el Observatorio de Córdoba entre el 30 de Noviembre y el 5 de Diciembre del corriente año. El objetivo del encuentro es la revisión y actualización de conocimientos y técnicas relacionadas con los siguientes tópicos:

- Fotometría de galaxias, a cargo de M. Cappacioli
- Galaxias tempranas, a cargo de J. L. Nieto
- Dinámica de sistemas estelares, a cargo de S. Aerseth
- Formación y evolución de cúmulos de galaxias, a cargo de S. White

Es coordinado por el Comité Organizador Local, integrado por J. L. Sérsic, M. B. Mosconi, J. S. Navarro y J. H. Calderón.

Para más datos, dirigirse al Comité Organizador Local en el Observatorio de Córdoba, Laprida 854, 5000 Córdoba.

Estimado Consocio:

Recuerde que la vida de la asociación depende del pago al día de sus cuotas.

Además, Ud. se verá beneficiado, porque lo adeudado se actualiza trimestralmente.

MICROCOMPUTACION Y ASTRONOMIA

Conducido por la Subcomisión de Cálculo.

NOTAS SOBRE EL PROGRAMA DE CALCULO DE HORA SIDEREA

Con el fin de aclarar algunas omisiones tipográficas en el programa de la página 18 del número 232, lo volveremos a repetir correctamente agregando algunas explicaciones a fin de poder adaptarlo a otros tipos de lenguaje BASIC.-

```
100 HOME: CLEAR: TEXT: REM PROGRAMA DE
    CALCULO DEL DIA JULIANO Y HORA SIDEREA
110 INPUT "HORA T.U., DIA, MES Y AÑO EN LA
    FORMA HH.MM.DD.MM, AAAA: "; HL, DI, ME, AN
120 HL = INT(HL) + (HL - INT(HL)) * 100 / 60: REM
    CONVERSION A DECIMALES DE HORA
130 D = DI + HL / 24: REM CONVERSION A
    DECIMALES DE DIA
140 IF ME > 2 THEN MS = ME: AO = AN
150 IF ME <= 2 THEN MS = ME + 12: AO = AN - 1
160 BI = 2 - INT(AO / 100) + INT(INT(AO / 100) / 4)
170 DJ = 1720994.5 + INT(AO * 365.25) + INT((MS + 1)
    * 30.6001) + D + BI: REM DIA JULIANO
180 IF DJ < 2299150 THEN 200: REM FECHAS
    POSTERIORES A LA REFORMA GREGORIANA
190 DJ = DJ - BI: REM RESTA DIAS INTERCALARES
    PARA FECHAS ANTERIORES A LA REFORMA
    GREGORIANA
200 REM CALCULO DE LOS SIGLOS JULIANOS
    DESDE EL 0.5 DE ENERO DE 1900
210 S = (INT(DJ) - 2415020.5) / 365.25
220 REM CALCULO DE LA HORA SIDEREA
230 HS = .276919398 + 100.0021359 * S
    + 1.07E - 06 * S * S
240 HS = (HS - INT(HS)) * 24: REM HORA
    SIDEREA DEL PRIMER MERIDIANO A 0h.
    T.U.
250 HS = HS + (D - INT(D)) * 24 * 1.002737908
    : REM HORA SIDEREA DEL PRIMER
    MERIDIANO EN EL MOMENTO DEL CALCULO
260 IF HS > 24 THEN HS = HS - 24
270 REM REDUCCION SEXAGESIMAL
280 HS(1) = INT(HS): REM HORAS
290 HS(2) = INT((HS - HS(1)) * 60): REM MINUTOS
300 HS(3) = INT(((HS - HS(1)) * 60
    - HS(2)) * 60 + .5): REM SEGUNDOS
310 REM OUTPUT
320 PRINT "EL DIA JULIANO ES: "; DJ
330 PRINT "LA HORA SIDEREA ES: "; HS(1) "H"
    ; HS(2) "M"; HS(3) "S"
340 END
```

Aclaro que en éste y en cualquier programa, todos los REM pueden omitirse ya que son simples indicaciones de la operación realizada en el paso respectivo.

En el paso 110 de INPUT es decir de ingreso de datos, debe tenerse presente la diferencia entre la coma y el punto ortográficos. El segundo siempre indica decimales, la coma por lo contrario, es indicadora de separación entre variables. Por ello la hora y minutos se separan con un punto, la hora, días, meses y años se separan con comas. Por ejemplo, si deseamos el cálculo para las 21 h 35 m del día 28 de noviembre de 1985, debemos introducir el INPUT en la forma siguiente: 21.35, 28, 11, 1985. El paso 120 convertirá las horas y minutos en horas y decimales de hora. (En el ejemplo 21 h 35 m serán 21,5833333.) Luego el paso 130 vuelve a convertirlos en decimales de día sumándolos al número de días (21,5833333/24 + 28 = 28,8993055).

El 140 da nueva denominación a las variables mes ME y año AN llamándolas MS y AO que son iguales a las anteriores cuando el mes es mayor que 2. IF y THEN son operadores lógicos que significan que SI sucede tal cosa ENTONCES hacer tal otra. Si ME 2, o sea marzo a diciembre, las cosas no cambian, son iguales.

El 150 hace lo mismo pero para los meses enero y febrero. En ese caso suma 12 al número de mes y resta 1 al año para calcular el día juliano.

El 160 calcula la diferencia debida a los días intercalares adicionales a los bisiestos normales, agregados cada cuatro años, ya computados al tratarse de años tropicales de 365,25 días, restando uno cada cien años (segundo término), excepto cada cuatro siglos (tercer término) en que siguiendo las reglas de la reforma, son años bisiestos. Recordemos que INT es la función que toma los enteros descartando los decimales.

El 170 hace el cálculo del día juliano.

En el 180 volvemos a utilizar el condicional IF... THEN... sustrayendo los adicionales propios de la reforma gregoriana. Recordemos que antes de esa fecha simplemente se introducía una día cada cuatro años.

El paso 210 hace el cálculo de los siglos tropicales de 365,25 días, transcurridos desde el 1° de enero de 1900.

En el 230 se calcula la hora sidérea para las cero horas de la fecha. Observemos que si S es cero la HS es 0,276919398 que es la HS a cero horas de ese 1° de enero de 1900 expresada en decimales de día o sea $0,276919398 \times 24 = 6,6460632 = 6 \text{ h} + 0,6460632 \times 60 \text{ m} = 6 \text{ h } 38 \text{ m} + 0,763792 \times 60 \text{ s} = 6 \text{ h } 38 \text{ m } 45,8 \text{ s}$.

A esa cantidad se le suma el tiempo sidéreo transcurrido entre ese día y la fecha de cálculo con los dos últimos términos en donde interviene S, siglos transcurridos.

El término 240 obtiene los decimales de día sidéreo restando los enteros: INT(HS) de la cifra obtenida. En cálculos entre los años 1800 y 2000, S es un número me-

REVISTA ASTRONOMICA

nor que 1, al que hay que calcular con la mayor cantidad de decimales posible.

El 250 suma el tiempo sidéreo transcurrido en el día ya que hasta ahora el cálculo se hace para las cero horas del día del cálculo. Véase que en 210 INTERamos el día juliano o sea arrancamos a cero horas. El número 1,002737908 es el coeficiente de conversión de tiempo medio a sidéreo.

El paso 260 simplemente en caso de ser necesario, obtiene un número menor a 24 horas, reduciéndolo a sexagesimal en los tres pasos siguientes en la forma detallada en el ejemplo del paso 230.

Finalmente presenta los resultados en 320 y 330.

La extensión del cálculo a los años negativos es decir anteriores a nuestra era se efectúa salteando la fórmula del paso 170 y sus complementarias, 160, 180 y 190 con la siguiente adición antes de aquella de:

```
155 IF AN < 0 THEN 195
192 GOTO 200
195 DJ=1720994.5-INT(ABS(AO*365.25
-.75))+INT((MS+1)*30.001)+D
```

El paso 192 es encontrado en el procesamiento, sólo si AO es mayor que cero y en ese caso se saltea la fórmula 195. En caso de ser menor que cero, a la inversa, pasa de largo desde la 155 a la 195.

La instrucción ABS toma el valor absoluto convirtiendo los números negativos en positivos. De otro modo al aplicar INT a un número negativo se producirían errores, aproximándolo a la inversa, es decir al menos negativo o sea al mayor.

RUTINAS DE USO EN ASTRONOMIA

Continuamos aquí con esta serie iniciada en números anteriores.

LA FUNCION POS

A pesar de los recaudos que hemos tomado, en las rutinas publicadas (y otras que aparecerán más adelante) se nos ha deslizado una función propia de la máquina que se utilizó para los desarrollos, quitándoles así la generalización buscada. Me refiero a la función POS, que aplicada a una variable *string* retorna la posición que ocupa en la misma el carácter incluido en el segundo campo; en otras máquinas hay funciones que pueden sustituirla. Por ejemplo, CODE da el código ASCII del primer carácter de la *string*, lo que permite crear un IF...THEN con el código del signo (-) como condicional (45); pero hay que tomar la precaución de no tipear ningún carácter antes del signo (el más peligroso es el espacio, porque es difícil de detectar).

Otra pregunta que se nos ha formulado es: «¿Por qué hemos utilizado una *string* para la parte entera de las cantidades sexagesimales?». La razón es muy simple: supongamos que debemos entrar un ángulo negativo y menor de un grado; lo normal sería tipear -0, que carece de sentido como variable numérica, dando en todos los casos 0, sin signo, de manera que el ángulo quedaría *positivo* erróneamente.

SALIDA, PASO Y PUESTA

Si quisiéramos calcular las horas de salida, paso y puesta de una estrella, el cálculo sería sencillo, ya que basta hallar el instante en que el astro considerado corta el horizonte o el meridiano; pero el problema se complica si se trata de un planeta, la Luna o el Sol, ya que éstos no permanecen inmóviles en la esfera celeste. Luego, deberemos emplear un esquema iterativo.

A continuación describiremos un programa completo destinado a dicho cálculo. Hemos usado un lenguaje supersimplificado, con una sola instrucción por línea, salvo absoluta necesidad; por consiguiente, dista de estar optimizado, y cada uno podrá "adornarlo" de acuerdo con las posibilidades de su máquina. Para universalizarlo hemos usado radianes, que es el

```
>
Lat.(g,m,s)?-34,30,0
Long.(g,m,s)?58,30,0
T loc.-TU (h,m,s)?-3,0,0
TD-TU(seg)?0
Interpolar en [3]/[15] puntos?3
Con paralaje? [s]/[n]n
Fecha (dia,mes,ano)?10,11,1985
```

```
Dia 9/11/1985
AR(h,m,s)?4,44.854,0
DEC(g,m,s)?22,17.8,0
```

```
Dia 10/11/1985
AR(h,m,s)?4,38.382,0
DEC(g,m,s)?22,18.56,0
```

```
Dia 11/11/1985
AR(h,m,s)?4,31.516,0
DEC(g,m,s)?22,18.25,0
```

```
Salida 21 h 9 m
Paso 2 h 13 m 40.6 s
Puesta 7 h 8 m
```

```
Fecha (dia,mes,ano)?15,3,1986
```

```
Dia 14/3/1986
AR(h,m,s)?20,2.573,0
DEC(g,m,s)?-21,55.74,0
```

```
Dia 15/3/1986
AR(h,m,s)?19,59.997,0
DEC(g,m,s)?-22,30.23,0
```

```
Dia 16/3/1986
AR(h,m,s)?19,57.274,0
DEC(g,m,s)?-23,6.4,0
```

```
Salida 2 h 15 m
Paso 9 h 21 m 22.3 s
Puesta 16 h 29 m
```

```
Fecha (dia,mes,ano)?
```

```

530 PRINT "Dia "STR$(D0) & " / "STR$(M0) & " / "STR$(Y0)
540 INPUT "AR(h,m,s)?" : H,M,S
550 GOSUB 1520
560 A(1)=H*15
570 INPUT "DEC(g,m,s)?" : G,M,S
580 GOSUB 1520
590 O(1)=H
600 NEXT I
610 IF P=0 THEN GOTO 660
620 PRINT
630 INPUT "Paralelo(g,m,s)?" : H,M,S
640 GOSUB 1520
650 P=H
660 PRINT
670 FOR I=0 TO 2:P-1
680 A(I)=A(I+1)-A(I)
690 IF ABS(A(I)) > 1 THEN A(I)=A(I)-2*PI*SIGN(A(I))
700 O(I)=O(I+1)-O(I)
710 NEXT I
720 IF P=1 THEN GOTO 990
730 A(1)=A(1)-A(1)
740 A(3)=A(3)-A(2)
750 A(4)=A(2)-A(1)
760 A(1)=A(4)-A(1)
770 A(3)=A(3)-A(4)
780 A(1)=(A(2)+A(1))/2
790 A(2)=(A(3)-A(1))/24
800 A(1)=A(3)+A(1)/12
810 O(1)=O(1)-O(1)
820 O(3)=O(3)-O(2)
830 O(4)=O(2)-O(1)
840 O(1)=O(4)-O(1)
850 O(3)=O(3)-O(4)
860 O(1)=(O(2)+O(1))/2
870 O(2)=(O(3)-O(1))/24
880 O(1)=O(3)+O(1)/12
890 T=MOD(50-A/P,2*PI)
900 A= "Salida"
910 R=1
920 GOSUB 1150
930 A= "Paes"
940 R=T/K
950 FOR I=1 TO 15
960 N=R+T*0-L1
970 IF P=1 THEN GOSUB 1410
980 IF P=2 THEN GOSUB 1440
990 M=ASIN(SIN(A-S*0-K*R))
1000 IF ABS(N) < .0000001 THEN GOTO 1050
1010 R4=MOD(R4+M/K,1)
1020 NEXT I
1030 GOSUB 1330
1040 GOTO 1100
1050 R4=FMR(R4+0.60,1)
1060 S=MOD(R4,60)
500 B 3734 19:41 30:01:05
10 DIM A(4),O(4),A(1),O(1),A(10),H(14)
20 INTEGER Y0,D0,M0,P,C,R,P0
30 OPTION ANGLE RADIANS
40 R0=PI/180
50 K=1.0027379093*2*PI
60 INPUT "Lat.(g,m,s)?" : H,M,S
70 GOSUB 1520
80 F1=SIN(H)
90 F2=COS(H)
100 F3=TAN(H)
110 INPUT "Long.(g,m,s)?" : H,M,S
120 GOSUB 1520
130 L=H
140 INPUT "T Loc. -TU (h,m,s)?" : H,M,S
150 GOSUB 1520
160 L1=H/R0/24
170 INPUT "TO-TU seq?" : T0
180 T0=T0/86400
190 INPUT "Interpolar en (3)/(15) puntos?" : P
200 IF P < 3 AND P > 5 THEN GOTO 190
210 P=(P-1)/2
220 P0,P9=0
230 INPUT "Con paralelo? (s)/(n)?" : AS
240 IF AS="s" THEN P0=1 : GOTO 260
250 IF AS="n" THEN P3=0
260 INPUT "Fecha (dia,mes,ano)?" : D0,M0,Y0
270 Y1=Y0+M0-2.85/12
280 J=INT(INT(367*Y1)-1.75*INT(Y1)+00)-.75*INT(Y1/100)+1721114.5
290 I=J-2451545
300 T1=T/36525
310 S0=2.182447-.000924222*1
320 S0=.206*SIN(2*50)-(17.2+.017*T1)*SIN(50)
330 S0=50-1.319*SIN(.03440559*T-2.77626)
340 S0=50+.143*SIN(.017202*T-.043144)
350 S0=50-.227*SIN(1.3375*T+.65943*T)
360 S0=50+.071*SIN(.22027*T-2.35555)
370 S0=50+COS(.409020-.00022596*T1)
380 S0=50+12960272-.193*T1+1.39656*T1+11.361658-.22615
390 S0=50/266264.806-L1+K
400 FOR I=0 TO 2:P
410 J1=J1-P
420 M=INT(J1)-1721118.2
430 C=INT(M/36524.25)
440 N=C+M-INT(C/4)
450 Y0=INT(M/365.25)
460 N=N-INT(Y0/365.25)-.3
470 N0=INT(N/30.6001)
480 D0=INT(N-30.6001*N0+1)
490 IF N0 < 9 THEN M0=N0+3 : GOTO 520
500 M0=N0-9
510 Y0=Y0+1
520 PRINT

```

```

1070 R4=(R4-5)/60
1080 GOSUB 1490
1090 PRINT AB: TAB(8); H: "h " ; M: "m " ; S: "s "
1100 A= "Puesta"
1110 R=1
1120 GOSUB 1450
1130 PRINT
1140 GOTO 260
1150 ON ERROR GOTO 1350
1160 R4=-TAN(D/P)+F3
1170 R4=(R+ACOS(R4)-T1)/K+3
1180 R4=R4-INT(R4)
1190 ON ERROR GOTO 1320
1200 FOR I=1 TO 15
1210 M=R4+T*0-L1
1220 IF P=1 THEN GOSUB 1400
1230 IF P=2 THEN GOSUB 1430
1240 M=R4+K-A*50
1250 M=(ASIN(COS(N)+F2*05(D)+F1*SIN(O))+.005934-P9)/
COS(O)/F2/SIN(N)
1260 IF ABS(N) > .000035 THEN GOTO 1300
1270 OFF ERROR
1280 R4=FMR(R4+1440,0)
1290 GOTO 1460
1300 R4=MOD(R4+M/K,1)
1310 NEXT I
1320 OFF ERROR
1330 PRINT AB: TAB(11); "..."
1340 RETURN
1350 OFF ERROR
1360 PRINT AB: TAB(9); "MUY " :
1370 IF R4 < 0 THEN PRINT "ALTO"
1380 IF R4 > 0 THEN PRINT "BAJO"
1390 RETURN
1400 D=O(1)+N*(O(1)+O(1)+N*(O(1)-O(1)))/2
1410 A=A(1)+N*(A(1)+A(1)+N*(A(1)-A(1)))/2
1420 RETURN
1430 D=O(2)+N*(O(1)-O(1))+N*(O(1)+O(1))/2-O(1)+N*(O(1)+
N*(O(2)))
1440 A=A(2)+N*(A(1)-A(1))+N*(A(1)+A(1))/2-A(1)+N*(A(1)+
N*(A(2)))
1450 RETURN
1460 GOSUB 1490
1470 PRINT AB: TAB(8); H: "h " ; M: "m "
1480 RETURN
1490 M=INT(MOD(R4,60))
1500 M=INT((R4-M)/60)
1510 RETURN
1520 M=ABS(VAL(H0))+M/60+S/3600
1530 IF POS(M0,"-") THEN H=-M
1540 H=M+R0
1550 RETURN
1560 DEF FMR(X,M) = INT(X*10^M+.5)/10^M

```

moco angular en que operan la mayoría de las máquinas.

Siguiendo el listado adjunto, en la línea 50 el coeficiente numérico incluido es el factor de conversión de intervalos de tiempo medio a sidéreo. Luego, en las líneas 60 a 160 se entran las coordenadas del observador y la diferencia de su tiempo legal con el TU. En la línea 170 se entra la diferencia entre la hora dinámica y el TU, ya que en general las tablas dan las posiciones para las 0h de TD, no de TU; el valor **aproximado** de dicha diferencia (que en la actualidad alcanza a casi un minuto) viene dado en *The Astronomical Almanac*, para cada año. Si las coordenadas vienen dadas para 0h de TU, entrar 0.

Es posible elegir (línea 190) entre interpolación de tres o cinco puntos; usualmente, esta última es necesaria solamente para la Luna. En la línea 230 se puede indicar si se van a dar los valores de paralaje del astro; igualmente sólo vale la pena hacerlo en el caso de la Luna.

A esta altura, el programa interroga por la fecha deseada; en las líneas 270 y 280 calcula el día juliano para las 0h de Greenwich el día considerado; T es el intervalo de días desde el 1° de enero del año 2000, a mediodía (nuevo origen para el cálculo) y T1 es el mismo intervalo expresado en siglos julianos de 36525 días.

Las líneas 310 a 370 calculan los términos de nutación más importantes, que añadidos a la hora sidérea media nos permiten hallar la aparente, en segundos de arco. En la línea 390 se convierte a radianes, y se calcula la hora sidérea local a 0h.

El lazo que va de 400 a 600, permite la entrada de datos, dando en cada caso la fecha correspondiente para evitar errores; ésta es calculada de 420 a 510, que constituye un algoritmo de conversión de día juliano a fecha de calendario. Las líneas 620 a 650 son automáticamente saltadas si en un principio se descartó el uso de la paralaje.

Las líneas 670 a 680 computan los coeficientes de las ecuaciones de interpolación; la línea 690 tiene en cuenta el salto de 24h al pasar por cero la ascensión recta, como viéramos anteriormente.

A partir de 890 comienza el cálculo propiamente dicho. T1 es el ángulo horario del astro a las 0h del día considerado.

Analizaremos primero el caso del paso, que es más sencillo: se trata simplemente de calcular el instante en que la hora sidérea es igual a la AR del astro, y como la AR va variando, debemos interpolar; N en 960 es el intervalo de interpolación, y en 990 el error reducido al primer cuadrante (con la misma variable para ahorrar memoria). En 1010 se usa el error para corregir nuestro cálculo.

Si el error en 1000 es satisfactorio, se sale del lazo y se hace la conversión de R4, que está dado en fracción decimal de día, a horas, minutos, segundos y décimas. Pero puede suceder que la precisión deseada sea imposible de alcanzar, por una sencilla razón: que el astro no culmine ese día, como puede suceder con la Luna, cuyo movimiento es muy rápido; para esa eventualidad, se provee del escape por 1030, luego de un número razonable de iteraciones (15), y se imprime una línea de asteriscos en lugar de la hora.

Analicemos ahora el caso de las salidas y puestas, que se resuelve en la subrutina que comienza en 1150. En este caso, deberemos resolver el triángulo esférico

formado por el horizonte, el paralelo celeste del astro y su círculo horario; ello es efectuado en la línea 1250, calculando como antes el error. En realidad, no hallamos la intersección con el horizonte, sino con un almicerat $1/2^\circ$ bajo el mismo, debido al efecto de la refracción; como su efecto es irregular, se limita la exactitud a 1 minuto.

Aquí hay tres formas de escape: al alcanzar la exactitud deseada, por no poderla obtener en quince iteraciones, como antes (o sea que el fenómeno no acontece en ese día) o porque la declinación del astro es tal, que no hay intersección con el horizonte, imprimiéndose el mensaje correspondiente (línea 1150) o el paralelocelste es tangente (línea 1190).

Luego del cálculo de la hora de puesta, el programa recicla preguntando nuevamente por la fecha.

El resto del programa es el conjunto de subrutinas de impresión de mensajes (1320 a 1390), de interpolación (1400 para 3 puntos y 1430 para 5 puntos), de conversión, de impresión, etc. y nuestra conocida, la función de redondeo FNR.

Se adjunta un ejemplo numérico tal cual aparece en la pantalla del monitor; se han empleado datos para el cometa Halley, que como están tabulados con una precisión de 0.01 minutos de arco, en todos los casos se debe pulsar "0" para los segundos.

(continuará)

C. Rusquellas

COLABORACIONES CON "REVISTA ASTRONOMICA"

Invitamos a todos aquellos que estén interesados en enviarnos artículos para publicar en nuestra Revista, que en la medida de lo posible los originales sean escritos a máquina y a doble espacio, para facilitar su lectura y eventual corrección. Asimismo los dibujos o fotografías que acompañen el texto deberán adecuarse al formato de "Revista Astronómica", cuya caja es de 17 x 25 cm.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

How To Make a Telescope, por Jean Texereau. Publicado por Willmann-Bell, Inc. En inglés.

En este libro el aficionado podrá encontrar una adecuada explicación de los fundamentos tanto teóricos como prácticos para la correcta construcción de su propio telescopio reflector. Del mismo autor conocimos "El telescopio del aficionado", siendo esta versión en inglés una ampliación de aquella obra que fuera traducida al castellano desde su original en francés.

En la primera parte del libro se encuentran las nociones teóricas necesarias para la realización e interpretación de un objetivo reflector, como así también una detallada descripción de las técnicas empleadas para el trabajo del vidrio, el figurado final y el control de la curva obtenida. Luego se describe la factura del espejo plano necesario para el telescopio más sencillo que es el sistema newtoniano.

Los métodos y aparatos de control están muy bien descriptos y son de fácil interpretación y realización, siendo esto ideal para el aficionado que trabaja solo.

En este primer proyecto sencillo (telescopio Newton) aconseja el montaje acimutal, para lo cual proporciona planos detallados para su construcción en madera con un mínimo de partes mecánicas complicadas; tanto dicho montaje como el de las ópticas son descriptos en forma sencilla y directa.

Esta primera etapa es prácticamente idéntica a la versión original y fue pensada para el aficionado principiante que no desea o no puede por escasez de medios "entrar en complicaciones".

En lo que llamaríamos una segunda etapa, para aficionados "avanzados y con recursos", se aboca a la realización de proyectos más ambiciosos y complicados, como un telescopio Cassegrain y una lámina de cierre en vidrio óptico. Ambos proyectos, el de un Cassegrain de 257 mm y el de la lámina de cierre, están muy claramente explicados y se detallan inclusive los instrumentos de control de los radios de curvatura o espesores a que se deberá tener acceso o la forma en que se pueden construir. Por supuesto, al complicarse el sistema óptico se complican también los montajes de las ópticas, pero lo que se describe es relativamente sencillo y adecuado.

Más adelante se pasa revista a los principales tipos de monturas ecuatoriales que son aconsejables para estos proyectos más especializados y se proporcionan dibujos y fotografías de las diferentes configuraciones.

El resto del libro abarca cuestiones relativas a los accesorios (como oculares, buscadores, etc.), terminación y centrado de la óptica y la alineación del telescopio (puesta en estación).

Unos apéndices incluyen programas en lenguaje

BASIC para la reducción e interpretación de los datos relativos al control del objetivo y de la lámina de cierre con ayuda de una computadora, como así también para el cálculo de sistemas ópticos de dos espejos mediante las ecuaciones de Schwarzschild (esto último no necesariamente para un aficionado). Otros apéndices traen numerosas referencias a publicaciones conocidas en todo lo relativo a construcción de telescopios desde épocas anteriores a 1940, como así también fotos de telescopios realizados por aficionados.

En suma, un libro de gran utilidad para aquel que cuenta con algunos conocimientos de inglés, en especial si transitó la versión anterior.

M. Dubiansky y J. Requeijo

Efemérides de los satélites de los planetas gigantes del "Bureau des Longitudes"

Se trata de una serie de publicaciones periódicas que se editan como suplementos de la "Connaissance des Temps"; incluyen texto en francés e inglés.

- "Satellites Galiléens de Jupiter - Phénomènes et Configurations pour 1987, suivis d'une méthode permettant de calculer les phénomènes pour 1988". Puede obtenerse del Bureau de Longitudes - CNRS RCP 754, 77 avenue Denfert-Rochereau, F-75014 Paris, Francia; precio, 45 F.F. H.T.

Incluye un completo listado de los fenómenos día por día, con los tiempos al segundo; los detallados diagramas permiten medir las posiciones con una precisión de 5 segundos de arco. Cada página abarca quince días, y se da en escala el tamaño y posición del planeta y las órbitas, tal como se ven por el telescopio. Un apéndice da coeficientes que permiten hallar los fenómenos para 1988 con una calculadora de bolsillo, haciendo uso de polinomios de Chebichev.

- "Ephémérides des Satellites de Jupiter, Saturne et Uranus pour 1987". Puede solicitarse a Les Edition de Physique, Z.I. de Coutaboef, B.P. 112 - Av. du Hoggar, 91944 Les Ulis Cedex, Francia; precio (para el extranjero), 190 F.F.

Comprende: datos sobre los satélites galileanos de Júpiter; datos sobre los demás satélites de Júpiter, Saturno y Urano; tablas para la computación de las posiciones de los satélites galileanos de Júpiter, los primeros ocho satélites de Saturno y los cinco satélites de Urano; tablas para el cálculo de los fenómenos de los satélites galileanos de Júpiter. Las posiciones (tangenciales) son dadas en general con una precisión de 0,05" de arco.

- "Ephémérides des Satellites faibles de Jupiter et

REVISTA ASTRONOMICA

des Saturne pour 1987". Puede obtenerse del Bureau des Longitudes; no hay indicación de precio.

Incluye tablas que permiten calcular las efemérides por medio de polinomios de Chebichev. Se dan los coeficientes para los satélites de Júpiter VI, VII, VIII y IX, para el mismo Júpiter y para el satélite IX de Saturno (geocéntrica y saturnocéntrica); los coeficientes cubren intervalos de 33 días y dan las posiciones con una precisión de 0,01seg en AR y 0,1" en declinación, y las distancias $1 \cdot 10^{-6}$ UA.

-**"Satellites de Saturne I a VIII - Configurations pour 1987"**. Puede obtenerse del Bureau des Longitudes; precio, 40 F.F. H.T.

Presenta diagramas (cada uno abarca quince días) de las configuraciones de los satélites, para facilitar la identificación de los mismos; se incluyen, en escala y con el ángulo apropiado, un diagrama de las órbitas y el

planeta, tal como se ven por el telescopio. La escala permite determinar las posiciones con una precisión de 5 segundos de arco.

Se trata indudablemente de una serie de publicaciones de gran valor para aquellos que se dedican a la observación y estudio de los movimientos de los satélites, ya que incluyen multitud de datos usualmente ausentes de las efemérides; la precisión con que son dados y su ordenamiento los hace útiles tanto para profesionales como para aficionados adelantados. Las explicaciones para el uso son en general claras, y al estar en francés me imagino serán más fácilmente decifrables para aquellos que desconozcan el inglés. Los interesados podrán obtenerlas de las direcciones indicadas en cada caso.

C. Rusquellas

NOTICIAS DE LA ASOCIACION

SOCIOS NUEVOS

5455 JUAN CARLOS ALBENGA
5456 PERLA AMALIA MANESEVICH
5457 DANIEL OSCAR CAMPORA
5458 JUAN FRANCISCO FRANCK
5459 JUAN DOMINGO QUESADA
5460 MARCELO HECTOR LOPEZ
5461 DANIEL SCOCCO
5462 OCTAVIO MELLER
5463 MARIO AMADOR CARBAJALES
5464 HERNAN JAVIER YORIO
† 5465 DEMOSTENES TOMAS BAUDRACCO
5466 SALVADOR BERNARDO CAPRA
5467 HUGO MARCELO LOUSTALET
5468 ANALIA IASTREBNER
5469 ALICIA RATTO
5470 DAMIAN FERRARI
5471 FEDERICO MARTIN HOCHENFELLNER
5472 GONZALO ALONSO
5473 SANTIAGO PERESON
5474 VERONICA STOKA
5475 ALEJANDRO JOSE KWIATKOWSKI
× 5476 ALEJANDRO EDUARDO RUSSO
5477 MARCELO GABRIEL H. RABINOWICZ
5478 HERNAN DIEGO ROMERO
5479 HECTOR FABIAN PREZ
5480 SERGIO GUSTAVO GONGORA
5481 VICTOR HUGO BARROS
5482 GUSTAVO SERGIO ALDAYA
5483 ANDRES SIMCOVICH
5484 MANUEL R. FERNANDEZ ORO
5485 IRENE H. ANTELO DE CASTILLO
5486 MAXIMO ARAGONES
5487 LIONEL VALENZUELA PEREZ
5488 CLAUDIO OMAR DORES
5489 JUAN CARLOS COPPOLA
5490 ANALIA VERONICA CORDOBA

5491 CRISTIAN CABRINI
5492 MARIA ELENA BORRAGA
5493 CARLOS ALBERTO CHILEVICH
5494 ANDRES PABLO VACCARI
5495 AMADEO CLAUDIO TRANNACK
5496 ALEJANDRO CLAUDIO TRANNACK
5497 HECTOR OSCAR NIGRO
5498 CRISTINA MARGARITA BOASSO
5499 CLAUDIO GUSTAVO DOMARIO
5500 ALEJANDRO MARTIN MONTANELLI
5501 DANIEL JUAN UGAZIO
5502 CLAUDIO OSCAR VALLE
5503 DIEGO DOMINGUEZ
5504 PEDRO RAUL DE ROSA
5505 EDUARDO KRACOFF
5506 KARINA ANGELICA BIGNASCO
5507 GRACIELA IRIS BIGNASCO
5508 DANIEL EDUARDO GIULIANO
5509 RAFAEL SIRKIN
5510 MATILDE NOEMI LALIN
5511 MARIANO RIBAS
5512 FERNANDO TROUBOUL
5513 MARCELO DE SIMONE
5514 ARMANDO ERNESTO GLEISER
5515 EDGARDO BIGNASCO
5516 JUAN CARLOS DENEGRI
5517 SERGIO DONIEL VILAR
5518 RICARDO ANGEL FIORANI
5519 MABEL GARCIULO DE CLAVERG
5520 LUIS ANTONIO MENENDEZ
5521 ANTONIO POLICARI
5522 CARLOS MARIA TOLEDO
5523 GUSTAVO KOGAN
5524 DARIO PROGOVSKY
5525 JORGE LUIS GAVOTTI

NOTICIERO ASTRONOMICO

NUEVA LUZ SOBRE EL CIRRUS GALACTICO

Desde el momento que fueron avistados filamentos desfilcados a gran altura sobre el plano de nuestra galaxia por el satélite IRAS, los astrónomos han especulado sobre la naturaleza de este material, llamado cirrus galáctico. Ahora, investigadores de Holanda hallaron que los filamentos polvorientos registrados por el IRAS siguen estrechamente la distribución del hidrógeno neutro interestelar. F. Boulanger y dos colegas del Departamento de Investigaciones Espaciales en Groningen presentaron sus hallazgos en el número de marzo de "Astronomy and Astrophysics".

Sus resultados apoyan la idea de que el cirrus está formado por polvo, probablemente granos de grafito o silicatos, sumergidos en nubes de hidrógeno. Los astrónomos encuentran que parte del polvo se halla a temperaturas de varios cientos de grados Kelvin, lo que es muy elevado para explicarse por calentamiento por la radiación interestelar local. Citan esto como evidencia de que algunos granos son tan minúsculos (unos 10 Å de ancho) que son calentados temporariamente a altas temperaturas cada vez que absorben un fotón de luz.

OTRO NUCLEO VARIABLE DE NEBULOSA PLANETARIA

Se ha descubierto variación en otro núcleo de nebulosa planetaria; se trata de LSS 2018, la estrella central de la planetaria DSI visible desde el hemisferio austral. Análisis fotométricos efectuados durante cinco noches en el Observatorio de Cerro Tololo muestran una variación sinusoidal con período de 8,57 y variación en el azul de 0,5 de magnitud. También las rayas espectrales han mostrado una variación sinusoidal de la velocidad radial con igual período y variación de 140 a 150 km/seg.

24* Enero-Marzo de 1987

Los últimos datos obtenidos sobre esta estrella en Cerro Tololo indican al objeto como una binaria cerrada formada por una subgigante de tipo 0 de 0,5/0,6 masas solares que produce las líneas de absorción y causa la iluminación de la nebulosa, y por una compañera más fría de masa igual a la mitad de la estrella primaria, cuyo hemisferio calentado por esta última causa las variaciones y produce las rayas de emisión del C II.

¿UN CRATER DE IMPACTO?

El yacimiento localizado de níquel más grande de la Tierra es la estructura Sudbury, en forma de tazón, ubicada en Ontario, Canadá. Integrada por una serie de capas sucesivas de roca, principalmente ígnea, esta área de 59 por 27 Km ha sido por largo tiempo una fuente no sólo de níquel, sino también de cobre y otros minerales valiosos, pero los geólogos no se han podido poner de acuerdo sobre su origen.

En 1964, el especialista Robert S. Dietz propuso que la estructura fué el fruto del impacto de un meteorito, una idea que sigue siendo controvertida, pero a la que han añadido nueva evidencia los geólogos Billy E. Faggart, Jr., y Asish R. Basu de la Universidad de Rochester y Mitsunobu Tatumoto del U. S. Geological Survey; su reporte aparece en el número del 25 de Octubre de 1985 de "Science".

Faggart y sus colegas midieron las concentraciones de neodimio y samario en nuestras rocas, lo que usualmente permite determinar si las mismas se han originado en la corteza o el manto. Los resultados obtenidos sugieren que las rocas ígneas del complejo Sudbury solidificaron hace 1.800 millones de años a partir de material de la cortical; luego, fueron calentadas desde arriba, no de abajo como es el caso de las erupciones volcánicas. Como una evidencia adicional, los investigadores hacen notar que en el área se encuentran comos de fractura,

como los que suelen ser producidos por onda de choque creada por la explosión de un meteorito. Si la estructura Sudbury es realmente un cráter de impacto erosionado, se trata del más antiguo hallado en nuestro planeta.

La gran concentración de minerales sería resultado del impacto, ya que, fundido por el calor generado por éste, habrían sido llevados a la superficie por el azufre líquido que habría "flotado" sobre las otras rocas.

CUASARES NEBULOSOS

Aunque son probablemente los objetos más luminosos del Universo, los cuasares aparecen en las fotografías solamente como borrosos puntos de luz. Mirados con más detalle, algunos están rodeados por un manojito de filamentos, dando la impresión de estar cubiertos de pelusa; solo en los últimos años se ha tomado esta nebulosidad periférica como una prueba de que los cuasares realmente se hallan en el interior de galaxias muy distantes, mucho más débiles que los cuasares propiamente dichos.

Gerry Neugebauer y otros científicos del Caltech los han estudiado recientemente con el telescopio de 5 m del Palomar Observatory. Fueron investigados 16 cuasares usando fotometría infrarroja, porque el contraste entre una galaxia típica y un cuasar es mayor en el infrarrojo. Se hizo uso de máscaras para aislar la imagen de la galaxia de la del cuasar, mucho más brillante, de diámetro de 5 a 12 segundos de arco, y con formas de anillos y discos.

El equipo del Caltech publicó sus resultados en el número del 1º de Noviembre de 1985 del "Astrophysical Journal"; en al menos cuatro casos la débil nebulosidad contribuía con una fracción significativa de la radiación infrarroja total. La pregunta que queda en pie es si se trata de galaxias elípticas o espirales, porque ambas son indistinguibles en el infrarrojo.

REVISTA ASTRONOMICA