

REVISTA ASTRONOMICA



JULIO
SEPTIEMBRE
1981
N° 218

... Cuanto más comprensible parece el Universo tanto más sin sentido parece también. Pero si no hay alivio en los frutos de nuestra investigación, hay al menos algún consuelo en la investigación misma. Los hombres no se contentan con consolarse mediante cuentos de dioses y gigantes, o limitando sus pensamientos a los asuntos cotidianos de la vida. También construyen telescopios, satélites y aceleradores, y se sientan en sus escritorios durante horas interminables tratando de discernir el significado de los datos que reúnen. El esfuerzo para comprender el Universo es una de las pocas cosas que eleva la vida humana por sobre el nivel de la farsa y le imprime algo de la elevación de la tragedia.

"Los Tres Primeros Minutos del Universo"
Steven Weinberg
Premio Nobel de Física 1979

**REVISTA
ASTRONOMICA**
N° 218

JULIO-SEPTIEMBRE DE 1981
TOMO LIII

AG ISSN 0044 - 9253

REGISTRO NACIONAL
DE LA PROPIEDAD
INTELECTUAL N° 92.576

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

DISTRIBUCION GRATUITA
A LOS SEÑORES ASOCIADOS

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

DIRECTOR:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

SECRETARIOS:

Sr. Carlos Rúa

Sr. Eduardo De Tommaso

REDACTORES:

Sr. Ambrosio Juan Camponovo

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti,

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

TRADUCTORES:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

ASESOR ARTISTICO:

Sr. Jorge Luis Ferro

CANJE Y SUSCRIPCIONES:

Srta. Flora Clauré

EFEMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

COMISION DIRECTIVA

PRESIDENTE

Dr. Fernando P. Huberman

VICE-PRESIDENTE

Ing. Cristián Rusquellas

SECRETARIO

Prof. Luciano Ayala

PRO-SECRETARIO

Srta. Lilliana Graciela Quarleri

TESORERO

Sr. Eduardo De Tommaso

PRO-TESORERO

Ing. Benjamin Trajtenberg

VOCALES TITULARES

Sr. Carlos Antonioli

Sr. Claudio Apelbaum

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Sr. Guillermo Lücke

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

VOCALES SUPLENTES

Srta. Flora Beatriz Clauré

Sr. Roberto Remi Frommel

Sr. José María Requeijo

COMISION REVISORA DE CUENTAS

Sr. Claudio Cuello

Sr. Carlos E. Gondell

Dr. Fernando Larumbe

Impreso en

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2°,

Tel. 30-2471 Bs.As.



REVISTA ASTRONOMICA



Fundador : CARLOS CARDALDA

Organo de la Asociación Argentina
Amigos de la Astronomía

SUMARIO

LOS AGUJEROS NEGROS Y SUS IMPLICANCIAS ASTROFISICAS, PARTE I por David L. Blook	pág. 2
LA ASTRONOMIA EN GRECIA ANTIGUA por el Dr. Carlos A. Altavista	pág. 6
URANIA E INFORMATICA por el Dr. Hugo Marraco	pág. 8
OPTICA E INSTRUMENTOS ASTRONOMICOS por la Subcomisión de Optica	pág. 12
EL AFICIONADO Y EL SISTEMA SOLAR por la Subcomisión de Planetas	pág. 17
NOTICIERO ASTRONOMICO por el Sr. Mario Vattuone	pág. 20
NOTICIAS DE LA ASOCIACION	pág. 22

**Nuestra
Portada**
*El Satélite
Joviano
Europa
fotogra-
fiado por
la nave
Voyager
desde
240.000
km. de
distancia.*



JULIO - SEPTIEMBRE • 1

Los Agujeros Negros y sus Implicancias Astrofísicas

Parte I

por David L. Blook, Boyden Observatory, South Africa

Traducido de "Sky and Telescope" de julio de 1975, con autorización de Sky Publishing Corporation y conformidad con el autor.

Una de las predicciones más excitantes de la teoría general de la relatividad de Einstein es la existencia de los agujeros negros, en los que las fuerzas gravitatorias son tan intensas que impiden el escape aún de partículas moviéndose con la velocidad de la luz. Esto puede ocurrir después que una estrella masiva, habiendo llegado al final de su existencia termonuclear, colapsa a un tamaño crítico, más allá del cual la gravedad supera todas las demás fuerzas.

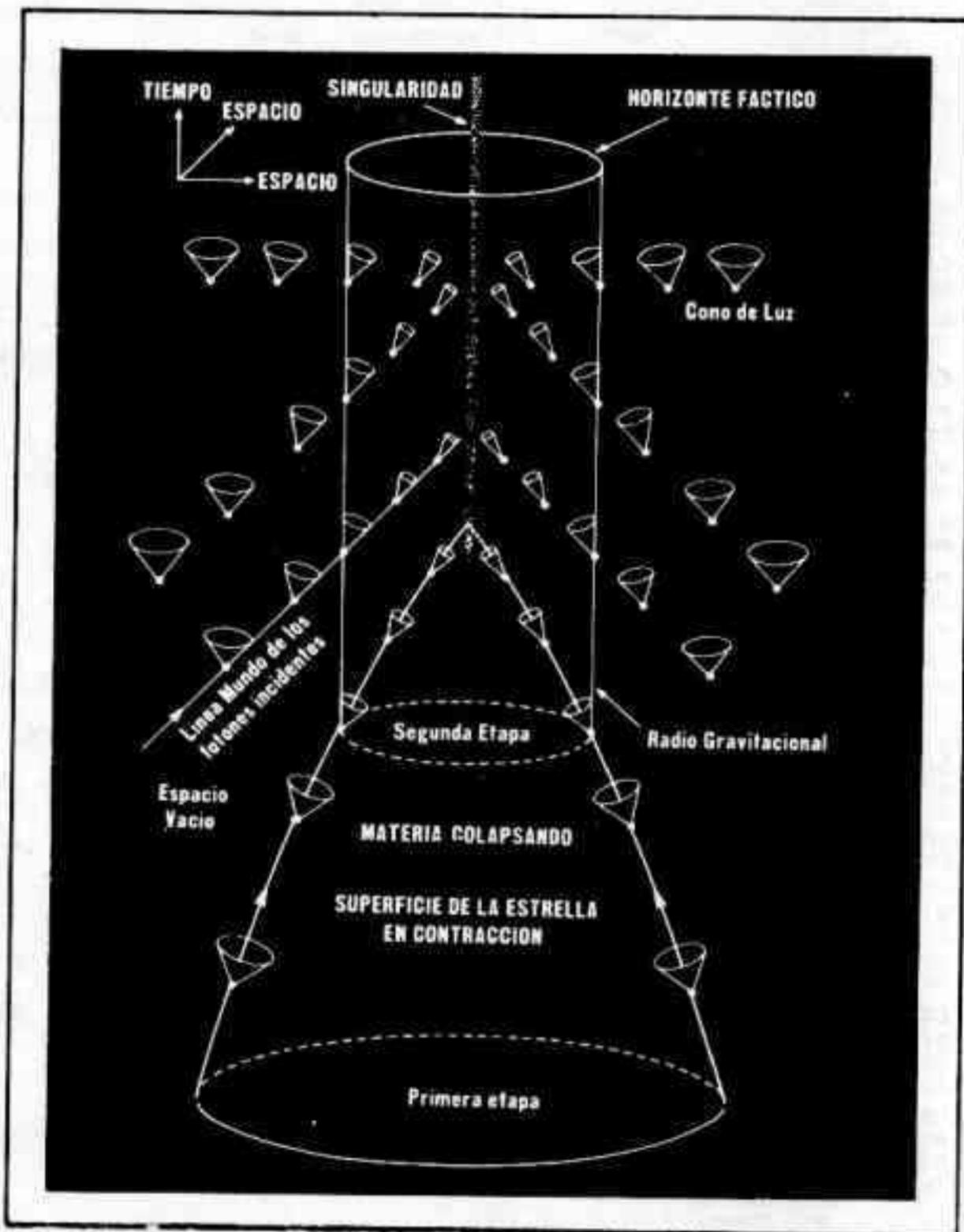
Los agujeros negros participarían en la naturaleza en procesos astrofísicos tan variados como las estrellas. Podrían aparecer como fuentes de rayos X en sistemas estelares binarios, en los núcleos de galaxias, en cúmulos globulares y en cuasares. P. J. Peebles de Princeton University ha estimado que nuestra galaxia podría contener del orden de 10^9 (mil millones) agujeros negros.

¿Son los agujeros negros una predicción exclusiva de la teoría de Einstein? En realidad ¡no! Por ejemplo, el rival más serio de la teoría de Einstein, la formulada por C. Brans, R. Dicke, y P. Jordán, conduce a una imagen idéntica de los agujeros negros.

Fue principalmente el descubrimiento de los cuasares y sus requerimientos aparentemente enormes de energía lo que generó el tremendo interés actual en astrofísica relativista (las aplicaciones de la teoría de Einstein a problemas astrofísicos en los que los campos gravitatorios se tornan muy importantes). Así, el año 1965 marcó el comienzo de la era de intensas investigaciones teóricas acerca de la física de los agujeros negros. Más de 290 artículos de este tema fueron publicados durante 1970-74, muchos de ellos extremadamente técnicos. La idea del presente artículo es detallar ciertas ideas actuales acerca de los agujeros negros desde un punto de vista más bien físico que matemático.

FIG. 1. El autor describe un colapso gravitacional con simetría esférica en un diagrama espacio-tiempo en el que el tiempo se representa verticalmente, y dos de las tres dimensiones espaciales en forma horizontal. EL primer estado crítico del colapso ocurre cuando la estrella alcanza una vez y media el radio gravitacional ($3GM/c^2$). El segundo estado ($2GM/c^2$) determina el horizonte de sucesos. En un colapso esférico, la materia en la estrella finalmente alcanza la singularidad, donde es comprimida a volumen nulo y densidad infinita.

Aquí se indica la propagación de señales luminosas de varios puntos mediante conos. Nótese que la luz de puntos próximos a la singularidad es desplazada hacia ella en mayor medida que la luz proveniente de puntos más alejados. La curvatura del espacio-tiempo en el radio gravitacional no es infinita, tal como se discute en el texto.



Estrellas y Agujeros Negros

¿Qué es un agujero negro? Es una región del espacio dentro de la que

una estrella (o un conjunto de estrellas u otros cuerpos) ha colap-

sado y de la que no puede escapar ni la luz, ni la materia, ni señal de nin-

REVISTA ASTRONOMICA

gún tipo. Para el físico y el matemático, un agujero negro es un objeto maravillosamente simple. La materia que colapsa para formar el agujero simplemente desaparece, de modo que el físico que analiza un agujero negro no necesita enfrentarse con las complejidades de la materia, con sus estructuras moleculares, atómica y nuclear.

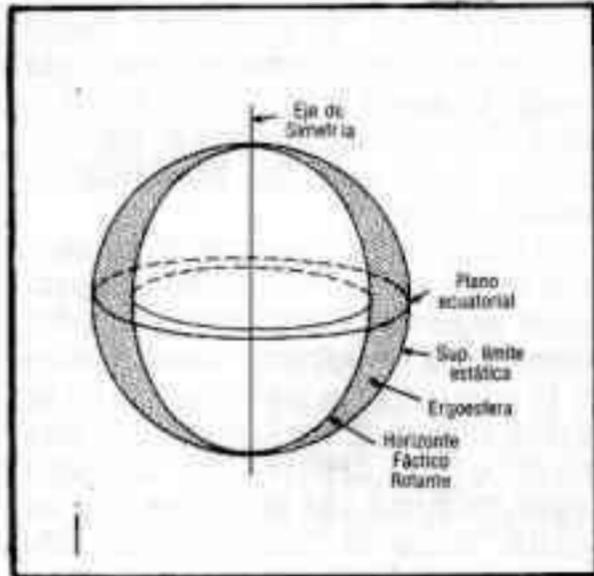


FIG. 2. La región del espacio-tiempo llamada ergoesfera (grisada) yace entre el horizonte de sucesos y el límite estático de un agujero negro rotante de Kerr. Las dos superficies están separadas en todo punto excepto en los polos. El autor ha adaptado este diagrama de *The Large Scale Structure of Space-Time*, por S. W. Hawking y G. F. R. Ellis.

A menudo se suele preguntar cómo puede un astrónomo buscar los agujeros negros, dado que no pueden ser vistos. La respuesta es que los intentos para descubrir agujeros negros deben basarse sobre la influencia que sus campos gravitatorios ejercen sobre la materia cercana, o sobre la influencia de un agujero negro en la propagación de radiación en su vecindad.

Es bien sabido de las investigaciones teóricas sobre estructuras estelares, que una estrella, al llegar al final de su existencia termonuclear, no puede mantener un equilibrio como una enana blanca si su masa es mayor que el límite de Chandrasekhar de alrededor de 1,2 masas solares. Similarmente, no puede contraerse a una estrella neutrálica si su masa excede 3,2 masas solares, habiendo calculado este límite R. Ruffini de Princeton y colaboradores; J.R. Oppenheimer y G. Volkoff lo habían calculado originalmente como 0,7 soles. (Ver "Sky and Telescope", enero 1971, pag. 19 para una discusión más completa).

¿Cuál es el destino de una estrella

al llegar al final de su evolución termonuclear si su masa excede el límite de Chandrasekhar? La presión interior no puede soportarla, y ella colapsa. Una posibilidad es que durante el colapso la estrella resulte tan recalentada que explote como una supernova. Después de la explosión, puede quedar una estrella neutrálica, como ocurrió en el caso de Messier 1, la nebulosa del Cangrejo en Taurus. La otra posibilidad, con la que trata principalmente este artículo, es un colapso gravitatorio total hacia la formación de un agujero negro.

Una vez que una estrella comienza a colapsar, el proceso puede detenerse o continuar completamente dependiendo de si la estrella alcanza un tamaño crítico, llamado el radio gravitatorio. El radio crítico de un agujero negro no-rotatorio, llamado de Schwarzschild, puede calcularse multiplicando su masa M por el doble de la constante universal gravitatoria G , y dividiendo el resultado por el cuadrado de c , la velocidad de la luz en el vacío. Este radio $2GM/c^2$, está dado en centímetros si M está en gramos; los valores numéricos de G y c son $6,67 \times 10^{-8}$ y $2,998 \times 10^{10}$, respectivamente.

Cuando una estrella se ha hecho menor que este radio, la gravedad domina completamente todas las otras fuerzas, y se transformaría en el agente para comprimirla hasta virtualmente hacerla desaparecer. Este radio determina la ubicación de la superficie del agujero negro —el horizonte fático. Sólo la región sobre y más afuera de esta superficie es relevante para un observador exterior; los sucesos interiores a este horizonte no pueden influir jamás el mundo exterior.

Calculemos algunos valores típicos para el radio de Schwarzschild $2GM/c^2$. El Sol tendría que colapsar a un radio de 2,95 kilómetros para formar un agujero negro. (La gente de la Tierra no debe tener aprehensiones inmediatas, ya que el Sol requerirá unos 5×10^9 años para transformarse en una gigante roja y luego en una enana blanca). Para una estrella neutrálica de 9,3 km de radio, el radio de Schwarzschild es de 4,5 km, mientras que para una con la misma masa que la Tierra es solamente de 0.89 centímetros!

Luego, un agujero negro está caracterizado por una superficie esférica, cuyo radio es proporcional a su masa. La propiedad que define esta superficie, el horizonte de sucesos, es que las señales emitidas desde adentro de ella nunca pueden escapar, mientras que las emitidas desde cualquier punto exterior a la misma sí pueden hacerlo.

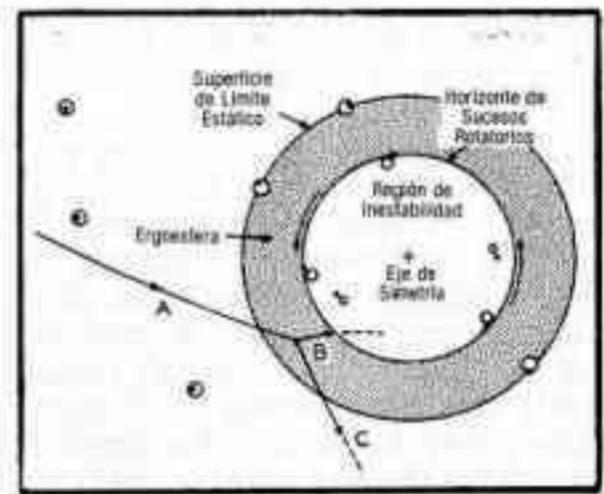


FIG. 3. El proceso de extracción de energía de Penrose de la ergoesfera de un agujero negro. La partícula A, arribando desde el infinito, puede dividirse en dos de tal manera que la componente B caiga en el agujero mientras C escapa nuevamente hacia el infinito, llevando más masa-energía que la partícula A. Luego, C extrae algo de la energía rotacional del agujero.

La singularidad en el espacio-tiempo

La teoría general de la relatividad nos indica que la materia y la energía causan una curvatura en el espacio-tiempo (en el que se requieren tres coordenadas espaciales y una temporal para definir un evento, dado que estamos tratando con cuatro dimensiones). La deflexión de la luz de una estrella que pase cerca del borde del Sol, tal como puede ser medido en un eclipse total de Sol, es una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo.

Ahora bien, la curvatura del espacio-tiempo en el radio gravitatorio de un agujero negro no es infinita, como podría suponerse. Empero, puede demostrarse que la curvatura crece sin límites a medida que nos acercamos al centro de un agujero negro. Esto significa que la materia contenida en el cuerpo original sería comprimida a una densidad infinita en el centro. En relatividad, solemos decir que en el centro de un agujero negro se encuentra una singularidad —una región del espacio-tiempo— donde las teorías físicas se destruyen (ver Fig. 1). En este caso, fuerzas gravitacionales de marea infinitamente intensas deforman y comprimen la materia más allá de su existencia. Hay una importante diferencia, que discutiremos más adelante, entre la singularidad encontrada en un colapso con simetría esférica y aquella que podría encontrarse en un colapso sin simetría esférica.

Consideremos la situación de un astrofísico parado sobre la superficie de una estrella que colapsa libre-

mente hacia la singularidad central. En la "primera etapa" su cuerpo resistirá exitosamente las fuerzas gravitatorias. Luego, simultáneamente con un estiramiento de la cabeza a los pies, él será empujado por el campo gravitatorio hacia una región cuya superficie se encuentra en permanente decrecimiento. A medida que el colapso continúa, él finalmente será comprimido a volumen nulo y una longitud infinitamente extendida. De esta manera, para el pobre astrofísico, la gravedad —la más débil de las cuatro fuerzas conocidas a nivel atómico y nuclear— será el agente para comprimirlo fuera de su existencia.

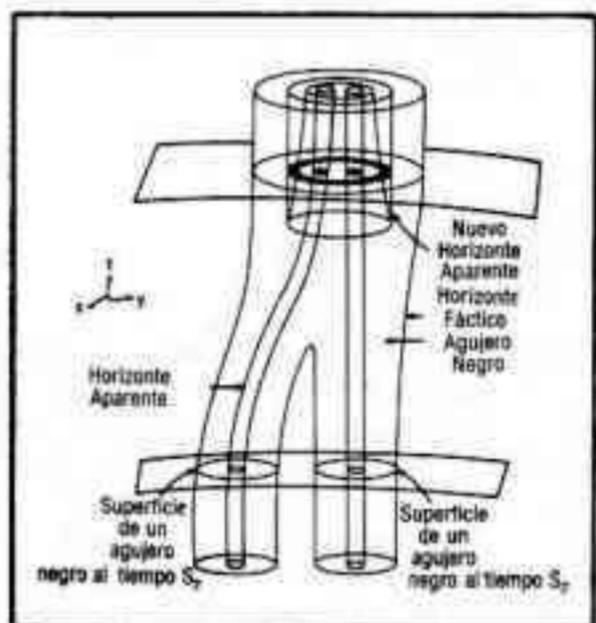


FIG. 4. Este diagrama, basado sobre uno de Hawking y Ellis, describe la colisión y fusión de dos agujeros negros; las coordenadas son similares a las de la figura 1. El agujero negro final, en la parte superior, tiene un horizonte de sucesos de un área superficial estrictamente superior que la suma de las áreas de los horizontes iniciales. Durante la colisión, tiene lugar una fuerte emisión de ondas gravitacionales, cuya energía total es una fracción significativa de la masa-energía en reposo de los dos agujeros negros originales.

Características de los Agujeros Negros

Los agujeros negros pueden estar rotando o no. La geometría de Schwarzschild describe el campo gravitatorio externo de un agujero negro irrotacional y sin carga eléctrica neta, mientras que el así llamado sistema de Kerr-Newman describe aquellos que estén posiblemente cargados electromagnéticamente, y rotando. En la naturaleza, es de suponer que los agujeros negros roten, en efecto.

Es razonable suponer que una estrella que colapsa para formar un agujero negro eventualmente

concluya en un estado final. Debido a un trabajo realmente notable de W. Israel de la University of Alberta y S. W. Hawking y B. Carter de Cambridge University, se ha demostrado que un agujero negro queda unívocamente caracterizado por su masa M , su carga Q , y un parámetro S relacionado con el momento angular (el que describe cuán rápido rota). Cuando se forma originalmente un agujero negro, su horizonte puede tener una forma grotesca y puede estar vibrando rápidamente. Empero, en una fracción de segundo el horizonte adoptará una forma única y suave. Si el agujero rota, el horizonte de sucesos estará achatado en los polos, del mismo modo que la rotación achata ligeramente a la Tierra.

Dado que un agujero negro tiene un horizonte de sucesos, uno puede hablar del área de su superficie. En el caso de un agujero irrotacional, esta área A , es de $4(2GM/c^2)^2$, una expresión análoga a la familiar $4\pi r^2$ para la superficie de una esfera de radio r . Aceptemos que el área superficial de un agujero negro rotante está dada por $A = 4(2GM/c^2)^2$, donde M es la "masa irreductible" del agujero.

En principio los agujeros negros pueden colisionar y unirse, pero Hawking ha demostrado matemáticamente que nunca pueden separarse y demostró, también, que el área superficial de cualquier agujero negro nunca puede disminuir con el tiempo.

Si bien la radiación no puede escapar de un agujero negro, es teóricamente posible extraer energía de él, mediante un proceso al que se le ha dado el nombre de Roger Penrose, del Birbeck College, London. Antes de describir el proceso Penrose, debemos ver que significan el "límite estático" y la "ergoesfera" de un agujero negro.

Para el primero, recordemos que el campo gravitatorio de una estrella causa un corrimiento al rojo de su luz. La magnitud de este corrimiento (el cambio fraccional en longitud de onda) en la superficie de una estrella irrotacional está dada por

$$(1-2GM/c^2r)^{0.5}-1,$$

donde r es el radio de la estrella. Si la estrella se contrae hasta que $r=2GM/c^2$, vemos que el término entre paréntesis se hace cero. Al dividir por este término entonces obtenemos un corrimiento al rojo infinito. Si bien el corrimiento se hace infinito, la densidad es finita en el radio de Schwarzschild.

En el caso de un agujero negro de Schwarzschild irrotacional, el hori-

zonte de sucesos y el límite estático coinciden. Empero, una partícula que entre dentro del límite estático de un agujero negro rotatorio de Kerr debe viajar a la velocidad de la luz a los efectos "de permanecer en el mismo sitio", desde el punto de vista de un observador distante y, por lo tanto, tiene un corrimiento al rojo infinito antes de entrar al horizonte de sucesos. La ergoesfera es el nombre de la región del espacio-tiempo entre el horizonte de sucesos (contorno de la superficie desde dentro de la cual ninguna partícula puede escapar) y el límite estático (superficie de corrimiento al rojo infinito, de la cual las partículas sí pueden escapar).

El horizonte de sucesos de un agujero negro de Kerr rota. Si una partícula es enviada por un observador distante en el infinito hasta dentro de la ergoesfera, es posible que ella se divida en dos de tal manera que una parte caiga dentro del agujero negro, mientras que la otra escapa de vuelta hacia el infinito con más masa-energía que la partícula original. Se utiliza el término masa-energía porque en el contexto de la relatividad, la masa tiene una energía efectiva asociada con ella, relacionada por la famosa ecuación $E=mc^2$, donde E es energía y m es masa.

¿Se conservan la energía y la cantidad de movimiento de las partículas? Gracias al principio básico de equivalencia de Einstein, es siempre posible elegir un sistema local de coordenadas en el que valgan las leyes de la relatividad especial y, por lo tanto, podemos usar la conservación de la energía y el impulso para una tal partícula en el proceso de Penrose. La totalidad de las cuatro componentes espacio temporales del impulso (cuadri-impulso) de la partícula incidente justo antes de su división, es igual a la suma de los cuadrimomentos de las dos partículas individuales inmediatamente después.

Empero, J.H. Bardeen (University of Washington) y W.H. Press y S.A. Teukolsky (ambos del California Institute of Technology) demostraron en 1972 que el proceso de extracción de energía de Penrose no puede ser empleado eficientemente en una fractura realista de cuerpos astronómicos.

Otro mecanismo mediante el cual se puede extraer energía de un agujero negro es la colisión de dos agujeros negros, tal como ya fuera mencionado (Fig. 4). Esto tendría como consecuencia una copiosa emisión de ondas gravitacionales, cuya energía total sería una fracción significativa de la energía correspondiente a

la masa en reposo de los agujeros. En el caso de un agujero negro de Kerr, la extracción de energía puede continuar hasta que toda la carga y todo el momento angular hayan sido eliminados, y la masa se habrá reducido hasta un valor final irreductible M_0 . Una vez que se alcanza este estado, no puede extraerse más masa-energía del agujero esencialmente "muerto" (es decir, se habrá convertido en un agujero negro de Schwarzschild irrotacional).

Podemos imaginar a la masa-energía total de un agujero negro como compuesta de una masa irreductible, una masa-energía electromagnética, y una energía rotacional.

Colapso Estelar

Consideremos ahora el aspecto óptico de una estrella que está colapsando a través de su radio gravitacional para formar un agujero negro de Schwarzschild. En 1968, W.L. Ames y Kip S. Thorne del California Institute of Technology realizaron un análisis matemático de este problema.

Tal como es apreciado por un observador distante, el corrimiento al rojo de la luz de la estrella se hace infinito a medida que la estrella se aproxima al radio de Schwarzschild. En la primera fase del colapso, el corrimiento al rojo es relativamente pequeño, pero luego crece muy rápidamente y la estrella desaparece a la vista. Si bien para un observador moviéndose con la estrella el colapso hasta $r=2GM/c^2$ toma un tiempo finito, para un observador distante el colapso hasta el radio gravitatorio parece requerir una cantidad infinita de tiempo coordinado (tiempo propio del observador). De ahí el nombre de "estrella congelada" con que a veces se denominaba al agujero negro con anterioridad a 1970.

En otras palabras, no importa cuanto tiempo aguarde un observador exterior, el puede en principio ver aún la superficie de la estrella tal como era justo antes de sumergirse a través del radio de Schwarzschild. En realidad, él pronto no verá nada, ya que la intensidad de la luz decrece enseguida de modo excepcionalmente rápido.

En las últimas etapas del colapso, la estrella parecerá estar compuesta de anillos concéntricos, cada cual con un corrimiento al rojo definido. Un análisis de las órbitas de los fotones alrededor de un agujero negro de tipo Schwarzschild o Kerr, muestra que un fotón puede orbitar

alrededor del agujero un número cualquiera de veces, dependiendo de una cantidad llamada **parámetro de impacto**. En el caso de fotones, éste está definido como el límite de la relación del momento angular al momento lineal, a medida que la masa en reposo tiende a cero. Es entonces posible para un observador exterior, ver un objeto "escondido detrás" del agujero negro.

Para una estrella de 10 masas solares en un proceso de colapso, se requerirían solamente 0,0005 segundos para que el radio visible se contrajera de 135 a 80 km., valor éste que corresponde a la nube de fo-

agujero negro irrotacional. Hasta que la estrella se haya contraído a 1,5 veces su radio gravitacional, todos los fotones emitidos desde su superficie eventualmente escaparán al espacio y pueden ser vistos por un observador exterior distante. A medida que el colapso progresa, los fotones que dejan la estrella con un cierto ángulo son desviados hacia órbitas cada vez más curvadas por el creciente campo gravitatorio de la estrella. Los fotones emitidos tangencialmente a la superficie de la estrella en la primera etapa crítica son capturados en una nube esférica de la que lentamente fugarán para

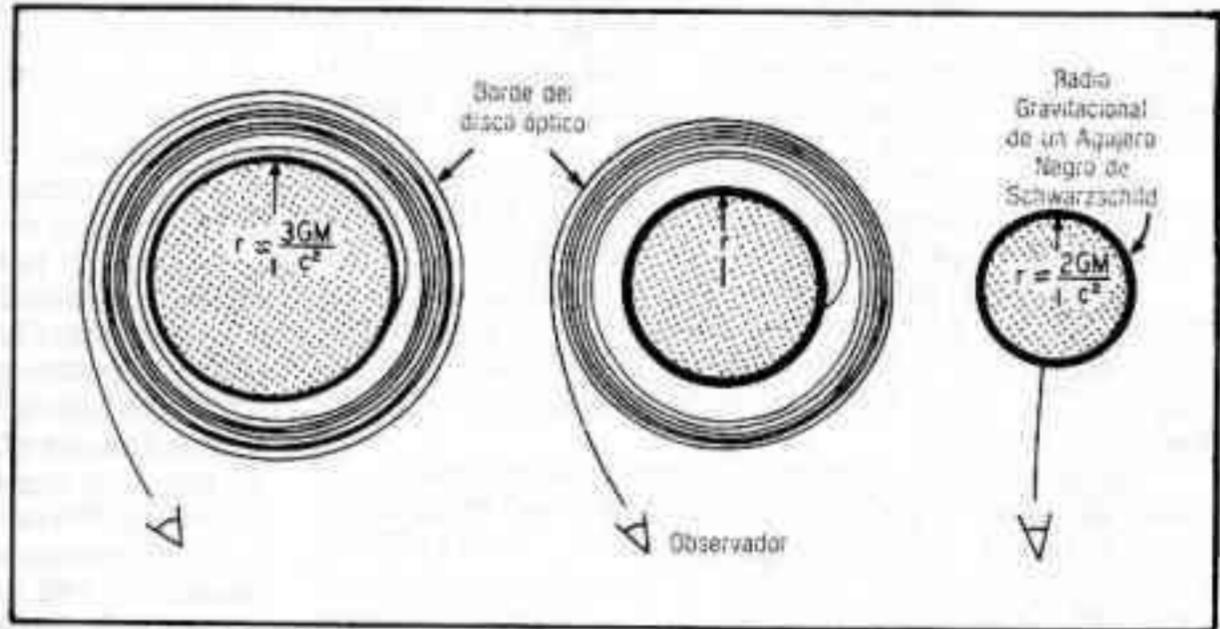


FIG. 5. En un colapso con simetría esférica de una estrella para formar un agujero negro de Schwarzschild, hay dos estados críticos relativos a las órbitas de los fotones. Hasta que la estrella se contrae a $r = 3GM/c^2$, todos los fotones emitidos desde la superficie eventualmente escapan al espacio y pueden ser vistos por un observador distante. Esta es la primera etapa crítica, la segunda ocurre en el radio gravitatorio, del cual los fotones no pueden escapar.

tones creada en la primera etapa crítica (1,5 veces el radio gravitacional), y en el que parecerá detenerse para siempre. En cada intervalo sucesivo de 0,0005 segundos, si bien la estrella parecerá permanecer con un radio fijo, se oscurecerá en aproximadamente dos magnitudes.

Dado que cada anillo tiene su propio corrimiento al rojo, el observador distante verá una diferencia cualitativa entre los fotones asociados con la primera y la segunda etapa crítica. A medida que los fotones almacenados en la nube en el radio gravitatorio se fugan gradualmente, el disco de la estrella se hace no sólo más tenue, sino también más rojo. Esto es porque los fotones que se fugan más tarde han perdido más energía para escapar del freno gravitacional que aquellos que fugaron antes.

Podemos entonces resumir el colapso de una estrella a través de su radio gravitatorio para formar un

siempre. En las últimas etapas del colapso, el disco de la estrella presenta un contorno azul brillante y un centro rojo oscuro. Con el transcurrir del tiempo, la región central se oscurece rápidamente a medida que los fotones que fueron emitidos en la segunda etapa crítica se fugan gradualmente, pero el color y el brillo del contorno permanecen constantes, a medida que los fotones abandonan la nube de la primera etapa con energía constante.

Como otro ejemplo, imaginemos una esfera colapsante de 10^6 masas solares y un radio de 100 años luz. Esto dará un corrimiento al rojo de 10^3 durante los primeros 100.000 años del colapso, pero luego crecerá exponencialmente a infinito en un tiempo del orden de un minuto. Luego, después de un colapso muy lento, en un intervalo de un minuto la estrella desaparece de nuestra vista para formar un agujero negro.

(continuará)

La Astronomía en Grecia Antigua

por el Dr. Carlos A. Altavista
Observatorio Nacional Universidad de La Plata

Podemos afirmar que la Astronomía se originó en las necesidades humanas, ya sea para regular la vida con respecto a la variación del tiempo, o para satisfacer a sus sentimientos religiosos. En algunos aspectos, la Astronomía estuvo relacionada con la superstición por supuestas influencias de los cuerpos celestes en relación a los eventos humanos y la salud. La Astronomía antigua, desarrollada a veces en medio de errores y con comprensibles retrocesos (hecho común a otras ciencias) se decantó y creció gradualmente para cumplir con sus objetivos específicos.

La historia muestra ya desde los primeros tiempos, una serie de brillantes personalidades que fueron construyendo los aspectos básicos de esta ciencia.

En lo que atañe a la antigüedad, en Grecia su máximo esplendor, a lo largo de casi diez siglos, tuvo lugar, entre otros, con nombres famosos como Tales de Mileto, Anaximandro, Aristarco de Samos, Eratóstenes, Hiparco y Ptolomeo.

Se admite que el primer intento serio comenzó con Tales de Mileto, que vivió hacia el año 640 antes de la Era Cristiana). Tales sostenía que la Tierra era redonda y tuvo conocimiento que nuestro planeta se mueve en una órbita casi fija, la eclíptica, y por supuesto también tenía la noción de Ecuador Celeste. Según el historiador Herodoto, Tales predijo un eclipse que provocó la finalización de una guerra entre Medios y Lidios. Tanto Tales como Anaximandro pertenecen a la llamada Escuela Jónica. A Anaximandro se le atribuye el reconocimiento del Zodiaco y la invención del gnomon, dispositivo muy simple para la medición del tiempo y con el cual determinó en Lacedemonia, solsticios y equinoccios. Fue autor, además, de mapas geográficos.

Las primeras ideas del movimiento de la Tierra, tanto en rotación como la revolución alrededor del Sol, se atribuyen frecuentemente a Pitágoras. En realidad, las mismas provienen de Filolao y de otros filósofos de la Escuela Pitagórica, aunque en la época en que ellos vivieron, la escuela, como orden filosófico-religioso, estaba extinguida y dispersa. Pitágoras vivió hasta el 550 AC, unos cuarenta años después que Anaximandro. La mayor parte de las teorías de la escuela que él fundó, no fueron divulgadas por escrito y se han perdido. Filolao, que como hemos dicho perteneció a ella, nació en Tarento y vivió hacia el 450 AC. Residió en Tebas, en la Beocia. Su concepción del sistema solar era más bien de naturaleza mitológica, de acuerdo a las creencias de la época, y en realidad no se le puede atribuir el padrinazgo de la hipótesis heliocéntrica copernicana.

En lo que se refiere a Platón (429-347 AC) sus ideas son de tipo abstracto y de naturaleza místico-poética. Sus conclusiones sobre la Creación lo llevaron a concebir abstractamente tanto el movimiento rotatorio como el traslatorio, aunque esto no significa que creyera en la rotación de la Tierra y su revolución alrededor del Sol, sino algo así como alrededor de un gran Fuego Central, idea que pudo haber recogido en sus viajes a Sicilia. La concepción de equilibrio de la Creación lo llevó aparentemente a la conclusión de la esfericidad de la Tierra co-

mo la forma más perfecta. En la República y en el Timeo presenta un sistema solar similar al adoptado por la Escuela de Alejandría que fue mantenido por siglos.

Eudoxo de Cnido fue el inventor del sistema de esferas concéntricas una para cada planeta, con polos distintos y dotadas de movimiento uniforme. Estas esferas, solidarias a cada astro, superponían, según Eudoxo, sus movimientos uniformes de modo de reproducir los respectivos movimientos reales. Calippo, su sucesor, conoció este sistema en Atenas por enseñanza de Aristóteles y le introdujo algunas reformas, teniendo en cuenta ciertas anomalías observadas en el movimiento aparente del Sol descubiertas por Metón un siglo antes, anomalías evidentes por la desigualdad de los cuatro intervalos en los cuales está dividido el año por los equinoccios y los solsticios. Calippo llegó a dar la longitud de las estaciones con errores no superiores a medio día (en la centuria 430-330 AC). Agregó esferas al sistema de Eudoxo que tenían sus polos en las esferas primitivas, de tal modo que esas nuevas esferas estuvieran dotadas de movimiento uniforme y sentido opuesto. El movimiento de la Luna representado por Calippo era de extraordinaria precisión: 940 lunaciones con un total de 27.759 días permitió determinar la duración de una lunación con un exceso de diez segundos respecto a la real. El sistema de Eudoxo y Calippo hubo de ser modificado posteriormente debido a su contradicción con la variación de las distancias y la subsecuente variación de los brillos.

Debemos ahora mencionar a Heráclides de Ponto, nacido en Heraclea. Fue a Atenas para convertirse en uno de los discípulos más ilustres de Platón. Supuso la esfericidad de los cuerpos celestes, rodeados de una "atmósfera" y suspendidos en un éter infinito. Se supone que explicó el movimiento aparente diurno por efecto de la rotación terrestre de oeste a este. Admitía que el Sol era el centro de las órbitas de Mercurio y Venus. La Tierra ocupaba, según él, el centro de las revoluciones de los planetas superiores. Por primera vez, introdujo el concepto de traslación de un cuerpo alrededor de otro.

Con Aristarco de Samos, queremos mencionar a uno de los más destacados miembros de la llamada Escuela de Alejandría. Vivió en la primera mitad de la tercera centuria antes de Jesucristo, y es famoso como astrónomo y como matemático, especialmente en Geometría, según resulta del libro que escribió: "Sobre las magnitudes y distancias del Sol y la Luna". Realizó también observaciones astronómicas, entre ellas el solsticio que tuvo lugar el año 280 AC. Junto a Heráclides de Ponto, está acreditado por haber sido los primeros en afirmar el movimiento diurno de la Tierra alrededor del eje del Ecuador. Propuso un sistema heliocéntrico, con el Sol inmóvil y la Tierra moviéndose en el Zodiaco en un círculo oblicuo, y explicó las estaciones como una consecuencia de la inclinación del eje de rotación terrestre respecto a ese círculo. Comprendió que el Sol debía ser mucho mayor que la Tierra y calculó su diámetro en siete veces el de la Tierra, o sea 300 veces su volumen. Fue en esas circunstancias cuando pensó que

la Tierra se movía alrededor del sol.

También perteneció a la Escuela de Alejandria Eratóstenes, quien mediante un procedimiento astronómico determinó el tamaño de la Tierra con bastante exactitud.

Hiparco es el más grande de los astrónomos de la antigüedad. Nació alrededor del año 180 AC en la región de Bithynia y vivió en Rodas donde fundó un observatorio, y en Alejandria donde realizó muchas observaciones. Los trabajos de Hiparco no han llegado a nosotros directamente, sino por intermedio de Ptolomeo, gran admirador suyo, que vivió tres siglos después. Entre las notables contribuciones de Hiparco a la Astronomía, podemos mencionar sus comparaciones sistemáticas y críticas de las antiguas observaciones. Determinó la longitud de las estaciones y obtuvo la denominada "Ecuación del Centro", es decir, la diferencia en longitud entre el movimiento del Sol verdadero y el de un Sol ficticio que se moviera con movimiento uniforme. Así Hiparco pudo construir una tabla mediante la cual daba la posición del Sol para todos los días del año. También mejoró, dentro del marco de las ideas de su tiempo, el estudio del movimiento de la Luna. Primeramente reconoció la importancia de determinar el período en el cual la Luna retorna a la misma posición según fueran considerados el astro o el punto de referencia. El período de revolución respecto al Sol le permitió definir el mes sinódico; el período de revolución respecto a las estrellas, el mes sideral; el período de revolución respecto a los nodos, el mes draconítico; y el período de revolución respecto al perigeo, el mes anomalítico. Adoptó el denominado período caldeo y aprovechó observaciones más antiguas de eclipses. Reconoció que el plano de la órbita de la Luna está inclinado unos 5 grados respecto al plano de la órbita de la Tierra. La órbita lunar de Hiparco retrogradaba de modo que la intersección con la excéntrica solar completaba una revolución en 19 años. Siguiendo el método de los eclipses de Aristarco determinó la distancia de la Luna. Observó el diámetro angular de la sombra de la Tierra proyectada en la Luna durante el eclipse y lo comparó con los diámetros angulares conocidos de la Luna y el Sol. Dedujo así una relación entre las dos distancias de modo que, conocida una, podía obtener la otra.

Determinó de ese modo que nuestro satélite dista de nuestro planeta unos 59 radios terrestres y de allí dedujo que el Sol está a 1200 radios terrestres de la Tierra. Esta segunda estimación es 20 veces menor que la correcta. Aparentemente, debe atribuírsele el moderno sistema de magnitudes de las estrellas al compilar un catálogo de algo más de mil estrellas clasificadas en magnitudes desde la primera a la sexta. Comparando las posiciones de estas estrellas con las dadas por Aristylo, alrededor de una centuria y media antes, Hiparco descubrió que sus distancias a los puntos equinocciales habían cambiado. Este cambio consistía en un aumento general de la longitud de las estrellas medido de oeste a este, lo que Hiparco interpretó correctamente como un desplazamiento de los puntos equinocciales, donde se originan las longitudes.

Ello significaba que uno de los círculos máximos sobre los cuales permanecen esos puntos se había desplazado. Hiparco llegó a la conclusión que la oblicuidad de la eclíptica (recordemos que la eclíptica es la órbita aparente del Sol) y las latitudes de las estrellas no habían variado, pero que el Ecuador se había movido ligeramente de este a oeste. Descubrió así la precesión de los equinoccios. Ello lo llevó a definir el año trópico y el año sidéreo, cuyas longitudes determinó con gran precisión. Mejoró también la técnica de predicción de los eclipses al determinar con mayor exactitud el período denominado Saros, ya conocido por los Caldeos. Así

logró conocer con un error de una o dos horas el instante de un eclipse lunar. Menos éxito tuvo con los eclipses solares, pues en éstos se hace necesario conocer muy exactamente la franja recorrida por la sombra lunar. En los años siguientes a Hiparco el progreso fue muy pobre, aunque debemos destacar el hecho trascendente de la reforma del Calendario en época del emperador Julio César, tarea que estuvo a cargo del astrónomo Sosígenes. Este calendario es el inmediato antecesor del que rige actualmente en occidente. La Iglesia Ortodoxa aún usa el Calendario Juliano, que se halla atrasado trece días respecto al nuestro.

En esta breve reseña debemos finalmente referirnos forzosamente a otro gran astrónomo griego, Ptolomeo, quien residió en Alejandria. Vivió entre los años 100 y 200 después de Jesucristo y sabemos de él únicamente que escribió el "Almagesto", que fue el texto fundamental hasta la Edad Media y que constituye la fuente de nuestro conocimiento de la Astronomía Griega Antigua. Usó métodos geométricos que mejoraron considerablemente las ideas desarrolladas hasta ese entonces y que tuvieron rápida difusión. En el año 827 fue traducido al árabe por orden del Califa Al-Mamun, y al latín fue llevado desde el árabe por orden del emperador Federico II de Nápoles en 1230. El texto griego con traducción francesa fue publicado en París en 1813.

El "Almagesto" está dividido en trece libros. En su prefacio Ptolomeo explica la gran importancia de la Astronomía, destaca su valor abstracto y sus aplicaciones a la vida humana. Los primeros dos libros contienen definiciones y teoremas elementales. Demuestra que la Tierra es redonda y que la gravedad está dirigida en todas partes hacia su centro. Describe la posición de la eclíptica y las regiones habitadas de la Tierra. Da luego dos métodos para determinar la oblicuidad de la eclíptica mediante procedimientos instrumentales; encuentra la manera de definir la altura del polo en un lugar determinado y calcula la longitud del día para varios lugares, según se entiende para las diferentes épocas del año. En el libro tercero estudia las irregularidades del movimiento solar en base a las observaciones que hiciera Hiparco y a las propias. Las explica en términos de la teoría de las excéntricas que ya fuera conocida por sus antecesores en Grecia. En el cuarto libro se expone la teoría del movimiento lunar y muestra el importante descubrimiento de una irregularidad de este movimiento, conocida con el nombre de evección. En este sentido, completó el trabajo de Hiparco pues, en términos modernos, su hallazgo consistió en demostrar que la excentricidad de la Luna está afectada de una variación anual. El quinto libro comienza con una descripción del astrolabio, instrumento cuyo fundamento es la combinación de círculos graduados y que fuera ya conocido y usado por Hiparco para obtener la paralaje de nuestro satélite. Determinó la paralaje de nuestro satélite por un método usado hasta en tiempos modernos. El séptimo y octavo libro contienen un catálogo de 1022 estrellas que parece idéntico al de Hiparco. El octavo trae también una descripción de la Vía Láctea y un método para construir globos celestes. El resto del "Almagesto" contiene la contribución más importante de Ptolomeo a la Astronomía y está dedicado a los planetas. Afirma que éstos se encuentran mucho más cerca de la Tierra que las estrellas y utiliza una teoría perfeccionada para describir sus movimientos. Mediante los procedimientos teóricos que aprovechó, pudo representar muy adecuadamente las observaciones de su época.

Con Ptolomeo se cierra el gran capítulo de la Astronomía Griega Antigua. Sería necesario llegar al Renacimiento para que la Humanidad pudiera introducir cambios fundamentales en su concepción del Sistema Solar tal cual hoy se conoce.

Urania e Informática

Por el Dr. Hugo Marraco

Basado en la conferencia dictada en nuestra Asociación el 19/4/81. La presente versión, suministrada por la S.C. de Cursos y Conferencias, ha sido corregida por el autor.

Quizá llame la atención el título. Todos sabemos que en la mitología griega Urania era la musa que patrocinaba la Astronomía (y la Geometría); en cuanto a Informática, es el nombre con el cual actualmente abarcamos la computación, el manejo de datos, la cibernética y otras disciplinas conexas. Nada nos impide elevar a Informáti-

ca al rango de Musa, y así como a Urania se la representaba con un compás y una esfera celeste en sus manos, el atributo apropiado para Informática sería un ábaco, el más antiguo instrumento de computación. Urania e Informática están cada vez más relacionadas, y a los aspectos de esta asociación nos referiremos en lo que sigue.

QUE ES UNA COMPUTADORA:

Para empezar, haremos una breve introducción sobre qué es en realidad una computadora, ya que es común que la gente crea que es una máquina con iniciativa propia, algo así como un supercerebro al cual científicos se dirigen para preguntarle toda clase de cosas. Nada más alejado de la realidad.

Imaginemos el caso de un astrónomo efectuando observaciones que va anotando en planillas. Posteriormente deberá tomar esas cifras y con ayuda de una máquina de calcular o una tabla de logaritmos, como era clásico, procederá a efectuar una serie de cálculos y cómputos con el fin de reducir esos valores pasándolos luego a otro juego de planillas que colocará en una carpeta, la cual será archivada durante un lapso relativamente largo, mucho mayor que el que insumieron los cálculos o aquél durante el cual se guardaron las planillas originales, las que salvo que se piense revisarlas luego son normalmente destruidas.

Pero todo este trabajo de manejo de datos puede hacerse también a través de una computadora; aquí, el empleado que hace las reducciones es reemplazado por la unidad central de cómputo de la computadora, que es la unidad capacitada para tomar la información de un lado, efectuar los necesarios cálculos con ella, y ponerla en otro.

Pero además una computadora contiene los llamados "registros de cálculo", donde se almacena transitoriamente a los números, y además las unidades de me-

moria, que pueden ser de dos tipos: transitorias, o sea que se borran al apagar la máquina, y que están contenidas en ella, y las permanentes, tales como las de cinta o disco magnético. Los registros de cálculo equivalen al block de papel donde el empleado hacía sus cálculos, y la memoria magnética a las planillas definitivas; la unidad central de cómputo sería el equivalente de la mente del empleado.

Es decir que una computadora es simplemente un artefacto electrónico que permite realizar una serie de operaciones que normalmente exigirían unos cuantos empleados. Hasta aquí no parece nada extraordinario, pero ya veremos donde están las ventajas.

Por lo pronto, la computadora equivale a un empleado absolutamente disciplinado, que se dedica exclusivamente a lo que se le ha ordenado; ello no siempre es una virtud, ya que su incapacidad para pensar por sí misma hace que no pueda "darse cuenta" si las instrucciones que se la han dado son erróneas, o si faltan datos, hasta el preciso momento en que le sea imposible proseguir. Precisamente ésta es la manera de actuar de una computadora: lo hace en forma totalmente irracional. Para que una computadora tome una decisión, es necesario que la persona que le dio las instrucciones lo haya previsto específicamente. O sea que una computadora es algo así como un ejército de empleados muy eficientes pero de poco seso, que siguen ciegamente las instrucciones pero no tienen idea de lo que están haciendo.

LAS COMPUTADORAS ACTUALES

La tendencia actual es hacer máquinas cada vez más poderosas en un sentido: tener mayor capacidad para mantener en memoria cada vez más datos, es decir, en lugar de contener el equivalente de una planilla, ser capaz de incluir algo así como todo un fichero ubicado en el interior de la máquina, pudiendo acceder a cualquiera de los datos allí almacenados en forma prácticamente instantánea. Las memorias internas de las computadoras son cada vez de menor volumen pero capaces de almacenar más datos.

Actualmente hay una proliferación de las hermanitas menores de las computadoras que son las calculadoras programables de bolsillo, que por su capacidad equivalen a lo que hace cinco o diez años ocupaba todo un mueble, y naturalmente lo que ahora ocupa todo un mueble equivale a lo que entonces exigía un gran salón.

Todo ello es debido a lo que se llama Integración en Gran Escala (LSI), que coloca en un pequeño circuito integrado que se parece a una cucarachita con muchas patitas, el equivalente de miles de transistores, resistencias y capacitores.

Pero no se logra simplemente un ahorro de espacio, sino también un aumento en la velocidad de operación; y lo que es más importante, debido a las técnicas utilizadas, su fabricación es muy automatizada y sus costos se hacen ridículamente bajos, y día a día continúan reduciéndose. Los nuevos desarrollos que van apareciendo, a pesar de presentar notorias mejoras sobre los que les precedieron, valen más o menos como ellos, y en seguida comienzan a reducir su precio, debido a la intensa competencia del mercado.

El escalón que sigue a las calculadoras de bolsillo está ocupado por las llamadas Microcomputadoras, que deben su nombre a que la unidad central de cómputo es lo que se conoce como Microprocesador, contenido en un único circuito integrado; sólo es necesario agregarle algunos circuitos integrados de memoria y otros pocos elementos para tener una computadora más o menos razonable. Los microprocesadores son también usados cada vez más para proveer cierto grado de "inteligencia" a máquinas, procesos industriales y hasta juguetes.

Lo sorprendente es el precio: un microprocesador

cuesta de 10 a 30 dólares, y las memorias 10 a 20 dólares cada una, de manera que cuando uno compra un microcomputador, lo que menos vale es la parte activa que contiene; de hecho, una microcomputadora cuesta de 300 a 2.000 dólares (sin las unidades periféricas), cifra mucho más pequeña que las que se manejaban hace apenas cinco o diez años, cuando se hablaba de una computadora, y con una capacidad de cálculo equivalente a la de una computadora grande del principio de la década del 60.

El escalón siguiente está ocupado por las Minicomputadoras. Las funciones que en una microcomputadora estaban incluidas en un único circuito integrado están

aquí repartidas entre varios, de manera que la máquina ya no cabe en un circuito impreso único sino que exige el montaje en varios, resultando una máquina tres a cinco veces mayor en tamaño, y con un costo de 10.000 a 100.000 dólares (se entiende que sin las unidades periféricas). Naturalmente que este aumento de costo y tamaño no es sino la contrapartida de las ventajas que se obtienen, que son un aumento de los recursos y de la velocidad de operación.

Finalmente, el escalón siguiente está ocupado por las computadoras propiamente dichas. De mayor tamaño, sus posibilidades son enormes y sólo limitadas por la capacidad económica del adquirente.

LAS COMPUTADORAS EN AUXILIO DE LA ASTRONOMIA TEORICA:

Una actividad muy común es la de efectuar ensayos numéricos de modelos teóricos de lo que ocurre en el interior de una estrella, en el espacio interestelar o en sistemas de galaxias, para luego confrontarlos con las observaciones y así determinar su validez.

En el estudio del interior de una estrella se calcula cuáles son las condiciones físicas allí reinantes, de manera de obtener una serie de valores de presión, temperatura, densidad, distribución de la generación de energía, etc. Ya en el año 1959 se realizaban modelos estáticos, y en un libro muy conocido de esta especialidad de Martín Schwarzschild se da una serie de "recetas" para hacer los cálculos, que por supuesto en aquella época había que efectuar prácticamente a mano, con el auxilio de tablas de logaritmos, de funciones trigonométricas, etc. y una calculadora mecánica. En un pasaje del libro se citan las técnicas para ahorrar tiempo en la engorrosa tarea de integrar las ecuaciones diferenciales que aparecen a lo largo del cálculo iterativo necesario, que parte de las condi-

ciones en la superficie de la estrella, únicas conocidas, y va capa por capa hasta llegar al centro; según se expresa, tres personas pueden realizar un conjunto de modelos (del cual luego hay que elegir el correcto) en alrededor de una semana de intenso trabajo.

En La Plata hemos verificado que actualmente, con una calculadora programable de bolsillo, una sola persona puede hallar el conjunto de modelos en dos días, que incluyen el tiempo necesario para la previa programación de la máquina. Con una microcomputadora, se tarda una hora y media, y con una minicomputadora, menos de diez minutos; buscar mayores velocidades ya no tiene sentido, salvo que se quisieran hacer muchísimos modelos, porque en diez minutos el operador apenas tiene tiempo de tomar las necesarias decisiones sobre la base de los resultados que se van obteniendo. Se ha llegado así al momento en que se tarda menos en obtener la información que en decidir qué hacer con ella.

LAS COMPUTADORAS Y LA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL:

Mientras que en la astronomía teórica los datos de entrada y salida son relativamente pocos y en cambio muchos los cálculos intermedios, en la observacional hay poco cálculo pero el volumen de la información a procesar es enorme.

1) Fotometría y polarimetría estelar:

Anteriormente, el observador, que si tenía suerte podía usar un instrumento digital, tal vez provisto de una impresora en cinta de papel como las calculadoras de oficina, al terminar una noche de observación se encontraba que había gastado un rollo de papel, en el que había impresas alrededor de 20.000 cifras entre identificación de la estrella, la intensidad de luz recibida, número indicador del filtro utilizado, etc. en el caso de un fotómetro.

Luego tenía que proceder a la reducción de esas 20.000 cifras, o sea convertirlas en magnitudes para cada estrella, o en % de polarización. Si disponía de una calculadora o de una computadora se hallaba en una buena situación, pero los datos los tenía que entrar por teclado uno por uno, y había 20.000 posibilidades de equivocarse; por otra parte se perdía otro tiempo casi igual al necesario para las observaciones, ya sea que lo hiciera el mismo astrónomo o un empleado.

La solución es entonces tener una computadora "en línea", o sea conectada de alguna manera al fotómetro o al polarímetro; esto no es tan fácil, es necesario agregar lo que se llama una "interfase", que es una tarea pa-

ra ingenieros que lleva cierto tiempo, pero que se ve ampliamente compensado por la virtual casi imposibilidad de que ocurran errores de copia.

Pero también se puede ir un paso más allá: se puede hacer la reducción de los datos en el momento, lo que se conoce como "reducción en tiempo real". En fotometría nos interesa que el valor medido supere en un cierto valor mínimo al "ruido de fondo", constituido por el brillo de fondo de cielo y el ruido propio de todo proceso electrónico, con el fin de lograr un margen de error aceptable; la práctica del observador le permite saber de antemano aproximadamente cuánto tiempo exige medir una estrella de magnitud 12, o cuánto influye la interposición de un filtro más o menos ancho, pero disponiendo de una computadora que en una pantalla le presenta en forma instantánea el resultado de la observación y el error con que la obtiene, puede detener el proceso en el momento más adecuado con el consiguiente ahorro de tiempo, ya que además un error exige repetir la medición en otro turno de observación, días o meses después.

Por otra parte, nada impide que los datos originales de observación sean guardados en cinta magnética para efectuar una reducción más exacta o por otro método con posterioridad.

La mayor utilidad se obtiene cuando el astrónomo busca un objeto determinado, por ejemplo una estrella de alta polarización en un campo lleno de estrellas. De

no disponer de reducción en tiempo real, deberá medir todas las estrellas del campo y sólo después de efectuar la reducción sabrá cuál es la que busca. En cambio, con ayuda de una computadora, una búsqueda rápida le permitirá identificar los objetos interesantes, en los que inmediatamente podrá concentrar su observación para obtener datos más exactos y completos en la misma noche.

Finalmente, se puede hacer que la computadora interactúe directamente con el instrumento, o sea que sea ella la que, por medio de los dispositivos apropiados, se ocupe de cambiar los filtros, de iniciar y terminar el tiempo de integración, mover el telescopio un poco más al N o al S para medir el brillo del fondo de cielo, etc., tareas rutinarias muy susceptibles de ser efectuadas con el control de una computadora.

2) Análisis de espectros:

Otra tarea en que las computadoras están brindando una ayuda irremplazable es el registro microfotométrico de espectros. El estudio visual del aspecto de un espectro permite la identificación aproximada del tipo espectral y la presencia o no de peculiaridades, pero cuando se necesita hilar más fino debe efectuarse un registro, pasando la placa fotográfica del espectro por un microfotómetro, aparato que envía hacia la placa un fino haz de luz para medir su transparencia punto por punto, a medida que se la mueve, registrando el resultado sobre una banda de papel; este movimiento debe ser lento por la inercia de la pluma del registrador.

Si luego sobre ese registro se desea hacer un estudio, tal como determinar la parte del continuo de la luz estelar que ha sido obliterado por una determinada línea de absorción estelar, con el fin de hallar su ancho equivalente, deberá efectuarse una integración gráfica con ayuda de un planímetro, o contando cuadritos, etc. métodos engorrosos e inexactos. Sería mucho más cómodo que en lugar de tener una línea ondulada en una banda de papel de varios metros de largo, estuviera ya traducida en valores numéricos de intensidad luminosa en cada parte del espectro. Tal cosa puede lograrse si la salida del microdensitómetro la conectamos a una computadora por medio de la interfase adecuada.

Y aquí aparece otra ventaja: como es sabido, las placas fotográficas no son lineales, y determinar la intensidad original de la luz que incidió en ella exige un tedioso trabajo de reducción, que puede evitarse y acelerarse si se le encarga a la computadora, la que podrá hacerlo simultáneamente con el registro de los datos.

Pero aquí surge un pequeño problema: una placa tiene una resolución de aproximadamente 10 micrones, de manera que si queremos obtener toda la información contenida en una placa debemos medir cada 10 micrones por lo menos; luego, en un espectro obtenido en foco Coudé, con alta resolución, de alrededor de 20 cm de largo, tendremos que medir y registrar alrededor de 20.000 puntos, cada uno con tres o cuatro cifras significativas, o sea alrededor de 80.000 cifras. Afortunadamente esto no es mucho para una computadora, y se puede hacer que un espectro sea medido a velocidades

verdaderamente sorprendentes comparadas con aquellas posibles cuando no se cuenta con una computadora conectada al microdensitómetro, porque aquí no hay inercias que nos limiten.

Por ejemplo, en La Plata estamos implementando un sistema que va a medir a 2 mm por segundo, o sea alrededor de 200 puntos por segundo, velocidad en realidad bastante baja para una computadora, que lo puede hacer cien veces más rápido. No obstante, ello significa que ya podemos registrar un espectro Coudé en dos minutos, lo cual es bastante satisfactorio. Microfotómetros especialmente diseñados para mover rápidamente su carro portaplaca permiten llegar a velocidades de medición bastante mayores.

Pero lo mejor es que al final tenemos todo almacenado en una cinta magnética, que podemos llevar a esa u otra computadora para hacer las reducciones y cálculos que se nos ocurran. Por otra parte, 80.000 cifras ocupan apenas dos o tres vueltas del rollo de cinta, de manera que en uno completo pueden almacenarse los espectros de 100 ó 200 estrellas.

Un avance mayor sería eliminar el paso intermedio de la placa fotográfica, ya que ésta es alineal y exige un cuidadoso trabajo de reducción como hemos visto, y de todas maneras las partes más brillantes y las más débiles permanecen mal determinadas. En el caso de los espectros hace bastante tiempo que se hace (bastante tiempo en Informática son tres o cuatro años) colocando en lugar de la placa fotográfica un conjunto de sensores de luz, diodos de silicio separados 25 micrones entre sí y de un largo de 2,5 mm; comercialmente este dispositivo se obtiene de 1024 diodos, o sea que mide alrededor de 25 mm de largo.

Estos dispositivos se conocen como "reticones", que en realidad es la marca comercial de los primeros que aparecieron en el mercado. Son ubicados en el plano focal del espectroscopio, y un sistema de "multiplexado" hace que el valor de corriente eléctrica correspondiente a la luz recibida por cada diodo sea obtenido en forma secuencial a la salida del dispositivo, de manera que no necesita más conexiones que las de un circuito integrado común de 16 patas. Su costo es relativamente bajo y se están abaratando cada vez más; lo más complejo tal vez sea el circuito electrónico asociado necesario para su control.

Ya vemos la primera ventaja: podemos ver el espectro en una pantalla y detener la exposición cuando vemos que hemos obtenido la información buscada, procediendo entonces a registrarla en la cinta magnética. La información no se obtiene en forma instantánea, tarda más o menos como en una placa fotográfica, pero no tiene sus desventajas. El resultado es que se ahorra tiempo, ya que la exposición se puede limitar a lo estrictamente necesario, sin prolongarla en exceso ni correr el peligro de que falle por ser demasiado corta; además es fácil hacer búsquedas rápidas ya que con diez minutos se puede ver ya si una determinada estrella tiene líneas de emisión por ejemplo, y detenernos en aquellas de interés para obtener un registro completo.

AUXILIOS DE LA FOTOMETRIA FOTOGRAFICA

En una placa de 20 x 20 cm tomada por ejemplo con la cámara Schmidt de Cerro Tololo, que tiene alrededor de treinta grados cuadrados, y con una exposición de diez minutos, que es una exposición corta, se llega a una magnitud límite de 18; en promedio, aparecerán las imágenes de alrededor de 10.000 estrellas. El método con-

vencional para hacer fotometría fotográfica es el de colocar la placa en lo que se conoce como un fotómetro de iris, el que por medio de un diafragma regulable lo que hace es prácticamente medir el diámetro de las imágenes estelares. Como hay que medir una por una, y repitiendo la medición por lo menos dos veces para poner de

REVISTA ASTRONOMICA

manifiesto los errores, la experiencia demuestra que en siete horas de intenso trabajo se pueden medir unas 500 estrellas, y se termina muy fatigado.

Como vemos, de una placa no muy expuesta sólo puede aprovecharse una pequeña fracción. Además, si suponemos que se necesitan tres cifras para el tamaño del diafragma, y cada lectura debe repetirse, 500 estrellas son 3.000 cifras, y hay que agregar además lecturas extra para ver si no estamos cometiendo errores de otros tipos, más la identificación en cada caso de la estrella que se midió, resultando así que deben manejarse como 5.000 cifras, que es una cantidad pequeña frente a las que habíamos estado hablando, pero que nuevamente representa 5.000 oportunidades para equivocarse.

Lo primero que podemos hacer es automatizar la medición por medio de una simple microcomputadora, que registre la abertura del diafragma en cada lectura, pudiendo darnos inclusive la magnitud reducida en tiempo real.

Sin embargo no es ésta la solución ideal, mejor sería disponer de un microfotómetro especialmente diseñado para conectarse a una computadora; ésta comanda todas las funciones, haciendo que el fotómetro efectúe un barrido de la placa por medio del adecuado movimiento del carro portaplaca en dos dimensiones, siguiendo líneas paralelas separadas 10 micrones para medir todas las imágenes. Se logran velocidades lineales de medición de 5 cm/seg, valores mayores son difíciles de obtener por

problemas mecánicos debidos a la precisión con que debe efectuarse el movimiento, ya que se debe saber en todo momento que parte de la placa se está midiendo.

El valor de estos fotómetros, cuando ya vienen acompañados de la correspondiente minicomputadora, es de alrededor de 100.000 a 200.000 dólares, lo cual constituye tal vez el mayor obstáculo para su adopción.

Pero aquí reaparece acentuado un problema que ya antes encontramos; un barrido cada 10 micrones de una placa de 20 x 20 cm significa 20.000 líneas, cada una de ellas con 20.000 puntos, o sea en total 400.000.000, lo que exige además de varias horas de medición, una fabulosa cantidad de memoria para almacenarlos, ya que si cada punto tiene tres cifras, son 1.200.000.000 cifras, que no entran fácilmente en una cinta magnética.

Hay dos soluciones que se pueden aplicar simultáneamente. Una de ellas es simplemente no medir toda la placa de una vez, y la otra es registrar sólo los puntos de interés, o sea aquellos que contienen estrellas o nebulosidades, por medio de un adecuado ajuste del "nivel de umbral" del fotómetro, con el fin de descartar aquellos puntos que corresponden al fondo de cielo. La experiencia demuestra que esto último permite reducir en un factor de 20 la cantidad de puntos a medir, y si nos contentamos con 256 niveles de grises, que se expresan con dos cifras hexadecimales, tendremos que almacenar 40.000.000 caracteres, que ya son manejables para las cintas magnéticas.

REEMPLAZANDO LA PLACA FOTOGRAFICA:

Lo ideal sería llegar al registro totalmente electrónico de las imágenes. Se ha intentado el uso de tubos vidicon, que es el mismo que se emplea en ciertas cámaras de TV, pero especialmente diseñados para las bajas intensidades luminosas que se encuentran en astronomía. Aquí la electrónica asociada es más complicada, además de que la resolución que se obtiene es pobre, 512 x 256 puntos, o sea 131.000 puntos distintos, que exigen el manejo por medio de una computadora y el registro magnético para su elaboración posterior.

Pero hay dispositivos aún más modernos, que se espera conduzcan a resoluciones mayores, conocidos como CCD, o sea Charge Coupled Devices, dispositivos de carga acoplada, que ya se fabrican de 512 x 512 puntos, y se están abaratando a velocidad pasmosa, puesto que en un principio eran costosísimos, y actualmente los

más pequeños de 100 x 100 puntos pueden obtenerse por menos de 100 dólares.

Todavía hay problemas que deben resolverse; su resolución es muy inferior a la de una placa fotográfica, pero éste no es el defecto principal. Lo más difícil es lograr que todos los 260.000 sensores sean iguales. Es algo que recuerda a los primeros tubos fotomultiplicadores, de los que había que comprar diez para seleccionar uno bueno, pero eso no puede hacerse con los CCD porque son caros y de todas maneras la probabilidad de encontrar uno con todos sus 260.000 puntos bien es muy pequeña. Lo único que se puede hacer es tener en cuenta cuanto varía la sensibilidad de un punto a otro y corregir las lecturas, algo sencillo contando con una computadora.

PERSPECTIVAS FUTURAS:

Qué nos depara el futuro es imprevisible. Lo único seguro es que cada nuevo dispositivo que se está experimentando y que vemos en las revistas especializadas tiene siempre una computadora anexa, debido a que se está trabajando con grandes cantidades de información y a gran velocidad.

En materia de computadoras, parece que la próxima innovación es la memoria de "burbuja magnética". Este tipo de memoria resolvería el problema que implica la disyuntiva existente actualmente entre la memoria interna de la máquina, cuya información puede obtenerse en un millonésimo de segundo o menos, pero de baja capacidad (alrededor de 100.000 caracteres) y que se borra al desconectarse la máquina, y la memoria magnética, permanente y de alta capacidad (millones de caracteres) pero de lento acceso, sobre todo en el caso de las cintas

que puede llevar minutos el desenrollarlas para encontrar la información buscada.

Las memorias de burbuja magnética podrían almacenar millones de caracteres dentro de la computadora en un espacio muy reducido, y si bien no son permanentes, nada impide colocar una batería que las mantenga alimentadas durante largos periodos cuando la computadora está desconectada.

Y una consideración final: Nosotros los astrónomos estamos muy agradecidos a todos los especialistas en Informática porque nuestra labor se simplifica muchísimo, aunque no tanto como podría pensarse, porque las ventajas que el uso de computadoras traen, hacen que nos embarquemos en cosas en que no lo hubiéramos hecho de carecer de ellas, pero si uno se complica la vida por su propia cuenta, en el fondo es feliz.

Optica e Instrumentos Astronómicos

Conducido por la subcomisión de óptica

CONSTRUCCION DEL TELESCOPIO DE 600 mm. DEL OBSERVATORIO MUNICIPAL DE MERCEDES

La inseguridad de obtener aportes oficiales y privados para esta obra fue un factor determinante para el sistema a emplear. Es decir que debía ser realizable con los medios disponibles o accesibles sin contar con esos aportes.

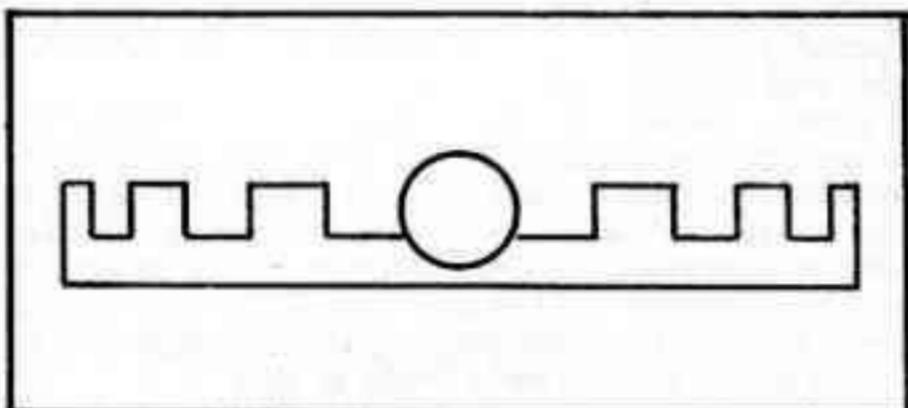
Una asignación inicial por parte del gobierno de la Provincia alcanzaba para algunos materiales y los primeros gastos, pero de ninguna manera para la adquisición en el exterior de un disco de 60 cm. apto para tallar el espejo primario. Entonces, conociendo de antemano los antecedentes y riesgos existentes, luego de algunas experiencias en escala menor y mejoras en el diseño, se decidió encarar la construcción por el sistema de vidrios cementados que luego describiré en detalle.

Para la montura, diseñé un sistema de horquilla cuyo eje polar tiene el mismo diámetro que el espejo, empleando como material básico fundición de aluminio, y cuyo peso total sin incluir el pie es de 250 Kg. A pesar de esta relativa liviandad, el diseño adoptado le da una rigidez y estabilidad notable al conjunto.

REALIZACION DEL ESPEJO

La preocupación inicial fue conseguir las distintas láminas de vitrea de la misma procedencia, para tener mayor seguridad en la igualdad de los coeficientes de dilatación. La cara a tallar se eligió de 20 mm de espesor, el dorso de 16 mm y todas las costillas de 12 mm. Se verificó por medio de un comparador milesimal la igualdad de las dilataciones con diferencias de temperatura de más de 20 grados.

Figura N°1
Regla almenada.



Por ser sistema Cassegrain tiene un agujero central de $\varnothing 100$ mm, y un espesor total de 120 mm. Los dos discos están vinculados entre sí por medio de 24 costillas radiales; el borde exterior está cerrado por 12 placas que forman un dodecágono y el agujero central por un tubo de anillos del mismo vidrio cementados entre sí. Todas las costillas y placas laterales están perforadas con agujeros de $\varnothing 40$ mm, que permiten aliviar el peso y facilitan la circulación del aire, consiguiéndose así estabilizar rápidamente la temperatura de todo el conjunto. Estos detalles pueden apreciarse en la fotografía. A continuación describiré los pasos sucesivos para la construcción.

El corte de los dos discos para el espejo y uno para la herramienta se realizó por medio de dos sectores montados sobre un perfil U, por el método conocido como "biscuit cutter", y por el mismo sistema se abrieron los agujeros centrales. También por este sistema se cortaron los anillos que forman la pared del agujero central. Las costillas y placas se cortaron con sierra diamantada y después se abrieron los agujeros de 40 mm. Con cada tipo de costilla y placa se formó un paquete sujeto por una prensa especial y a cada paquete se le aplanaron las caras formadas por los bordes de las placas o costillas, esmerilándolas sobre una superficie plana, y se les igualaron las alturas.

A continuación se esmerilaron entre sí los dos discos de 600 mm, terminándose con grano FFF, igual que los bordes de las placas, y luego se comenzó el armado del conjunto: primero, sobre el disco más grueso se ce-

REVISTA ASTRONOMICA

mentó el tubo central, después las costillas radiales enteras y a continuación las placas laterales, terminando esta fase del trabajo con el cementado de las medias costillas sobre el centro de las placas laterales.

Una vez fraguado el cemento anaeróbico utilizado, se nivelaron las desigualdades existentes en los bordes libres de las costillas, esmerilándolas sobre el disco restante, quedando de esta forma perfectamente hermanadas las superficies a unir, realizándose a continuación el cementado de este disco, quedando así la estructura terminada.

La herramienta se construyó de aluminio fundido, con un modelo compuesto por una placa de madera aglomerada de 20 mm de espesor, un borde circular de 10 cm. de altura y 8 costillas radiales. La cara plana se frentó en un torno y sobre ella se pegó con brea el disco de vidrio de 16 mm de espesor que fue cortado para ese fin.

El trabajo de desbaste del espejo y la herramienta se realizó en el taller del Observatorio de la Universidad de La Plata, en la máquina que posee, mediante muela diamantada, realizándose el resto del trabajo de tallado en mi taller, totalmente a mano, lo cual fue posible dada la liviandad de la estructura del espejo, cuyo peso resulta del orden de 30 Kg.

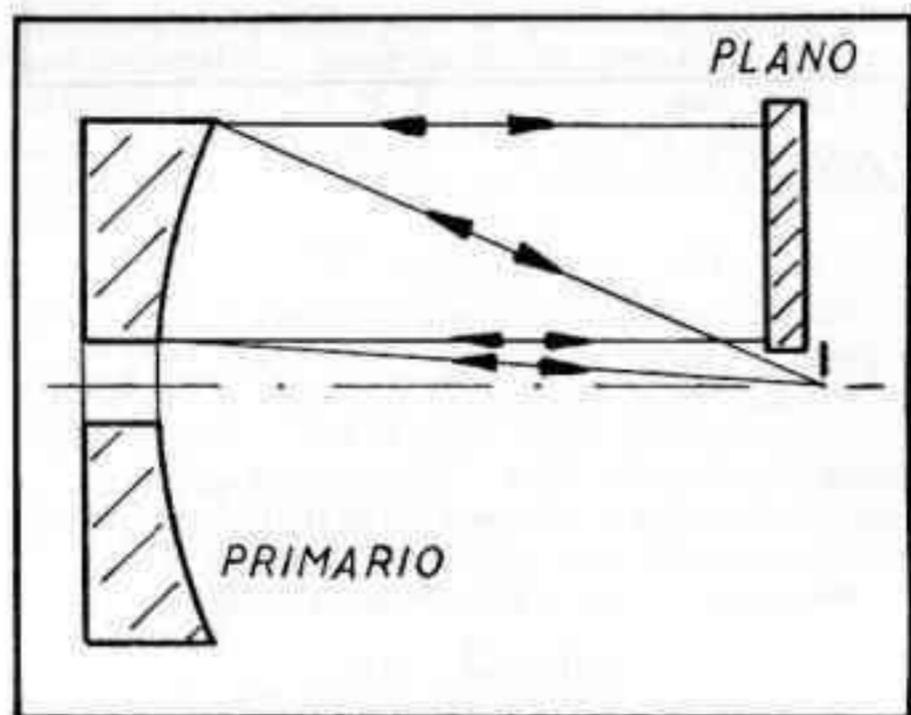


Figura N°2

Control por autocolimación del espejo primario.

TALLADO DEL SISTEMA OPTICO

Las características del sistema Cassegrain elegido son: $F/D = 4$ para el primario y relación final en el foco Cassegrain igual a 20.

Se comenzó el tallado con grano 80 para igualar las superficies y conseguir la curvatura correcta, siguiéndose luego la secuencia de granos corriente hasta el extrafino con W 7. Este proceso en total insumió unas 100 horas de trabajo sin contar el tiempo adicional de preparación de mesa, elementos de limpieza, etc.

Sobre la superficie de la herramienta se pegaron cuadrados de brea de 25 x 25 mm, espesor 4 a 5 mm, para preparar la torta para el pulido. Luego de pegados, para su asentamiento se puso la torta al sol durante más

REVISTA ASTRONOMICA

o menos media hora, lo que fue suficiente para reblandecer la brea y conseguir el asentamiento con el espejo. La parte central, de la torta se dejó sin panes, dejando un círculo vacío del mismo diámetro que el agujero del espejo. Este mismo principio se usó para el esmerilado, para lo cual se rebajó la parte central de la herramienta. De esta manera se consigue una uniformidad total en el trabajo a pesar de la presencia del agujero.

El pulido completo hasta eliminar el grisado insumió unas 30 horas de trabajo, dejando la superficie esférica mediante algunas intervenciones adicionales.

El plan trazado preveía llegar a este punto y dejar al espejo en estacionamiento, sujeto a controles periódicos. El lugar elegido fue un altito donde las variaciones térmicas eran extremas. Al cabo de dos meses se controló, encontrándose una alteración en la forma esférica, con una aberración del orden de 0,5 mm en promedio, más algunos defectos zonales, principalmente en los lugares de implantación de las costillas. La figura observada en el Foucault asemejaba a una telaraña.

Se volvió a poner esférico el espejo y nuevamente al estacionamiento. Esta vez fueron de cuatro a cinco meses y si bien se observó una aberración de cerca de 0,5 mm no se presentaron defectos zonales apreciables. Nuevamente se puso esférico y los sucesivos controles no mostraron ninguna deformación. Es de hacer notar que aparecían deformaciones al experimentar el espejo variaciones de temperatura, pero en todos los casos volvía a la forma esférica al estabilizarse.

En base a estos resultados se emprendió la parabolización, la cual se llevó a cabo con una torta de 30 cm. de diámetro, en posición espejo abajo, comenzando por deprimir la parte central. El control de esta parte se efectuó en la forma tradicional, utilizando como máscara una regla almenada sujeta al agujero central. Cada prominencia y cada depresión de la regla corresponden a 1 mm de aberración longitudinal, teniendo en total 9 zonas correspondientes a otros tantos milímetros desde la zona próxima al agujero central hasta el borde exterior. La Fig. N° 1 es suficientemente explicativa para su construcción, y su utilización ofrece interesantes ventajas con relación al disco tradicional. En efecto, la visibi-

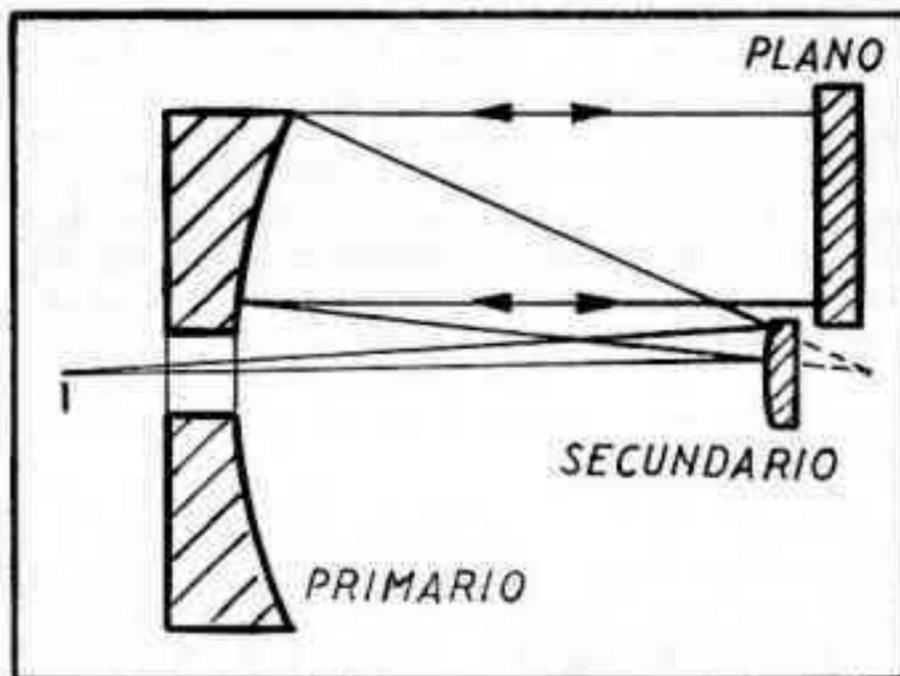


Figura N°3

Control por autocolimación del espejo secundario.

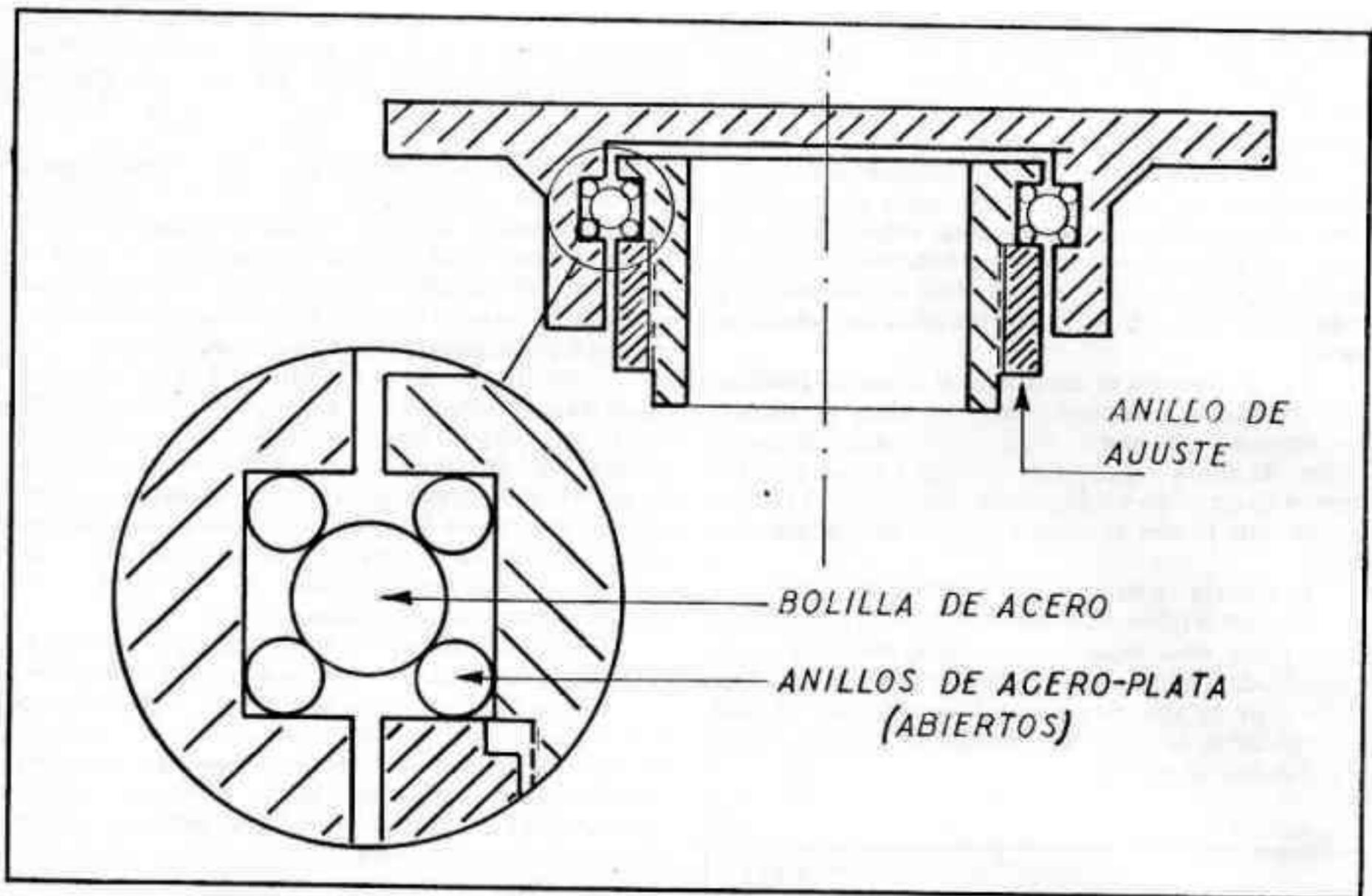


Figura N°4
Detalle del disco polar.

lidad del espejo completo permite una mayor seguridad en la apreciación de la simultaneidad del ensombrecimiento de las ventanas correspondientes a la zona controlada, sin estar afectadas por la difracción de los bordes. Pese a todo, en las zonas exteriores hubo cierta dificultad para la determinación exacta de la aberración longitudinal, debido a la proximidad de las mismas, dada la corta relación focal del espejo. Como dato ilustrativo, en un control con la máscara clásica que se efectuó en el taller del observatorio de la Universidad de La Plata hubo una diferencia de 2 mm en la aberración de la última zona con respecto a la teórica, mientras que con la regla almenada daba los valores correctos, con un margen de inseguridad en más o en menos de 0,5 mm.

En este caso demostró toda su utilidad el método de control de la aberración transversal propuesto por mí en el N° 188-189 Enero-Julio de 1974 de la revista de la AAAA. Este método fue posteriormente cuestionado por el Sr. Di Baja en su artículo publicado en el N° 204 Enero-Febrero-Marzo de 1978 de dicha revista, llegando después de un elaborado desarrollo teórico a conclusiones incorrectas debido a haberse basado en sus propias suposiciones en lo que respecta a las apreciaciones alcanzables.

Para que cualquiera pueda comprender la bondad del sistema, y sus limitaciones (que también fueron expuestas en el N° 188-189) sin ningún desarrollo teórico vamos a ver que pasa en las zonas de radios 259 y 276 mm, con aberraciones longitudinales de 7 y 8 mm respectivamente. En condiciones óptimas (regla almenada) la inseguridad es de 0,5 mm sobre 1 mm de aberración, resultando un error relativo de:

$$\frac{0,5 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} = 0,5$$

En el caso de la aberración transversal, corresponde para las mismas zonas $r^3/R^2 = 0,754$ y $0,912$ mm, respectivamente. La diferencia de aberración entre las dos zonas es: $0,912 - 0,754 = 0,158$ mm, y en la práctica se observó en base a repetidas mediciones que, en promedio, las lecturas estaban dentro de 0,015 mm, con un probable error del instrumento de 0,002 mm.

Por consiguiente, el error relativo resulta de:

$$\frac{0,017 \text{ mm}}{0,158 \text{ mm}} = 0,11.$$

Es decir, que este método resulta (para las zonas próximas al borde) entre 4 y 5 veces más preciso que el método tradicional, y si tenemos en cuenta la imprecisión obtenida empleando el diafragma de Couder, llegamos a tener entre 15 y 20 veces mayor exactitud. Esto puede parecer sorprendente, pero basta con verlo en la práctica para convencerse. Además, el resultado indirecto que se obtiene por control de la aberración (longitudinal o transversal) fue confirmado por el "null test" aplicado al espejo terminado, mediante el sistema de autocolimación parcial, utilizando nuestro plano patrón de 300 mm metalizado, según el esquema de la Fig. N° 2.

El figurado del espejo secundario se realizó utilizando el principio de autocolimación, aunque fue necesario aplicarlo por sectores dado el diámetro de solo 300 mm de nuestro plano patrón. La disposición de los espejos y aparato de Foucault es la de la Fig. N° 3. El espejo de 600 mm y el plano de 300 mm estaban metalizados para poder recibir un haz reflejado de suficiente intensidad.

El dispositivo utilizado permitía comprobar aproximadamente 1/4 de la superficie total del espejo, por lo que se lo giraba sucesivamente hasta verificar toda la superficie.

MONTURA Y PARTE MECANICA

El criterio utilizado para el proyecto de la parte mecánica fue conseguir con los medios disponibles la realización de la obra, y dentro de esas posibilidades lograr el mejor resultado en lo concerniente a rigidez y maniobrabilidad. Los medios disponibles se refieren a maquinaria, mano de obra y recursos económicos.

En base a este criterio se decidió una estructura de aluminio fundido, ya que se disponía de taller y mano de obra para realizar los modelos en madera, trabajo que fue realizado por alumnos del colegio industrial de Mercedes.

El tipo de montura proyectado, de horquilla sobre plataforma polar, tiene una relación rigidez/peso muy alta, principalmente debido a la virtual ausencia de un eje polar, que es reemplazado por una pista de rodamiento con una sola hilera de bolillas, de casi 600 mm de diámetro. Esta pista está practicada sobre la plataforma de aluminio fundido, pero las bolillas no apoyan sobre este material sino sobre varillas de acero plata, tal como se muestra en la Fig. N° 4. Este sistema, además de la rigidez que permite alcanzar, es fácil de realizar en un taller que solamente disponga de un torno de mediana precisión.

El espejo primario está apoyado sobre 12 puntos que coinciden con las costillas principales. Por medio de balancines sucesivos, 3 grupos de 4 puntos cada uno van a parar a tres tornillos calantes que pueden verse en la fotografía que muestra la celda por su parte posterior.

En el agujero del espejo se ha fijado una pieza tubular que llega hasta la altura del eje de declinación. Cuando se utiliza el foco Cassegrain, sobre esta pieza se coloca un tubo que actúa como protector de luz parási-

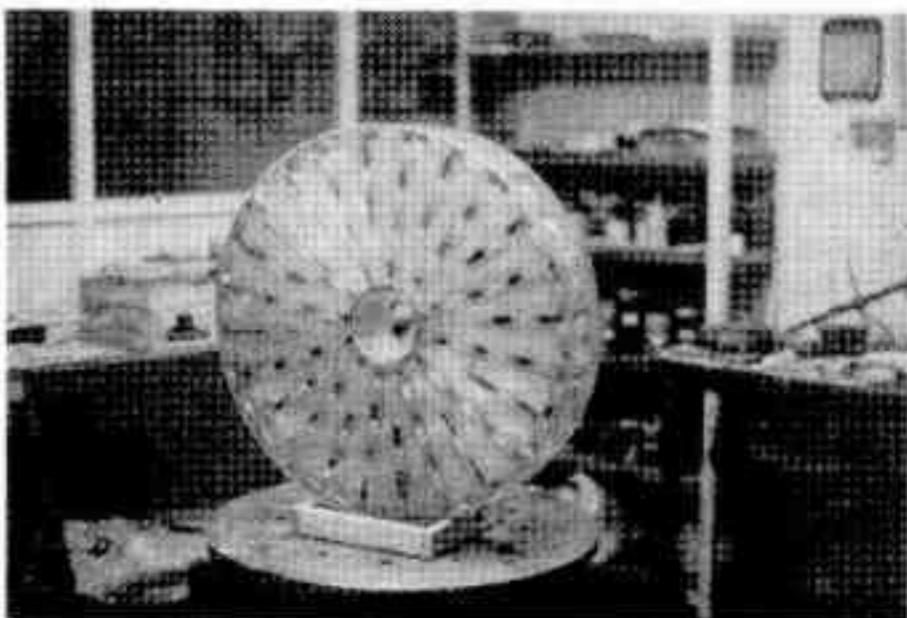


Figura N°5

Aspecto constructivo del espejo primario.

ta, y reemplazando este tubo por un espejo plano de 45" permite llevar el plano focal a través del eje de declinación, que es hueco, a fin de hacerlo más accesible para la instalación de instrumentos como fotómetros, cámaras, etc.

Otro detalle destacable de la montura es su mecanismo de movimiento. En este caso, la elección del sistema fue decidida, además del aspecto económico, por la inseguridad de obtener una precisión razonable por medio del sistema clásico de corona y sin fin con los medios accesibles. El sistema consiste en una cinta de acero apoyada sobre una superficie circular torneada sobre la plataforma polar. Esta cinta es traccionada por un tornillo que es accionado por un motor sincrónico de 1 RPM, mientras el otro extremo de la cinta está tensado por un contrapeso suficiente para no permitir el patinamiento. El largo del tornillo permite un funcionamiento de casi tres horas sin interrupción. Para efectuar un desplazamiento grande se levanta el contrapeso, quedando de esta forma el telescopio libre para moverlos en cualquier sentido, y para desplazamientos menores y retorno de la rosca, un sistema diferencial accionado por un motor secundario de velocidad variable permite un avance o retroceso adicionado al movimiento básico. Un sistema electrónico estabilizador de frecuencia provee la alimentación del motor sincrónico, permitiendo un ajuste entre 45 y 55 ciclos por segundo.

En el foco Cassegrain hay un espejo plano rebatible, que colocado a 45° envía la imagen al portaocular acodado, y rebatido permite pasar el haz hacia el porta placa o soporte de cámara.

La base de la plataforma polar está fijada al pie, que es una pirámide triangular formada por perfiles soldados, que a su vez asienta sobre un pedestal de hormigón, de unos 2 m³ de volumen. Como el edificio se cons-

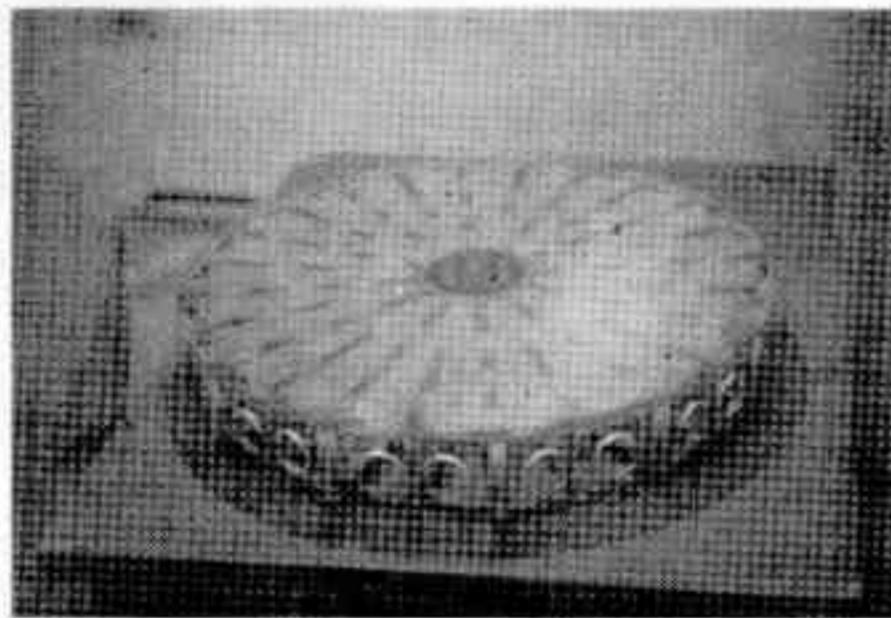
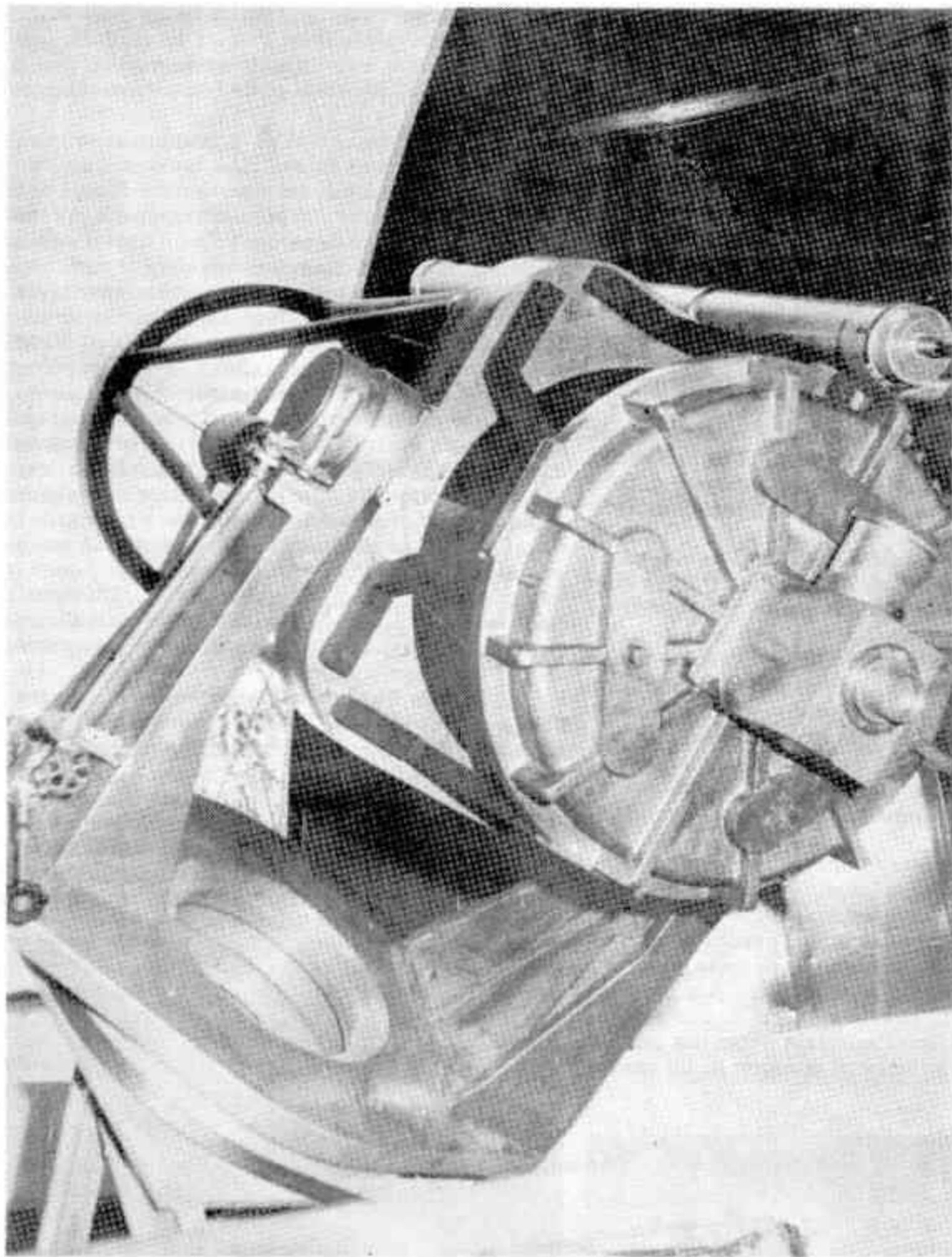


Figura N°6

Vista general del espejo celdado.

truyó en un lugar rellenado, se hincaron previamente 3 pilotes para dar mayor rigidez al pedestal, y en cierta forma se aisló al telescopio del resto del edificio. Rodeando al telescopio se construyó una plataforma de madera, apoyada sobre el piso, y aislada por consiguiente de la estructura del telescopio.

Por último, no me parece justo terminar sin hacer una mención de las personas e instituciones que hicieron



*Figura N°7
Vista del tubo
estructural, la
celda del espejo
y la horquilla.*

posible que esta obra se convierta en realidad.

Ing. Angel Di Palma: Actualmente director del Observatorio. Por su aporte en trabajo personal, entusiasmo y dedicación, fue el principal promotor de la obra.

Municipalidad de Mercedes: Ofreció un permanente apoyo en la parte económica, ejecución de obras civiles, intercesión para conseguir la realización de ciertos trabajos y aliento personal de parte de sus funcionarios, principalmente por quienes a la fecha de la inauguración ocupaban los cargos de: **Intendente:** Ing. Alberto Martínez. **Secretario:** Evaristo C. Malano y **Directora de Cultura:** M. Cristina E. de Calderón.

Colegio Industrial de Mercedes: En su taller se construyeron la mayor parte de los modelos de las partes fundidas del telescopio y también aportaron trabajos

de mecanizado y montaje.

Pueblo de Mercedes: Muchas personas aportaron su trabajo personal, varias empresas cedieron sus talleres para realizar diversos trabajos, aportando en muchos casos los materiales necesarios, y hasta las amas de casa pusieron su granito de arena donando sus cacharros en desuso para la colecta de aluminio que se llevó a cabo para el fundido de las piezas.

De esta manera, que se espera sirva de ejemplo de lo que puede llegar a hacerse con dedicación, entusiasmo y sacrificio, se completó esta magnífica obra que llena de orgullo a los habitantes de Mercedes y a todos los que participamos en ella.

Ing. Ludovico Hordij
REVISTA ASTRONOMICA

El Aficionado y el Sistema Solar

conducido por la Subcomisión de Planetas

CARACTERIZACION LUNAR:

Continuando con la serie de artículos dedicados a la craterización lunar, en el presente número haremos referencia a las zonas correspondientes a los mapas número 5, 6, 7 y 8.

Mapa N° 1 (zona Carpathen, Mare Imbrium, Euler, Pytheas, Lambert):

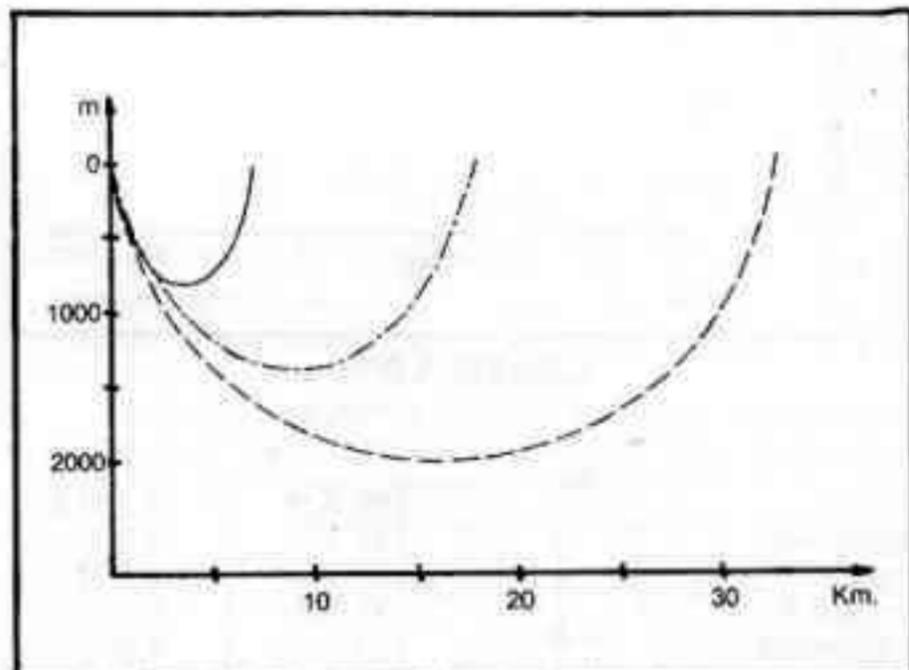
De un total de quince cráteres medidos, el mayor de ellos por su diámetro resultó ser Tymocharis (33 Km.), por su parte Delisce (2.400 m.) es el de mayor profundidad. Los cráteres Krosigk y Virgil son los de menor diámetro con 7 Km. cada uno; Herschel (400 m.) es el de menor profundidad.

El cráter Lussac es el de relieve físico más accidentado, presentando en su interior seis pequeños cráteres de 400 m. de profundidad todos ellos. En cuanto al número de montañas internas presentadas por los cráteres de la zona, el circo Lambert con un total de cinco picos, dos de ellos aislados y tres integrando un macizo (siendo de 800 m. cuatro de ellos y uno de 1.200 m.), es el que más elevaciones presenta.

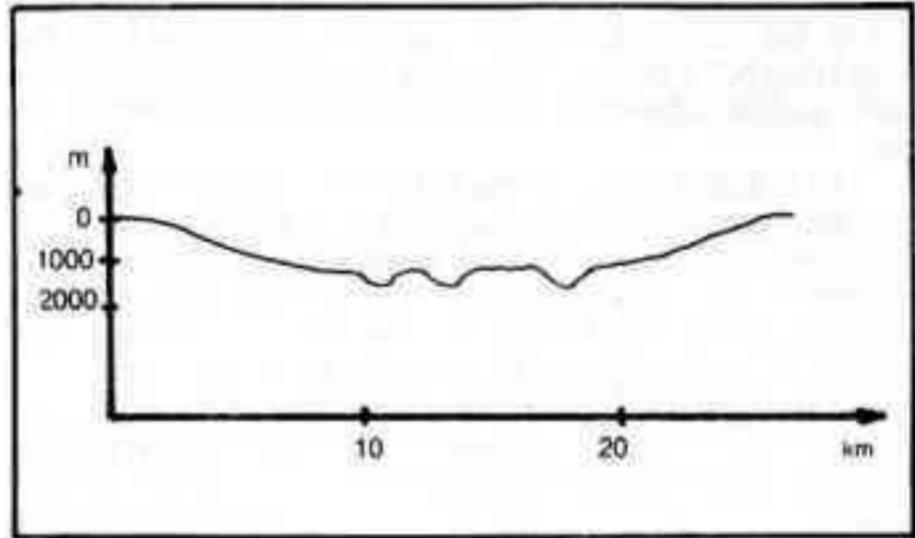
Entre los cráteres estudiados tres tienen una profundidad superior a los 2.000 m., nueve una mayor que 1.000 m. y tres presentan profundidades inferiores a los 1.000 m.

El cráter medio de la zona presenta un diámetro de 18,38 Km. y una profundidad de 1.375 m. Comparando los cráteres mayor, medio y menor obtendremos la siguiente tabla y gráfica N° 1:

Tymocharis	33 Km.	2.000 m.
Virgil	7 Km.	800 m.
Medio	18,38 Km.	1.375 m.



REVISTA ASTRONOMICA

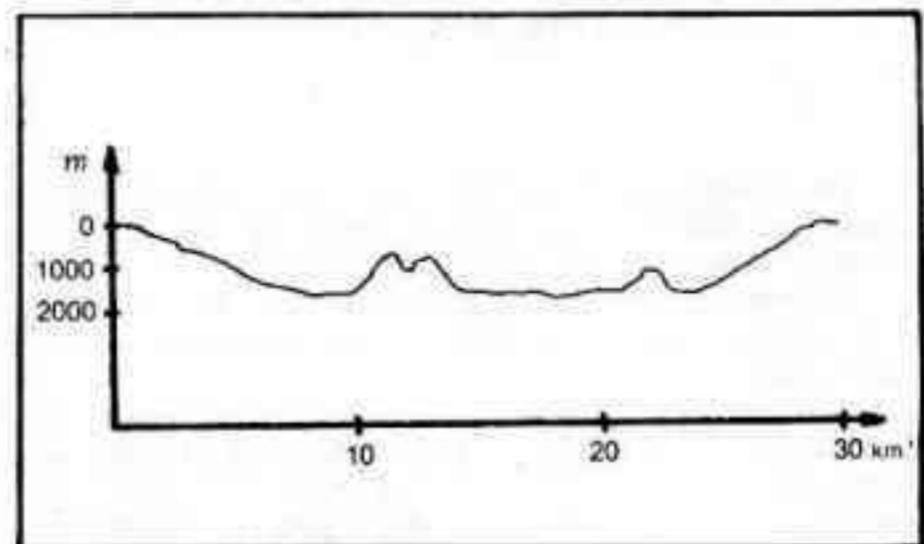


GRAFICA N° 2

Los perfiles de los cráteres Lussac y Lambert, los más accidentados de la zona, presentan la forma indicada por los gráficos N° 2 y 3 respectivamente.

Mapa N° 6 (zona Capernicus, Fauth, Reinhold, Fra Mauro, Riphaus):

El número de cráteres medidos en la zona es de 18, siendo la mayoría de ellos sumamente accidentado por la cantidad de picos y cráteres interiores.



GRAFICA N° 3

El cráter más grande de la zona es Copérnico (4.800 m. de profundidad y 91 Km. de diámetro), el más pequeño es Kunowsky (800 m. de profundidad y 19 Km. de diámetro).

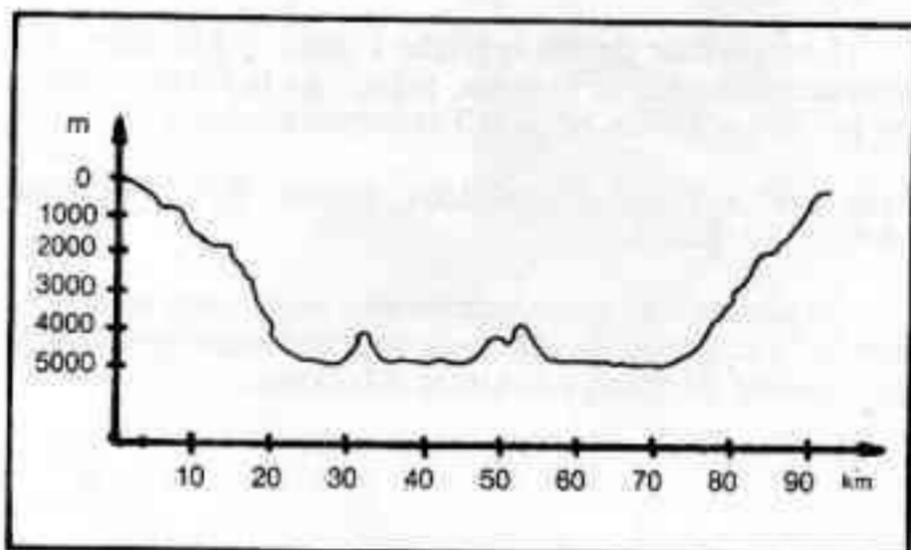
GRAFICA N° 1

JULIO - SEPTIEMBRE • 17

Copérnico tiene 47 montañas internas de las cuales dieciocho son picos aislados (ocho de 400 m., siete de 800 m. y tres de 1.200 m.); seis picos se integran en tres grupos de dos cada uno, de esos tres grupos dos tienen 800 m. de altitud y uno alcanza una altura de 1.200 m. en uno de sus picos (de origen volcánico) siendo el otro de 800 m.; siete macizos, de los cuales: uno tiene siete picos de 800 m., otro de cuatro picos (tres de 800 m. y uno de 1.200 m.), dos macizos de tres picos cada uno (teniendo uno picos de 400, 800 y 1.200 m. y el otro un pico de 800 m. y dos de 1.200 m.), y tres de dos picos cada uno (en dos de ellos la altitud es de 800 m. y en el otro en uno de sus picos alcanza los 1.600 m.). La altura media de las montañas internas del cráter es de 847 m. En la gráfica N° 4 se puede apreciar la relación entre la profundidad de Copérnico y la altitud de algunos de sus picos.

El cráter Staglius tiene la mayor cantidad de cráteres interiores: 53, de los cuales 46 son de 400 m. de profundidad y siete de 800 m. el diámetro de todos ellos oscila entre 1 y 5 Km. El mismo cráter tiene cuatro picos aislados de los cuales tres son de origen volcánico. La gráfica N° 5 nos muestra un corte de dicho cráter.

Los cráteres Bompland y Fra Mauro presentan, el primero doce cráteres y nueve montañas y el segundo veinte y ocho respectivamente.



GRAFICA N°4

El cráter Landisberg tiene diez montañas internas siendo de 1.000 m. la altitud media de las mismas, mientras que su profundidad es de 3.200 m.

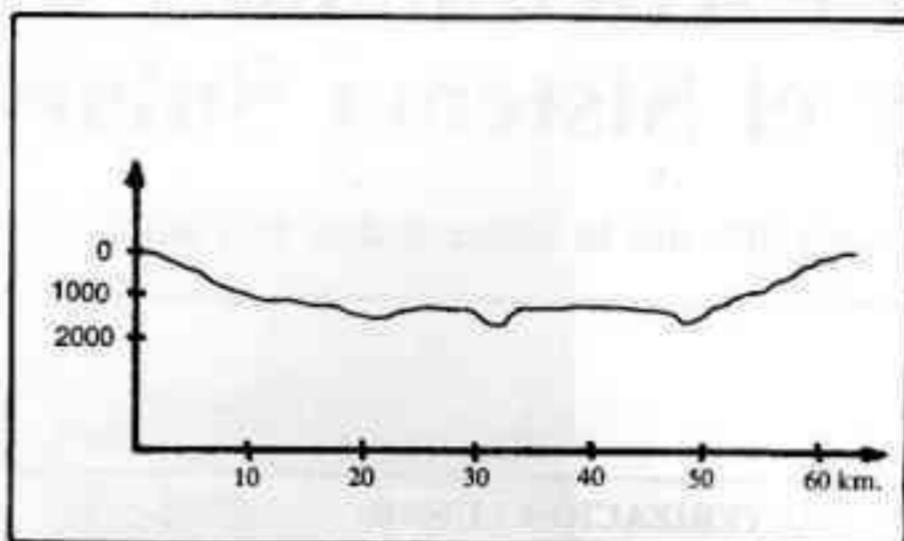
El cráter medio de la zona comparado en la siguiente tabla con los cráteres mayor y menor presenta tales guarismos:

Copérnico	91 Km.	4.800 m.
Kunowky	19 Km.	800 m.
Medio	37,3 Km.	1.688,8 m.

La gráfica N° 6 compara los cráteres mencionados.

Mapa N° 7 (zona Wurzelbauer, Palus Epidemiarum, Mare Nubium, Bullialdus):

Los cráteres estudiados suman 21. Doppelmayer (68,2 Km. de diámetro y 3.200 m. de profundidad) es el mayor de la zona; Nicollet (15,4 Km. y 1.200 m.) es el menor. Resultan sumamente interesantes los relieves físicos de los cráteres Capuanus, Doppelmayer y Bullialdus. El primero de los nombrados tiene en su interior seis picos, cuatro de ellos aislados y dos integrando un



GRAFICA N° 5

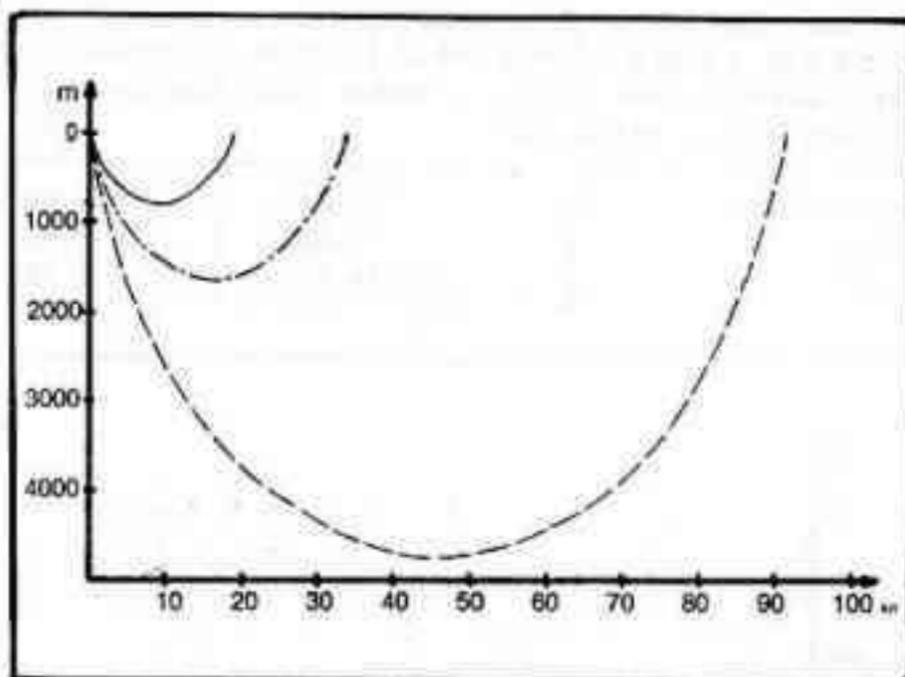
macizo; el segundo presenta doce picos internos de los cuales dos son aislados con una altitud de 1.200 m. y los diez restantes integran un macizo cuya altitud media es de 1.400 m.; y el tercero contiene doce picos internos, de ellos siete son aislados oscilando su altura entre 400 y 500 m., y dos macizos uno de dos picos (800 m.) y uno de tres (1.800 m.). La gráfica N° 7 nos muestra el corte del cráter Bullialdus.

En la tabla siguiente se comparan los cráteres mayor, medio y menor, reflejándose dichos datos en la gráfica N° 8.

Doppelmayer	68,2 Km.	3.200 m.
Nicollet	15,4 Km.	1.200 m.
Medio	33,4 Km.	2.171,5 m.

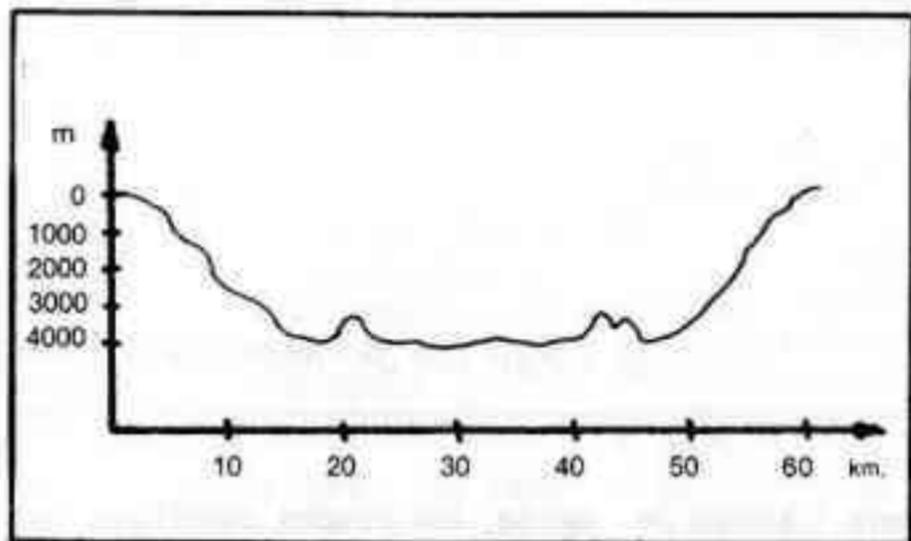
Mapa N° 8 (zona Walter, Regiomontanus, Purbach, Thebit, Arzachel, Alphonsus):

El total de cráteres registrados fue de 28. Esta zona presenta un número elevado de cráteres de grandes dimensiones:

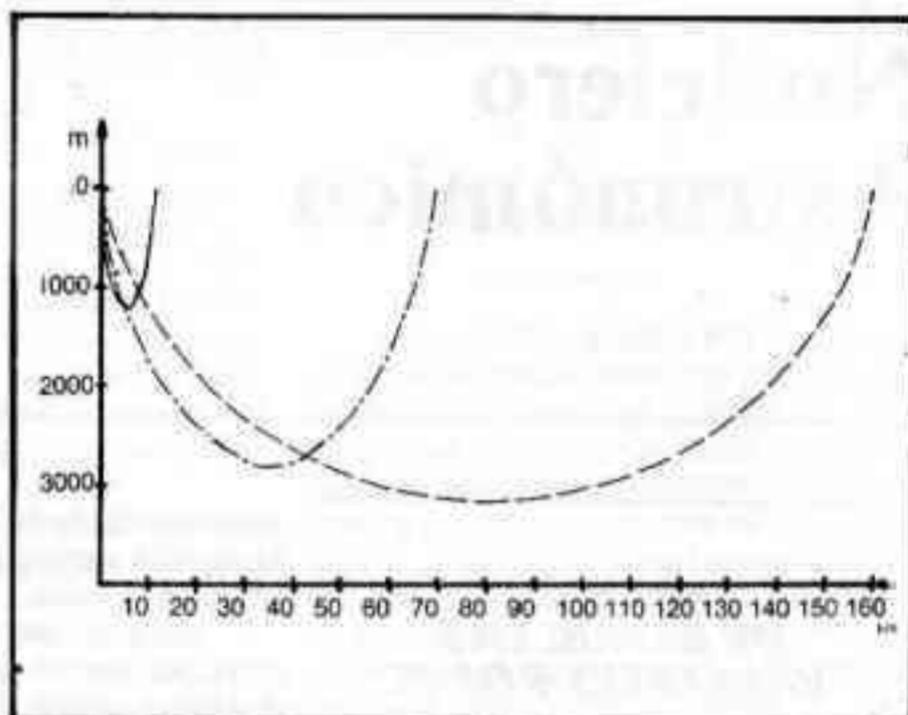


GRAFICA N° 6

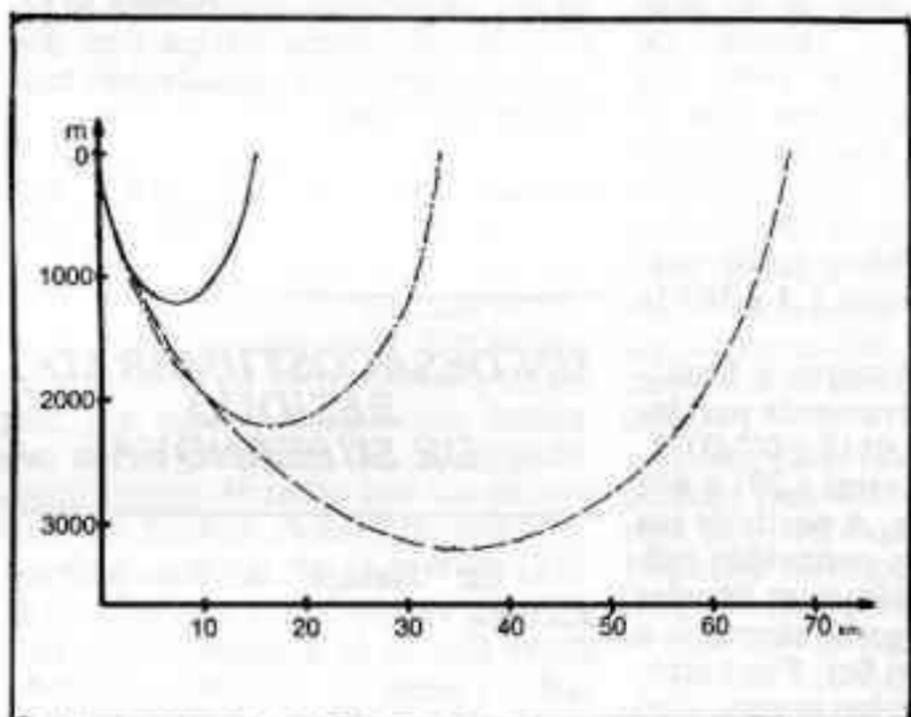
Walter	160 Km.	3.600 m.
Aphonsus	145 Km.	3.200 m.
Purbach	145 Km.	3.200 m.
Arzachel	132 Km.	4.800 m.
Alianensis	120 Km.	4.800 m.
Regiomontanus	111 Km.	3.600 m.
Apianus	90 Km.	3.600 m.



GRAFICA N° 7



GRAFICA N° 9



GRAFICA N° 8

Por su parte el cráter Gómez es el de menores dimensiones (11 Km. y 1.200 m.).

Las características internas del cráter Walter son: 41 montañas, de ellas quince son picos aislados (2.500 m. de altitud media), un macizo de dos picos (1.000 m.), uno de veinte (2.000 m.) y otro macizo de cuatro picos (1.800 m.); asimismo tiene 58 cráteres internos de 800 m. de profundidad media.

Las características internas de Regiomontanus son

las siguientes: 41 montañas agrupadas tal como indicamos a continuación: doce aisladas (1.200 m. de altura media), dos macizos de dos picos cada uno (1.000 m.), uno de cuatro picos (1.400 m.), un macizo de seis picos (1.800 m.), y otro de ocho picos (1.600 m.); y 27 cráteres internos (de 400 a 800 m. de profundidad media).

Purbach presenta el siguiente relieve físico: 35 montañas internas distribuidas así: diez picos aislados (1.880 m.), un macizo de tres picos (1.400 m.), uno de cuatro picos (1.600 m.), otro de cinco picos (1.800 m.) y un macizo de trece picos (2.000 m.); y 26 cráteres internos (cuyas profundidades oscilan entre 400 y 1.200 m.).

Arzachel tiene veinte picos, de ellos nueve aislados (1.000 m.), seis volcanes aislados (1.200 m.), un macizo de dos volcanes (800 m.) y otro de tres volcanes (1.000 m.) y 18 cráteres (400 m.).

Considerando los parámetros físicos de los cráteres mayor, medio y menor obtendremos la siguiente tabla con la gráfica N° 9.

Walter	160 Km.	3.600 m.
Gómez	11 Km.	1.200 m.
Medio	69,3 Km.	2.874 m.

Continuará

Miguel Ruffo y Carlos Rúa

PROGRAMA DE CANJE Y SUSCRIPCIONES

REVISTA ASTRONOMICA mantiene un extenso programa de canje con instituciones similares del interior y exterior del país. Actualmente el programa involucra más de 120 instituciones a lo ancho de todo el mundo. También enviamos ejemplares sin cargo a una lista selecta de Observatorios y Bibliotecas del país y del exterior.

Asimismo a partir de 1980 hemos abierto la posibilidad de suscribirse a **REVISTA ASTRONOMICA** a todos aquellos interesados a quienes fundamentalmente por residir alejados de Buenos Aires, no les resulta atractivo asociarse a nuestra Asociación.

Los interesados en nuestro programa de canje o en suscribirse a **REVISTA ASTRONOMICA** sírvanse escribir directamente a:

ASOCIACION ARGENTINA AMIGOS DE LA ASTRONOMIA - REVISTA ASTRONOMICA

Av. Patricias Argentinas 550 - 1405 Buenos Aires - Argentina.

y a vuelta de correo recibirán las instrucciones pertinentes.

Noticiero Astronómico

A cargo del Sr. Mario Vattuone

MASAS DE ESTRELLAS VARIABLES ROJAS

Las evidencias con que contamos acerca de las masas de las variables tipo Mira y de las semirregulares rojas estrechamente emparentadas con aquellas son sólo limitadas. El método básico para determinar masas estelares puede aplicarse solamente a miembros de sistemas binarios, y no existe ninguna supergigante roja perteneciente a un sistema binario visual cuyos elementos orbitales y distancias a la Tierra se conozcan con exactitud.

Como hace notar el experto en estrellas dobles francés Paul Baize en un reciente número de "L'Astronomie" hay sólo cinco supergigantes rojas con compañeros visuales que han mostrado un movimiento orbital apreciable. Dos de dichas supergigantes son variables de tipo Mira (la propia Mira y X Ophiuchi) mientras que las otras tres son semirregulares (Eta Geminorum, Antares y Alfa Herculis o Rasalgethi). En cada caso el período de la binaria parece tener muchos siglos de duración, con lo cual hasta ahora sólo se ha observado un corto arco de la órbita completa. Partiendo de las mediciones de las estrellas dobles, Baize ha podido calcular la distancia de cada par a la Tierra mediante el método de la paralaje dinámica y luego deducir la masa total aproximada de cada binaria. Después, con la ayuda de la relación masa-luminosidad, ha podido determinar qué fracción de dicho total correspondía a la componente supergigante roja.

Desde 1923 se sabe que Mira es una binaria de componentes próximas. Según la interpretación que hace Baize de las mediciones, el ángulo de posición ha variado sólo 15° mientras que la separación angular ha disminuido levemente, a 0'',6 en la actualidad. Baize calcula como paralaje dinámica 0'',0058 lo que corresponde a una distancia de 562

años luz desde la Tierra. La masa de la estrella supergigante viene a ser de unos 15,7 soles.

Mira es una de las más grandes estrellas que se conozcan. Con una distancia como la que se da más arriba, su diámetro angular de 0'',053 nos dice que tiene un diámetro 983 veces mayor que el Sol. Si se colocara a Mira en el lugar que ocupa aquel, su superficie alcanzaría casi la órbita de Júpiter. La densidad media de Mira es extraordinariamente baja; sólo $1,3 \times 10^{-7}$ la del Sol.

Según Baize, Antares y Rasalgethi tienen respectivamente paralajes dinámicas de 0'',0112 y 0'',0073, por lo que vienen a estar a 291 y 446 años luz de distancia. A partir de sus diámetros angulares conocidos calcula Baize que los diámetros lineales de Antares y Rasalgethi alcanzan a 394 y 457 veces el del Sol. Por tanto, estas dos estrellas miden apenas algo menos de la mitad de Mira. La masa de Antares es de 15,5 soles, la de Rasalgethi 15,8, mientras que las de Eta Geminorum y X Ophiuchi son, respectivamente, 13,6 y 15,9 soles.

Por ello Baize llega a la conclusión que la masa promedio de las estrellas Mira y sus parientes próximas las semirregulares es de cerca de 15 masas solares, en razonable acuerdo con los actuales enfoques teóricos. Da detalles en "L'Astronomie", n.94, p.71, 1980.

Sky & Tel., News Notes -
Jul 1980 - p. 13

LA ESTRUCTURA ESPIRAL DE M31; UN ENFOQUE MORFOLOGICO

F. Simien y colaboradores han reconstruido la estructura espiral de M31 sobre la base de una nueva lista de 981 zonas H II y de las asociaciones OB de Van den Bergh. Por la distribución de estos indicadores de brazos, por algunos argumentos referentes a la densidad del H I y por una asimetría en la curva de ro-

tación, los citados científicos han llegado a la conclusión de que la solución más probable para la estructura insólita de M31 es la de una espiral con un solo brazo, distorsionada por la próxima compañera M32, y no la estructura clásica con dos brazos, como se ha considerado hasta este momento.

Astron. Astrophys., vol.67 n.1
(Jun/78) p. 73-79

UN DESACOSTUMBRADO RESIDUO DE SUPERNOVA

En "Nature" del 6 de Marzo, Richard G. Strom y sus colaboradores llaman la atención sobre una radio fuente de Cygnus, conocida como CTB 80. Es probablemente un residuo de supernova, porque las observaciones en radio muestran que su espectro es no térmico y su radiación está fuertemente polarizada. CTB 80 es notable por su forma irregular y especialmente por un pico central brillante con un radio espectro plano (la intensidad permanece constante en varias longitudes de onda). La posición del pico coincide con un penacho de nebulosidad que aparece en la fotografía en luz roja de esta región, de la Palomar Sky Survey.

Con el convencimiento de que se trata posiblemente de un residuo de supernova relativamente reciente, el grupo Strom sugiere que podría identificarse con la supernova del año 1408. Hay poderosos motivos para creer que apareció a comienzos del otoño de dicho año una brillante supernova no lejos de 17 Cygni. Li Qi-Bin, del Observatorio de Pekin, halló no menos de nueve registros de la nueva estrella en antiguos anales chinos. Este astrónomo sugiere que el resto de dicha explosión es la fuente de rayos X Cygnus X-1, la que se halla situada a unos 3° de CTB 80.

Desafortunadamente, la posición de la nueva estrella de 1408 no

REVISTA ASTRONOMICA

se conoce con precisión suficiente como para establecer definitivamente cual de los dos candidatos es el correcto. Dos razones indirectas señalan a CTB 80 como su más probable descendiente, Cygnus X-1 no presenta extensa radio emisión asociada a la misma; además el sistema binario al que pertenece habría sido posiblemente disgregado por la explosión de una supernova.

Sky & Tel., News Notes - Jul. 1980 - p. 10

ACERCA DE UN OBJETO BL LACERTAE RECIENTEMENTE IDENTIFICADO

Un notable objeto extragaláctico designado PKS 2155-304 ha atraído la atención de muchos astrónomos ópticos, de rayos X y radioastrónomos, en estos últimos tiempos. La citada designación indica que en un principio fue catalogado como fuente de radio por los científicos de Parkes, Australia, por medio de su antena de 64 metros (210 pies); también significa que sus coordenadas aproximadas son: AR 21h 55m; Decl. -30°,4, en la constelación Piscis Austrinus.

Dos equipos de investigadores del Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics y el Jet Propulsion Laboratory, utilizando ambos los instrumentos del ingenio espacial HEAO-1, captaron una emisión de rayos X intensa y variable desde la citada fuente. El observatorio orbitante HEAO-1 conducía colimadores de modulación proyectados para medir posiciones precisas de fuentes de rayos X. En esta forma, PKS 2155-304 fue identificado con una estrella azul de magnitud 14. Observaciones ópticas posteriores mostraron que esta estrella varía entre las magnitudes 12,8 y 14,2 en la corta escala de tiempo de aproximadamente un mes, que su espectro es continuo y casi desprovisto de rasgos característicos y que, además, su luz está parcialmente polarizada.

A más de esto, R.E. Griffiths y sus colaboradores descubrieron una nebulosidad muy débil en torno de la estrella en una fotografía tomada en luz roja con el reflector de 2m28 (90 pulgadas) de la Universidad de Arizona. Estos astrónomos sugieren que la "estrella" es, por consiguiente, el núcleo sumamente luminoso y activo de una lejana galaxia elíptica; en otros términos un objeto BL Lacertae.

W.A. Snyder y una docena de colaboradores de la Universidad Johns Hopkins, del Laboratorio Naval de Investigación y de la Universidad de California en Los Angeles, han informado sobre el más reciente estudio en rayos X de PKS 2155-304. Sus observaciones fueron efectuadas con otro instrumento del HEAO-1, que por una semana entera tomó una vista de 10 segundos de la fuente cada media hora, mientras el satélite giraba.

Se halló que las variaciones de PKS 2155-304 en rayos X son amplias y rápidas, con una intensidad que a veces cambia en un factor de dos en seis horas. Snyder y sus colaboradores lo han llamado "uno de los objetos extragalácticos de variación más rápida que se conozcan (en cualquier longitud de onda)". La significación de la rapidez de la variación es que la emisión variable tiene que provenir de un volumen relativamente pequeño, probablemente bien por debajo de seis horas-luz de extensión, que es aproximadamente la distancia de Plutón al Sol.

Los investigadores del Jet Propulsion Laboratory (JPL) informaron que su equipo a bordo del HEAO-1 ha captado un destello de rayos X de un segundo de duración desde las proximidades del PKS 2155-304. Sin embargo, el grupo de Snyder no pudo hallar ningún fenómeno de esta naturaleza en un detenido exámen de sus propios datos.

Una determinación digna de confianza del corrimiento al rojo de PKS 2155-304 sería de gran utilidad, porque así podría apreciarse su distancia, pero desafortunadamente, los espectros ópticos de los objetos BL Lacertae carecen casi enteramente de detalles, con lo cual los resultados son contradictorios. P. Charles, J. Thorstensen y S. Bowyer, mediante el reflector Shane de 3m (120") del Observatorio de Lick, descubrieron una ancha banda de emisión centrada aproximadamente en los 5850 angstroms, que identificaron como rayas del oxígeno doblemente ionizado corridas hacia el rojo. La cantidad de corrimiento corresponde a la enorme distancia de 10' parsecs. Empero, ninguna traza de esta banda de emisión pudo ser captada por el grupo de Snyder haciendo uso del mismo telescopio. Los detalles de esto se han publicado en las "Astrophysical Journal Letters" de Abril 1 de 1980.

Sky & Tel., News Notes - Jul 1980 - p. 13

UNA ESTRELLA DE EVOLUCION MUY RAPIDA

La notable variable FG Sagittae se capta normalmente con pequeños telescopios como un objeto de 9ª magnitud, después de haber aumentado de brillo constantemente por lo menos cuatro magnitudes entre 1895 y 1967. Las fotografías tomadas con grandes telescopios muestran que es la estrella central de una pequeña y pálida nebulosa planetaria que expulso hace cerca de 6.000 años. En la actualidad existe un flujo continuo de gas desde la estrella, lo que indica la formación de una nueva envoltura en expansión, mucho más pequeña.

Descubierta por primera vez en 1955 por Karl Henize, esta envoltura interior es una naciente nebulosa planetaria cuya superficie semeja una fotosfera estelar, como han hecho notar C.A. Herbig y A.A. Boyarchuk. En 1962 esta falsa fotosfera tenía 24 radios solares y en 1977 presentaba un radio igual a 70 veces el del Sol, de acuerdo con C.A. Whitney. Esta expansión hace que FG Sagittae se comporte como una estrella supergigante en evolución muy rápida.

En efecto, el espectro de FG Sge ha ido cambiando progresivamente desde el de una estrella B4 en 1955 al de una G a fines de la década de 1970. Como consecuencia, la estrella ha enrojecido.

Además de sus grandes y lentos cambios de luz, FG Sge presenta pequeñas variaciones semi-regulares con una amplitud de 0,5m o menos. Esta variación secundaria tenía un período de 19 días cuando fue descubierta por los astrónomos alemanes W. Wenzel y W. Fürtig en 1962. Desde entonces, el período se ha alargado constantemente y alcanzó a 108 días en 1979, de acuerdo con Johanna Jurcsik y L. Szabados, según su fotometría fotoeléctrica en el Observatorio Konkoly. Un gráfico que acompaña el trabajo de estos dos astrónomos húngaros muestra que el período ha ido alargándose a un promedio de unos 4,9 días por año.

Este alargamiento es una consecuencia directa de la expansión evolutiva. Es bien sabido que el período fundamental de una estrella pulsante (en primera aproximación) es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad media. En consecuencia, el crecimiento de la falsa fotosfera año tras año significa

JULIO - SEPTIEMBRE • 21

que la densidad disminuye y, por lo tanto, el período se alarga consecuentemente.

Con su rápido cambio de tipo espectral, la situación de FG Sge en el diagrama de Hertzsprung-Russel ha ido desplazándose hacia la derecha. Jurcsik y Szabados comentan: "Si suponemos que FG Sge está cruzando la zona de inestabilidad (la porción del diagrama H-R en que una estrella presenta pulsaciones semejantes a las de una cefeida), el momento de entrada en dicha zona fue hacia 1960. Es muy desafortunado que no se disponga de observaciones fotoeléctricas para dicha época. Ciertamente, cuando FG Sge abandone la zona de inestabilidad en el extremo de baja temperatura en un futuro cercano, su observación no queda más allá del terreno de las posibilidades".

Los astrónomos húngaros informaron de su trabajo en "Information Bulletin on Variable Stars" N° 1.722, publicado por el Observatorio Konkoly. Para mayor información sobre FG Sagittae, véase el artículo de Robert P. Kraft en el número de julio de 1974 de "Sky and Telescope", pág. 18. Las coordenadas 1950 para esta estrella son: AR,

20h 09m,7; Decl., +20° 11'.

Sky & Tel., News Notes - Jun 1980 - p.462

VW CEPHEI COMO FUENTE DE RAYOS X

La estrella VW Cephei, de mag. 7, ha sido conocida desde hace mucho como un sistema binario eclipsante formado por dos estrellas casi en contacto, que giran en torno de un centro de gravedad común a razón de una vuelta cada 6,7 horas. Ambas componentes son estrellas de la secuencia principal, con masas de 1,1 y 0,4 la del Sol. Dado que ambas estrellas casi se tocan, están considerablemente alargadas ecuatorialmente por su mutua atracción gravitatoria. Situada a sólo 80 años luz del Sol, VW Cep. se encuentra entre las más próximas y más brillantes binarias de contacto.

Los detectores de rayos X del satélite HEAO-1 del Laboratorio Naval de Investigación han captado una débil fuente de rayos X en Ce-

feo, que parece ser VW Cep. Al informar sobre este descubrimiento en las "Astrophysical Journal Letters", Russell W. Carroll y sus colaboradores mencionan dos puntos de evidencia que confirman esta identificación. El satélite Internacional Ultraviolet Explorer ha descubierto intensas líneas de emisión en el espectro del ultravioleta lejano tanto de VW Cep. como de otra binaria de contacto próxima, 44 Bo-otis B. En segundo lugar, existen indicaciones que el flujo de rayos X de VW Cephei varia con idéntico período que el movimiento orbital.

El Dr. Carroll y sus co-autores sugieren que ambas estrellas de VW Cep. comparten una envoltura cromosférica y coronal común, de la cual provienen tanto la emisión del UV lejano como la de rayos X. Dicha corona tiene que ser mucho más densa que la del Sol. A pesar de que se dispone de una gran reserva de energía almacenada —p. ej. en la rotación— la manera en que ésta sería convertida en rayos X está lejos de ser clara.

Sky & Tel., News Notes - Jun 1980 - p. 462

Noticias de la Asociación

ESPEJO DE Ø 380 mm.

El señor Aristóbulo Gómez Rupérez, de la firma EL SOPLETE SRL, ha tenido la gentileza de donar a nuestra Asociación un disco de vidrio Pyrex de 380 mm de diámetro. Con el se proyecta realizar en el ámbito de nuestro Taller de Óptica un gran reflector newtoniano. A los efectos se ha constituido un grupo integrado por los Sres. Alejandro Di Baja y José M. Requeijo quienes tallarán los componentes ópticos, y el Sr. Alejandro Rainieri quien trabajará en el gran tubo de 500 mm de

diámetro y 2.500 mm de largo. En lo referente al tallado del espejo, ya se ha completado la preparación de la herramienta de trabajo consistente en un disco nervado de aluminio fundido del diámetro apropiado, el que fue cilindrado y frentado en el torno dependiente de la Subcomisión Mecánica. A medida que se produzcan avances significativos en este tema iremos informando a nuestros lectores de los mismos.

CAMARA FOTOGRAFICA "PRAKTICA CONVERTIBLE"

Aprovechando las facilidades de importación directa que permiten las disposiciones vigentes encargamos directamente a la firma Robert. T. Little de EE.UU. una cámara fotográfica del tipo reflex especialmente adaptada para la fotografía astronómica. La misma, es una versión modificada de la cámara PRAKTICA, la que incorpora un visor con ocular regulable en dioptrías y platinas de enfoque intercambiables, un sistema dispa-

rador con bulbo, fotómetro a través del objetivo, y además los componentes estándar para la fotografía ordinaria (pentaprisma, objetivo de 50 mm., etc.). Incluyendo los impuestos vigentes, que debieron abonarse al retirar la cámara de la aduana, el costo total ascendió a \$1.500.000, lo que representa una buena inversión teniendo en cuenta los precios en plaza de cámaras reflex similares.

ATLAS DE ESTRELLAS VARIABLES DE LA AAVSO

Hemos recibido finalmente el impresionante atlas de estrellas variables de la AAVSO distribuido en EE.UU. por Sky Publishing Co. El material que contiene es copioso y de gran calidad. Las cartas vienen en forma de hojas sueltas, posiblemente para facilitar su

fotocopiado. En una próxima entrega brindaremos una nota bibliográfica completa de esta valiosa adquisición, a cargo de nuestro especialista en la materia, Mario Vattuone.

CUOTAS SOCIALES VIGENTES

En el número anterior de nuestra revista a raíz de un error de tipeado se omitió un párrafo en la nota que daba cuenta de las nuevas cuotas sociales, por lo que la información quedó incompleta. Las cuotas vigentes son las siguientes:

Socios Activos: 1981, 1° trimestre \$57.000; 2° trimestre

\$63.000; 3° trimestre \$69.000; 4° trimestre \$76.000; 1982, 1° trimestre \$90.000.

*

Socios Cadetes: 1981 1° trimestre \$43.000; 2° trimestre \$47.000; 3° trimestre \$52.000; 4° trimestre \$57.000; 1982, 1° trimestre \$60.000.

SOCIOS NUEVOS

X 4556 RICARDO ALFREDO GIL HUTTON
4557 GUILLERMO CHIAPPE
4558 GABRIEL SANTACROCE
4559 ALEJANDRO DANIEL ALONSO RENOR
4560 MIGUEL ANGEL CALMON
4561 MARIA LUISA LEIDI
4562 MARIA RAQUEL DE MAREATTO
4563 ELBA HOFFMAN DE ARGERICH
4564 PATRICIA A. DE SCHMIDT
4565 ROBERTO M. BERG
4566 GUSTAVO ALBERTO MARQUES
4567 HUGO FLOREAL AMOR
4568 JOSE M. HUALDE
4569 JOSE RAUL FRANCO
4570 NORBERTO ALFREDO GORI
4571 SAMUEL ENRIQUE ROZWADOWER
4572 NOEMI FRAGUAS
4573 OSVALDO HORACIO PANE
4574 QUIROGA NELSON DOMINGO
4575 CARLOS OSVALDO GLASSERMAN
4576 ALICIA LEONOR ALZATI
4577 JOSE HORACIO MARTOS
4578 ANGEL VENTURA BAGNACEDRI

4579 RITA DAMIRDJIAN
4580 BEATRIZ FRENKEL
4581 JOSE REIMUNDO FANDI
4582 WALTER ESTEBAN POLAKOFF
4583 DOMINGO ANTONIO GALLO
4584 ANDREA DIANA CLERICI
4585 JORGE ANDRES DEVOTO
4586 HORACIO LUIS
4587 RODOLFO CASTELO
4588 JUAN CRUZ BAZTERRICA
4589 ALEJANDRO CHURLA
4590 PAULINO ALBERTO MALDONADO
4591 CARLOS DANIEL TAVALLA
4592 BEATRIZ ELCIRA MAROTTOLI
4593 ANTONIO ROBERTO PIRIZ
4594 GERARDO SODING
4595 JUAN PABLO BULBARELLA
4596 ULISES OCTAVIO COUSIDO
4597 CRISTINA BEATRIZ GORINI
4598 PATRICIA OTEIZA
4599 ANTONIO MACUSO
4600 MARCELO PABLO TOMAINO

ALGUNAS FOTOGRAFÍAS PLANETARIAS ENVIADAS POR AFICIONADOS

Hemos recibido en nuestra redacción fotografías de Júpiter y Saturno enviadas por dos activos aficionados. En primer lugar, nuestro consocio el señor Carlos Eycel Gereda, de la República Oriental del Uruguay, nos ha enviado un par de fotografías de ambos gigantes gaseosos. Las tomas fueron realizadas con su reflector newtoniano de 220 mm. de abertura, mediante el método de proyección con un ocular de 4 mm. La película Kodak Plus-X revelada en D-76; la exposición de 5 sec. el 8/1/81 a las 07.14 T.U. para Júpiter, y 30 sec. el mismo día a las 06.59 T.U. para Saturno. El señor Eycel Gereda es un experto aficionado a la fotografía astronómica, y en nuestra última exposición astronómica pre-

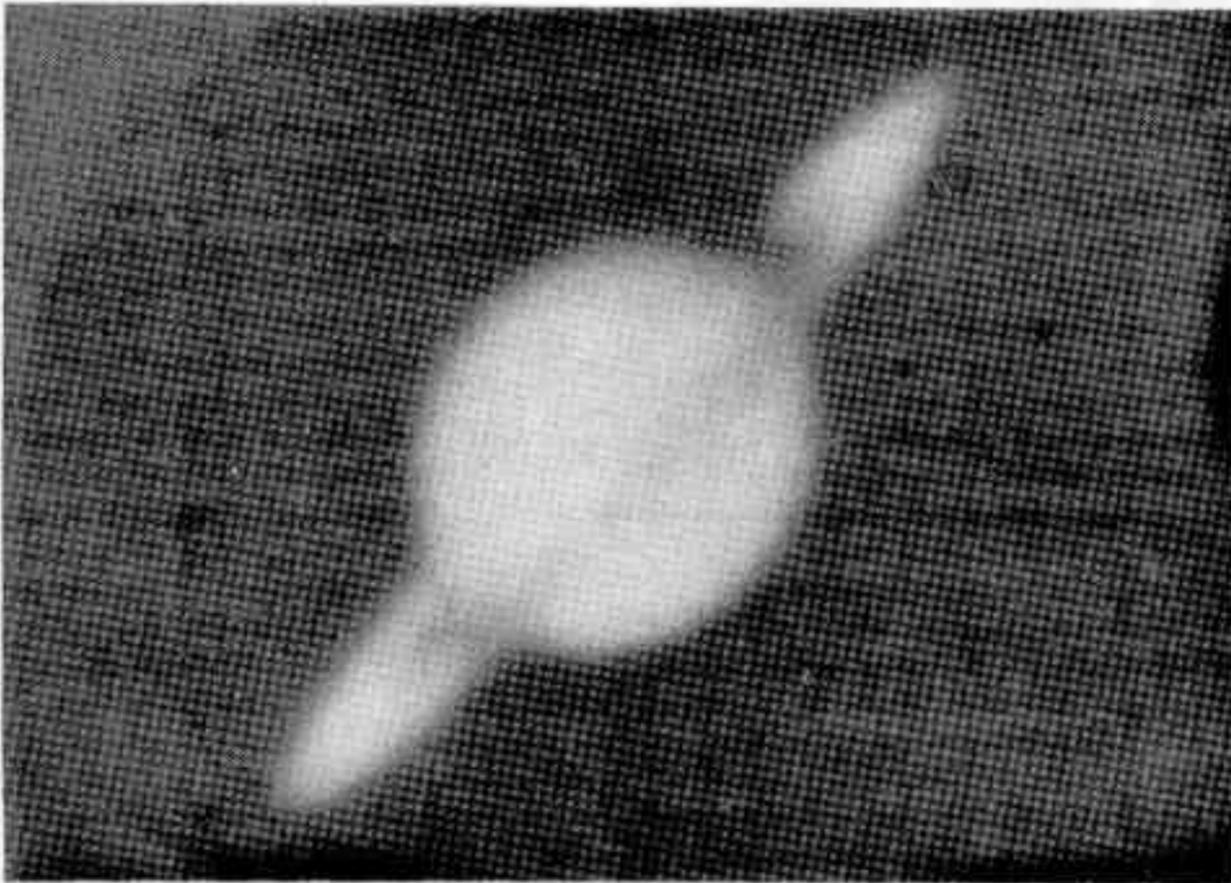
sentó una excelente serie de fotografías que provocaron admiración entre nuestros consocios. Actualmente está preparando especialmente para REVISTA ASTRONÓMICA un artículo donde describe sus técnicas fotográficas, el que publicaremos en 1982.

La tercera fotografía nos fue enviada por nuestro ex-consocio y actual suscriptor de REVISTA ASTRONÓMICA José Vella, de la ciudad de Rosario. El equipo empleado consiste en un reflector newtoniano de 200 mm. con óptica provista por MANUFACTURAS OPTICAS RUBA y montaje ecuatorial realizado por ALEJANDRO DI BAJA. La técnica empleada fue el método afocal, es decir cámara reflex enfocada a infini-

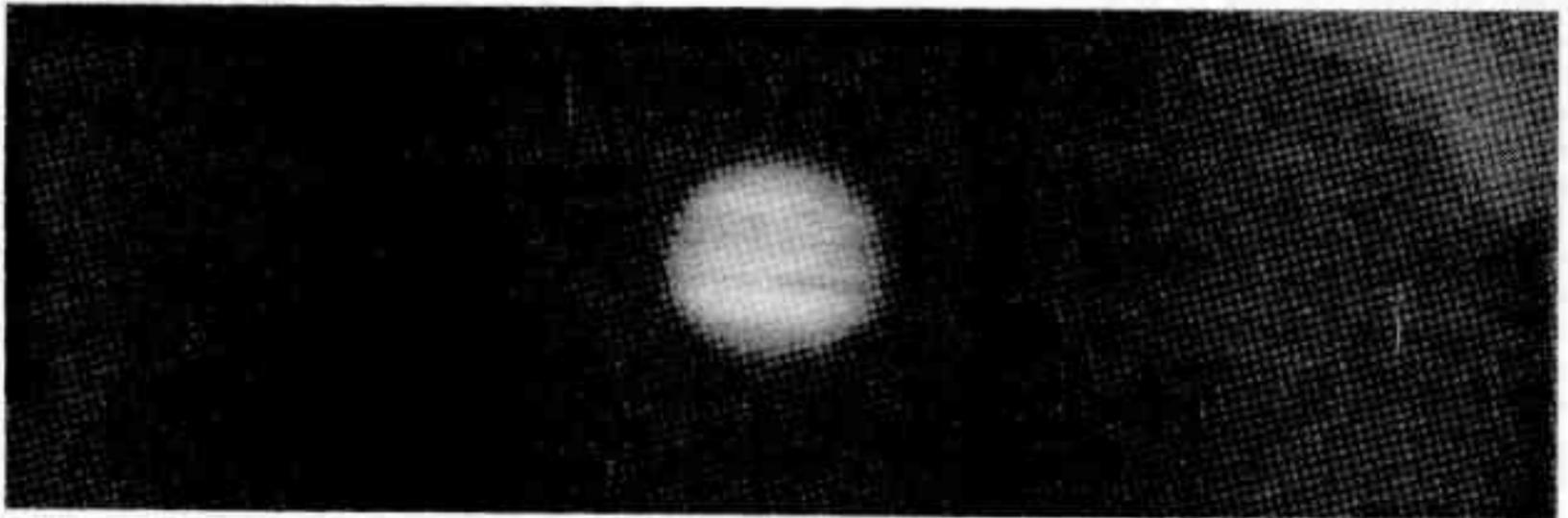
to colocada detrás del ocular. La toma fue captada el 25/2/79 a las 23.40 (hora legal argentina); la exposición 1/8 sec. en película Agfapan 400 Profesional, revelada en Ultra ASA de Kilux por 18,5 min. a 27,5°C. el sistema óptico trabajaba con una distancia focal efectiva de 15.000 mm., la que se obtenía a partir de los 1.200 mm. del primario mediante un ocular de 4 mm. y el objetivo

de la cámara Olympus OM-1 de 50 mm.

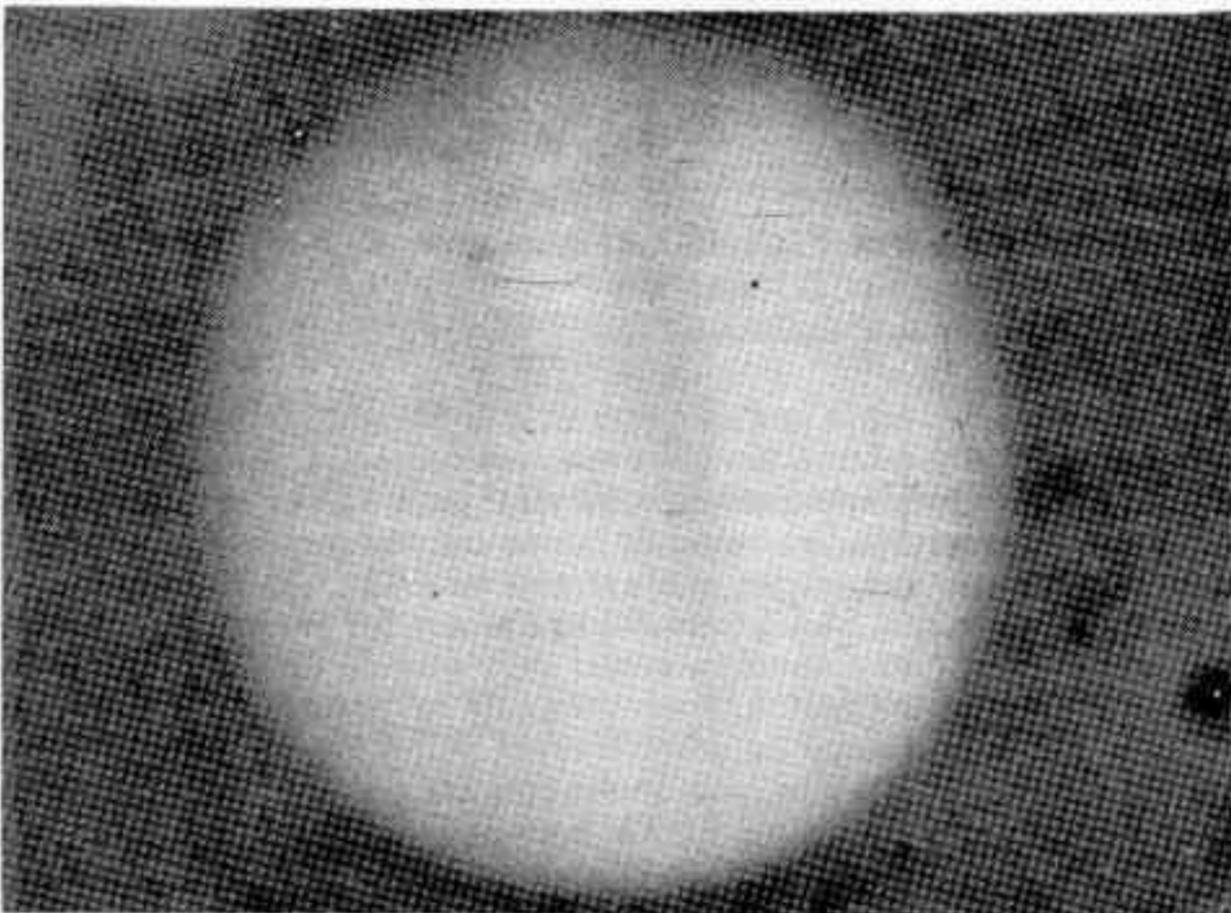
Confiamos que estos datos sirvan de guía a otros aficionados interesados en este delicado terreno de la fotografía planetaria. Alentamos asimismo a nuestros lectores a que nos envíen sus fotografías o resúmenes de observaciones para publicar en REVISTA ASTRONÓMICA.



• SATURNO
Foto por Eysel Gereda.



JUPITER
Foto por José Vella •



• JUPITER
Foto por Eysel Gereda