

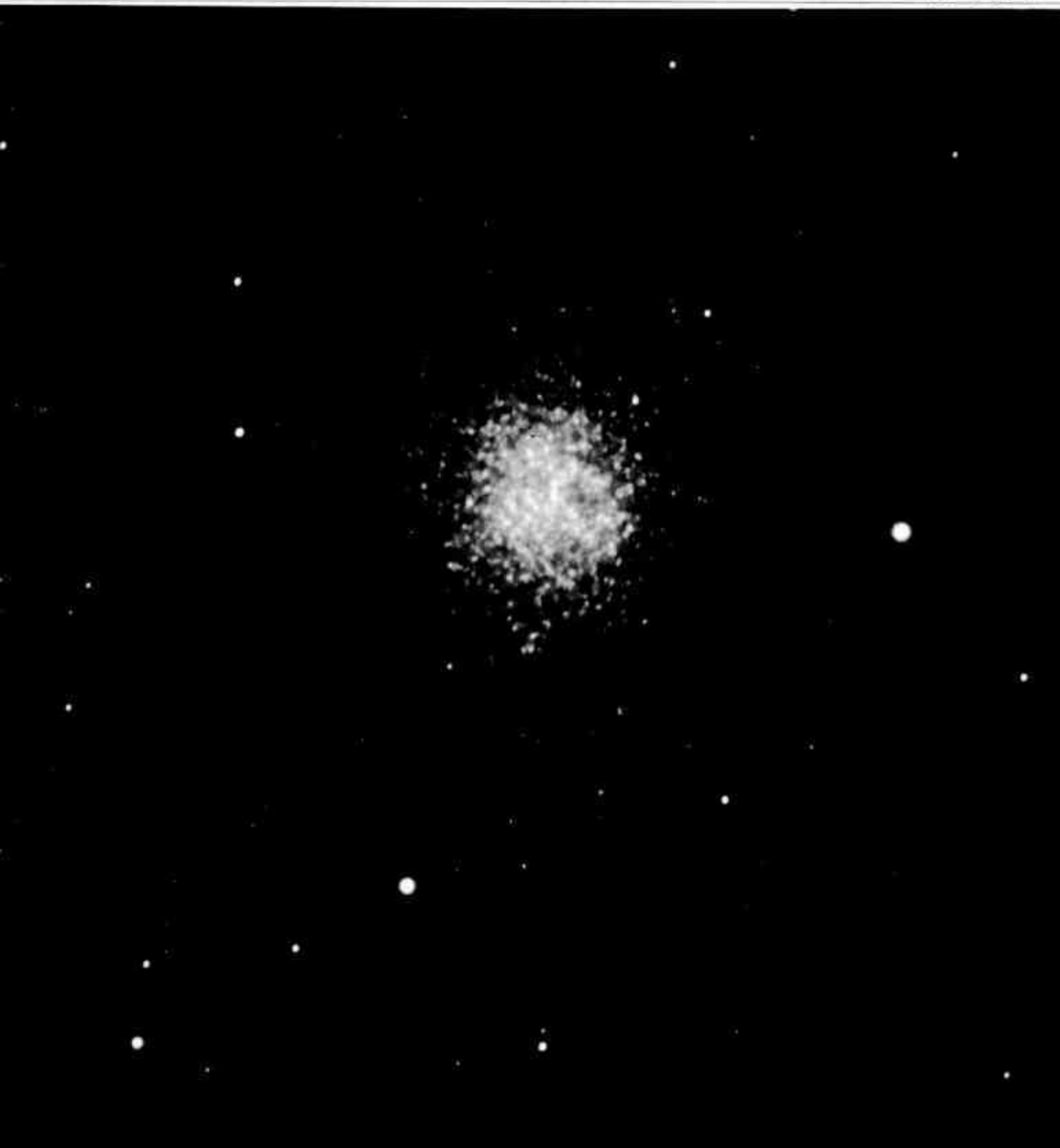
REVISTA

ASTRONÓMICA



ABRIL 1997

Nº255



N° 255
Abril de 1997
AG ISSN 0044-9253
REGISTRO NACIONAL DE LA
PROPIEDAD INTELECTUAL
N° 713.154

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.
Av. Patricias Argentinas 550, 1405 Buenos Aires, Argentina
Dirección postal: C.C. 369, Correo Central, 1000 Buenos Aires, Argentina.
e-mail: revast@aaaa.org.ar

DIRECTOR:

Ing. Cristian Rusquellas

SECRETARIOS DE REDACCIÓN:

Ing. Carlos E. Angueira Vázquez

Sr. Roberto Mackintosh

Sr. Gustavo D. Rodríguez

SECCIONES FIJAS:

Observatorio: Ing. Carlos E. Angueira Vázquez

Óptica: Sr. Rodolfo Caprio

Radioastronomía: Ing. Jesús López

Educación: Sr. Alejandro E. Blain

FOTOGRAFÍA:

Sr. Alejandro E. Blain

DIAGRAMACIÓN:

Ing. Cristian Rusquellas

CORRECCIÓN:

Sr. Miguel A. Barone

CANJE:

Sra. Gloria I. Roitman

EFEMÉRIDES:

Ing. Cristian Rusquellas

COMISIÓN DIRECTIVA:

PRESIDENTE:

Sra. Gloria I. Roitman

VICEPRESIDENTE:

Ing. Cristian Rusquellas

SECRETARIO:

Arq. Adriana M. Volpe

PROSECRETARIO:

Ing. Ricardo F. Sánchez

TESORERO:

Sr. José M. Alani

PROTESORERO:

Dr. José C. Caldararo

VOCALES TITULARES:

Sr. Alejandro E. Blain

Ing. Carlos E. Angueira Vázquez

Sr. Enrique Pereira de Lucena

Ing. Jesús López

Sr. Demóstenes Baudraceo

Sr. Néstor Rosso

VOCALES SUPLENTE:

Sra. Leticia Ortiz Noguera

Sr. Mauricio Berthet

Sr. Jorge Weselka

COMISIÓN REVISORA DE CUENTAS:

Prof. Alejandra Senici

Dr. Juan Carlos Rodríguez

Cont. Fabián Rodríguez

Impreso en COGTAL

Rivadavia 767, Buenos Aires.

CORREO
ARGENTINO
SUC. 5 (B)

FRANQUEO PAGADO
Concesión N° 2926

REVISTA ASTRONÓMICA



Fundador: CARLOS CARDALDA
Organo de la Asociación Argentina
Amigos de la Astronomía

Entidad sin fines de lucro con personería jurídica por decreto de Mayo 12 de 1937, inscripta con el número c/1812. Incluida en el Registro Nacional de Entidades de Bien Público con el N° 6124.
REVISTA ASTRONÓMICA es marca registrada de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía.

S U M A R I O

CÚMULOS GLOBULARES (PARTE I).....	3
DESDE EL ANTEOJO ASTRONÓMICO HASTA	
ROEMER.....	10
BREVE GUÍA DE LAS CONSTELACIONES	11
NOTICIERO RADIOASTRONÓMICO.....	16
OBSERVACIONES VISUALES DE ER CARINAE Y	
R MUSCAE	18
ESTUDIO DE ESTRELLAS DOBLES CON CCD.....	20
REGIONES OSCURAS EN CÚMULOS	
GLOBULARES	22
TORMENTAS DE POLVO EN EL POLO NORTE	
MARCIANO.....	24
LA VISITA DEL COMETA 22P/KOPFF.....	25
NOTICIAS DE LA ASOCIACIÓN.....	26
UN REFLECTOR DE FOCO CORTO CON CORRECTOR	
DE COMA PARA LA FOTOGRAFÍA DE OBJETOS DE	
"CIELO PROFUNDO"	27

EDITORIAL

En esta ocasión el Editorial sirve para salvar una lamentable omisión. En el Número 254, nuestra revista lució en la tapa una magnífica fotografía del cometa Hyakutake. En el lugar correspondiente, transcribimos las características técnicas de la destacable toma, pero olvidamos algo muy importante: su autor, el Lic. Mariano Ribas, que tan gentilmente nos la cediera.

Hasta la próxima los saluda,

El Director

NUESTRA TAPA: Foto tomada por Héctor Lepez, Hugo Mira y Ricardo Gil Hutton (Observatorio Félix Aguilar y Universidad Nacional de San Juan). Telescopio astrográfico de 0,5m de la Estación de Altura "Carlos U. Cesco". Exp. 15 min, emulsión APX100, Focus 17,3.

CÚMULOS GLOBULARES (PARTE I)

Por Marisa Faraggi y Evelia Hernández

INTRODUCCIÓN

El presente texto, se halla dedicado a aquellos aficionados a la Astronomía que atraídos por los cúmulos globulares (C.G.) quieran obtener información sobre los mismos. Motivadas por la inexistencia de un trabajo completo que resuma gran parte de los datos obtenidos hasta el momento por los profesionales, trataremos aquí de brindarles material suficiente para capacitarlos, como así también incentivarlos a investigar y profundizar sobre los temas que les resulten interesantes, para que hagan sus propias observaciones y saquen sus conclusiones.

La información en la que se ha basado este trabajo, ha sido extraída de una amplia bibliografía (detallada al final) en la que se incluyen definiciones generales de los C.G., su evolución, una breve reseña histórica y últimos trabajos realizados.

Asimismo se informa sobre metodología de trabajo: cómo observar, cuáles son los instrumentos más adecuados para su observación y las técnicas empleadas.

Esperamos que toda la información aquí depositada, les sea de utilidad para lograr sus objetivos.

HISTORIA SOBRE CÚMULOS GLOBULARES

Con la aparición de los primeros telescopios, los astrónomos comenzaron a rastrear el cielo observando que además de estrellas había objetos nebulosos, no visibles a simple vista. A medida que los telescopios se perfeccionaban, más objetos nebulosos iban apareciendo.

Podríamos decir, que la observación de C.G. fue algo casual, ya que algunos astrónomos los identificaban para no confundirlos con otros objetos de su interés. Un ejemplo de esto fue Charles Messier quien en 1784 crea el primer catálogo que lleva su nombre (todavía en uso).

Sin embargo, la historia de los C.G. se remonta a mucho tiempo atrás. Disfrazado a simple vista como una nebulosidad de estrellas, Omega Centauri fue registrado como tal por Ptolomeo. Edmund Halley mientras estudiaba el cielo del sur desde Santa Elena en 1677, descubrió que las estrellas de Omega Centauri de Ptolomeo eran realmente un cúmulo. El 14 de abril de ese año, el cometa de Halley y su globular serían su cuarto aporte a la Astronomía.

Sir John Herschel describió a Omega Centauri como el más rico y más extenso objeto de su tipo en el cielo. Por otra parte, Arthur P. Norton, en su Atlas de estrellas los describe parecidos a cabezas de cometas.

William Herschel, nacido en Hannover en 1738, fue otro de los observadores de C.G.. Comenzó construyendo telescopios. Su objetivo principal era observar más allá del sistema solar y descubrir la estructura del Universo; para ello, era necesario disponer de instrumentos diferentes y de potencia cada vez mayor, para poder sondear un volumen de espacio cada vez más grande del permitido a simple vista.

Las nebulosas y los cúmulos estelares llamaron su atención y además de los ya conocidos, descubiertos por Lacaille y Messier en Francia, Herschel descubrió un número muy superior y los ordenó en diferentes catálogos. Así pudo estudiar sus distintas características y formas como también su distribución en el cielo, siempre con el fin de una representación de la estructura del Universo. Gracias a sus potentes telescopios Herschel pudo determinar la naturaleza estelar de muchas de las manchas o nebulosas observadas.

Posteriormente en 1887, J. L. Dreyer publicó otro de los catálogos muy usados actualmente, el NEW GENERAL CATALOGUE (Nuevo Catálogo General), que encontramos abreviado como NGC.

Otros observadores de cúmulos fueron Lord Rosse (astrónomo irlandés) que allá por el año 1845, observa con un gran telescopio el cúmulo M13 y dibuja tres líneas en forma de Y definidas luego como líneas negras, M. Roberts también trabajó sobre este tema alrededor de 1960. Los cúmulos globulares fueron incluidos primeramente junto con las nebulosas y las galaxias. Lo cierto es que, desde aquellos años hasta hoy mucho se ha progresado en el campo de la Astronomía y por lo tanto en el estudio de los C.G..

Recién a principios de este siglo se empieza a considerar la Astronomía Extragaláctica, estableciendo la existencia de sistemas estelares externos a la Vía Láctea. Fue el astrónomo norteamericano Edwin Hubble, quien en 1923 demostró fehacientemente que ciertas nebulosas eran galaxias. Hubble reconoció en ellas desde estrellas individuales hasta nebulosidades y cúmulos globulares; esto permitió ampliar los conceptos sobre los mismos, pudiendo comparar los C.G. de nuestra galaxia con otros similares pertenecientes a otros sistemas.

La historia de los C.G. continúa en la actualidad, gracias al avance tecnológico, que como veremos en las páginas siguientes, ha posibilitado un estudio mucho más profundo, obteniendo resultados sorprendentes.

DEFINICIÓN

Luego de conocer algo de su historia, y si se quiere estudiar y trabajar con C.G., es necesario familiarizarse con ellos. Nos preguntamos entonces: ¿Qué es un cúmulo globular?. En pocas palabras puede definirse como una agrupación de estrellas muy compacta, con la zona central más concentrada. Pero esta definición muy generalizada no basta, de modo que profundizaremos algo más.

En nuestra Galaxia existen condensaciones de estrellas en el núcleo y en el plano galáctico, pero también hay subsistemas mucho más dispersos y pequeños que son los cúmulos, que encontramos dentro de nuestra Galaxia y también fuera de ella, todos ellos son objetos autogravitantes.

Con respecto a su origen, no hay nada concreto que explique su nacimiento y formación, solo puede hablarse de

teorías y suposiciones que denotan un origen común de sus estrellas componentes, posiblemente de la condensación de una gran nube de polvo y gas, basados en el movimiento similar de todas sus estrellas. En cambio, si conocemos y con certeza, muchas de sus características generales y otros datos de importancia que trataremos a continuación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Un cúmulo típico muestra una concentración de estrellas ubicadas casi esféricamente, cuya cantidad oscila entre 10^4 y 10^6 aproximadamente. Sus miembros presentan una notable simetría y están físicamente relacionados entre sí. Dicha concentración se acentúa fuertemente en su zona central, a la que denominamos núcleo, allí las estrellas son difícilmente separables, y sólo se percibe en la mayoría de los casos, una mancha brillante semejante a una nubecita.

La siguiente estructura se ubica rodeando al núcleo y corresponde a la periferia, donde la concentración de estrellas disminuye notoriamente. Por último y siguiendo la misma formación circular, se hallan la corona y el halo, donde la disminución de miembros continúa progresivamente hasta desaparecer.

No es posible dar medidas o parámetros exactos de cada una de estas estructuras, ya que estas varían de un cúmulo a otro.

DENSIDAD

Continuando con el tema de la concentración de estrellas, podemos hablar de la densidad estelar de un cúmulo. Ésta es apreciablemente mayor que la correspondiente a las estrellas que la rodean. Aproximadamente la mitad de las estrellas reside en el núcleo, donde la densidad es casi uniforme; hacia las zonas externas la cuenta cae rápidamente. Un C. G. está justamente caracterizado por dos parámetros, el radio "tidial" y el radio del núcleo. Hacia afuera la densidad declina dramáticamente; la densidad alcanza a cero cuando la fuerza tidal conquista la fuerza gravitacional del mismo cúmulo y asimismo se distiende sin parar alejando del centro las estrellas.

La densidad promedio de un cúmulo deriva de la siguiente fórmula:

$$d = n(g) - 1 = (n^{\circ} \text{ de estrellas}) \cdot (4/3 \cdot \pi \cdot R^3) - 1$$

aunque cabe destacar que la misma está fuera del alcance del aficionado.

En la región central del cúmulo la densidad puede ascender a cien estrellas por pc^3 (parsec cúbico). Comparando con los alrededores del Sol donde la densidad es de 0,08 estrellas/ pc^3 , es posible imaginar la magnitud de estos objetos.

Otro dato de referencia es la magnitud absoluta, la misma oscila entre -5 y -9, esto es entre 10.000 y 400.000 estrellas similares al Sol.

UBICACIÓN

Los C.G. se desplazan en órbitas de gran excentricidad e inclinación respecto del plano galáctico, rodeando al nú-

cleo. El centro de dicha órbita debería coincidir con el centro de la galaxia, a unos 10.000 pc del Sol. Dado que el Sistema Solar se halla desplazado hacia uno de los bordes del sistema galáctico, es lógico que los cúmulos, al igual que la mayoría de los objetos celestes, se concentren en la faja de la Vía Láctea, especialmente en la región de las constelaciones de Scorpius y Sagittarius (centro de la Galaxia).

Se han catalogado alrededor de un centenar de cúmulos en nuestra Galaxia, que probablemente representan la mitad del total existente. Sus diámetros oscilan entre 20 y 150 pcs. Su distancia promedio al Sol es del orden de los 10Kpc.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE CÚMULOS GLOBULARES

• Los C.G. constituyen probablemente las reliquias más antiguas del Universo. Es por ello que su estudio es tan interesante, ya que han proporcionado y proporcionan un gran caudal de información para el astrónomo, ayudando a resolver muchas incógnitas acerca de temas tales como la evolución galáctica y la evolución estelar.

• Relacionados íntimamente con la historia de nuestra Galaxia, constituyen estos un verdadero túnel del tiempo, que nos remonta millones de años atrás, pudiendo obtenerse datos acerca de las condiciones de la misma en esos tiempos distantes.

Sus estrellas son aparentemente similares a las que forman parte del núcleo de la Galaxia, lo cual indicaría un origen simultáneo con ésta. Por esta razón se vienen realizando desde hace tiempo, estudios sobre la composición química de sus estrellas, tema que analizaremos en detalle más adelante.

• Otro de los aportes que han proporcionado los C.G. está relacionado con las dimensiones de la galaxia y la ubicación del Sistema Solar en la misma, dando origen de esta manera al estudio de la estructura galáctica.

Harlow Shapley (1885 - 1972) motivó una completa revisión de las ideas contemporáneas relativas a las dimensiones galácticas. En 1917 realizó investigaciones con estrellas variables tipo RR Lyra, presentes en algunos C.G., cuya luminosidad conocida permite la determinación de sus distancias. Shapley demostró que el sistema de la Vía Láctea tiene dimensiones finitas y desplazó al Sol del centro galáctico hacia uno de sus bordes.

• Por otra parte los C.G. permiten especular sobre la evolución estelar. De este tema nos ocuparemos detenidamente a continuación.

EVOLUCIÓN ESTELAR

Como ya dijimos con anterioridad los C.G. son los objetos más viejos de la Galaxia y a través de ellos podemos analizar la evolución que siguen las estrellas.

Nacidas simultáneamente las estrellas miembros, tienen por consiguiente, la misma edad pero diferentes masas. Sabemos que cuanto más masa tienen más rápido evolucionan, tal que sus miembros más antiguos son las Gigantes Rojas evolucionadas más allá de la secuencia principal.

Tan viejos son los cúmulos que estrellas con masas tan bajas como la del Sol han ya evolucionado para convertirse en

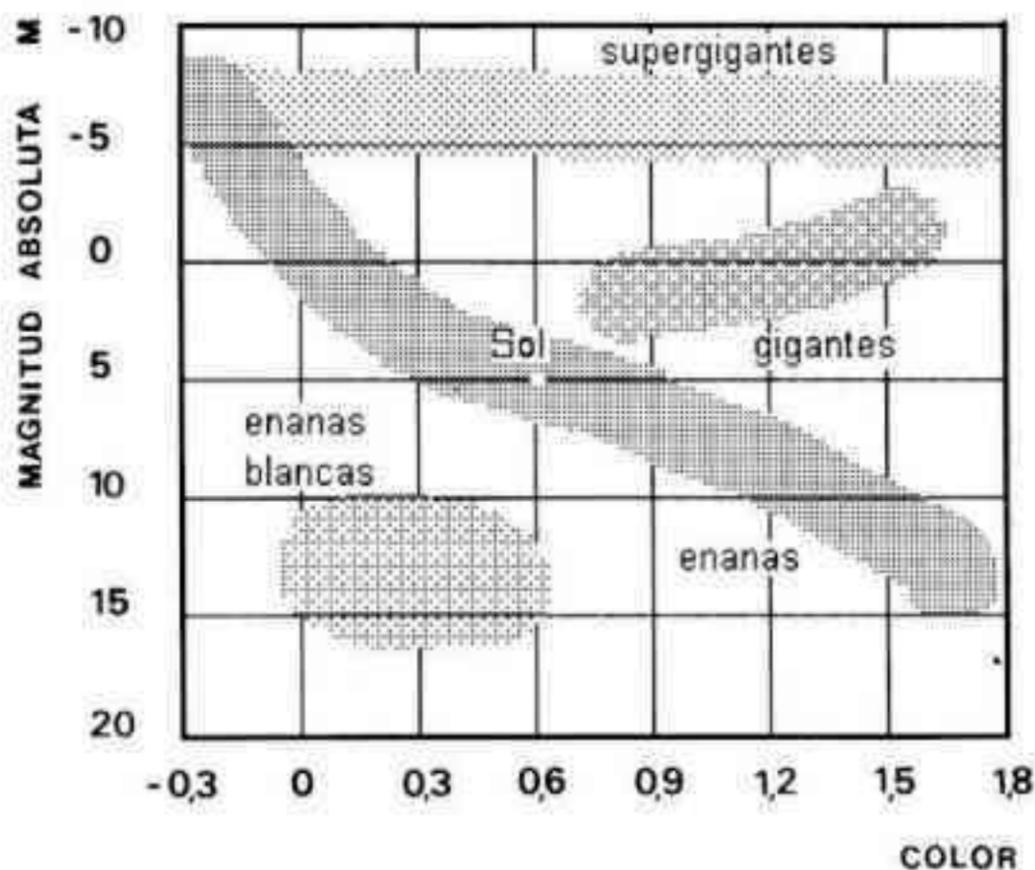


Fig. 1

Gigantes. Para poder comprender mejor esto recordaremos brevemente como funciona una de las herramientas más importante con la que cuenta el astrofísico, el diagrama "H-R" y posteriormente su aplicación a los C.G..

DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG - RUSSELL (Fig. 1)

Este diagrama intenta ordenar y clasificar según criterios medibles la gran variedad de estrellas accesibles a la observación. Se relacionan en él, dos parámetros: color y magnitud absoluta, lo que equivale a una relación entre temperaturas y luminosidad. El astrónomo dibuja un sistema de coordenadas donde representa estos valores.

El diagrama H-R, llamado así en honor a sus creadores, el astrónomo dinamarqués Ejnar Hertzsprung quien lo diseñó originariamente en 1911 y el americano Henry Norris Russell en 1913, nos permite desentrañar la ley del desarrollo estelar.

La luminosidad se representa creciendo hacia arriba y la temperatura de derecha a izquierda. El diagrama nos muestra la distribución no uniforme de las estrellas. La mayoría de ellas se ubican en la Secuencia Principal, banda que cruza el gráfico desde las estrellas azules de gran luminosidad (arriba a la izquierda) hasta las estrellas rojas de baja luminosidad (abajo a la derecha). Por encima de la secuencia principal y hacia la derecha se ubican las Gigantes Rojas y las Supergigantes. Finalmente en la parte inferior aparecen las Enanas Blancas en menor cantidad.

DIAGRAMA H-R APLICADO A C.G.

Habiendo descrito el funcionamiento del diagrama, pasaremos ahora a analizar lo que a nosotros nos concierne, su aplicación a los C.G..

Si diagramamos la luminosidad y la temperatura de cada estrella de un cúmulo, veremos la evolución estelar en acción. Los diagramas de distintos cúmulos suelen ser similares entre sí e indican edades que oscilan entre $5 \cdot 10^9$ años y $7 \cdot 10^9$ años. Nos preguntamos entonces: ¿Qué distribución

presentan las estrellas de un cúmulo? ¿Pertencen la mayoría de sus miembros a la Secuencia Principal como ocurre con la mayoría de las estrellas vecinas al Sol?

En la banda de la Secuencia Principal se observan las estrellas de menor luminosidad, son las más débiles, frías, naranjas y rojas. Su consumo más lento del combustible nuclear, las ha dejado con suficiente hidrógeno para permanecer en la Secuencia Principal por prácticamente una eternidad.

Luego la Secuencia Principal se interrumpe al subir a luminosidades altas. Las estrellas más masivas, o sea las que se quemaron más rápido, de la línea superior, han consumido ya desde hace tiempo la mayoría de su hidrógeno y se han transformado en Gigantes Rojas. Al hacer esto se movieron de la secuencia media hacia la superior derecha del diagrama, más tarde terminaron más de su combustible colapsándose en Enanas Blancas o tal vez explotando como Supernovas.

Observando los puntos donde las líneas se ramifican de la Secuencia Principal, podemos decir, que en un C.G. las estrellas situadas por debajo de una determinada masa son de la Secuencia Principal, mientras que en el dominio de las masa mayores, esta secuencia no está ocupada. Esta observación ha proporcionado la clave final para comprender el desarrollo temporal de las estrellas.

EDAD DE LOS CÚMULOS

Habiendo analizado el diagrama H-R, imaginemos ahora que todas las estrellas del cúmulo están en la Secuencia Principal y viviendo de la fusión del hidrógeno. Las estrellas de mayor masa se agotarán primero, luego le seguirán las estrellas de menor masa. Al cabo de 7.000 millones de años las estrellas de masa igual al Sol mostrarán igualmente síntomas de agotamiento. Esto nos demuestra la edad avanzada de los C.G. En la Fig. 2 vemos el ejemplo de un diagrama H-R típico de un C.G..

En el diagrama, la Secuencia Principal se interrumpe, a partir de aquí las estrellas se alejan cada vez más hasta alcanzar el punto de mayor luminosidad, con una magnitud absoluta de -3. A la izquierda de la rama de las Gigantes Rojas se encuentra la llamada rama horizontal, que presenta generalmente una discontinuidad donde se ubican las variables RR Lyra. Como dato adicional, las estrellas más brillantes que se encuentran todavía en la Secuencia Principal tienen masas entre 1,2 y 1,5 veces la masa del Sol.

Habiendo llegado a esta parte del trabajo podemos decir que conocemos un poco más sobre estos interesantes objetos, sobre sus características generales, su evolución y coincidiremos en que el estudio de C.G. es más que interesante y que debemos a ellos grandes aportes a la Astronomía.

Ahora bien, pasaremos a profundizar en temas más específicos y de más actualidad.

LOS C.G. COMO FUENTES DE EMISIÓN DE RAYOS X

Esta rama de la Astronomía se desarrolló desde 1966, a

partir del descubrimiento de rayos X de algunos cuerpos celestes. Su detección implica poder llevar instrumentos a alturas por encima de nuestra atmósfera, la cual actúa de pantalla absorbente, permitiendo la observación en los rangos de energía que se desea cubrir. Esto a su vez implica utilizar aviones, globos, cohetes y/o satélites artificiales. El empleo de estos últimos amplió en forma considerable este campo de investigación.

El primer satélite destinado a la Astronomía de rayos X fue el "UHURU" lanzado el 12 de diciembre de 1970 desde la base de San Marcos. El mismo era sensible fundamentalmente en el rango de energías que va de 2 a 6 Kev., del orden de los 10 Ångstrom o sea unos 10 millonésimos de centímetros de longitud de onda. Ha permitido editar un catálogo de 161 fuentes celestes de radiación X, de las cuales 5 corresponden a C.G..

Todavía no se ha determinado el mecanismo por el cual se producen las emisiones en los cúmulos, pudiendo corresponder a sistemas binarios de los cuales sabemos que están formados por componentes muy cercanas y de características muy peculiares, tales como sistemas constituidos por una estrella compacta, formada por colapso gravitatorio, en órbita alrededor de otra estrella más o menos normal.

Sobre el tema de Rayos X en C.G. habla el Dr. Jorge Sahade en la conferencia pronunciada en la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, el 13 de setiembre de 1976, transcribimos a continuación algunos párrafos:

"Los resultados más inesperados y provocativos de los últimos dos años se relacionan con los cúmulos globulares. En 1975 se detectó radiación X proveniente de los núcleos centrales. Luego, el mismo año se descubrió que esa radiación no mantenía siempre el mismo nivel sino que de vez en cuando presentaba 'picos', es decir que los núcleos de los cúmulos globulares son en cierta medida activos y se caracterizan por experimentar 'estallidos' de radiación X. Más recientemente, en el curso del corriente año se descubrió una fuente temporaria aparentemente vinculada con un cúmulo globular... Algunos investigadores tratan de explicar la radiación X que emiten ciertos cúmulos, es posible que el modelo definitivo pueda ser construido en base al hecho de que las fuentes temporarias de radiación X pueden explicarse también en términos de sistemas binarios cerrados..."

Las investigaciones de rayos X en C.G. no son muy abundantes, tengamos en cuenta que es necesario utilizar equipo especial más allá de la atmósfera terrestre, y especialmente muy fuera de alcance para nosotros, los aficionados. De todos modos, no deja de ser un tema interesante, aunque sean pocos los cúmulos que emiten rayos X y éstos se atribuyan a estrellas binarias.

A título informativo detallamos a continuación a algunos de los cúmulos que emiten en X: NGC104 (47 Tucana), NGC1851, NGC6040, NGC6441, NGC6624, NGC7078 (M15).

LÍNEAS NEGRAS

Después de haber permanecido varias noches frente al telescopio observando C.G., y habiéndose acostumbrado la visión a detectar los más finos detalles, es posible que el

aficionado, al igual que quienes escriben, hayan podido percibir en algunos cúmulos (especialmente los más grandes y cercanos tales como 47 Tucana y Omega Centauri) zonas oscuras dentro de los mismos dispuestas en forma de líneas que los cruzan en distintas direcciones. Son estas, las tan polémicas "Líneas Negras", las cuales han dado mucho que hablar, aunque no son muchos los que se han dedicado a estudiarlas.

Al hablar sobre historia de C.G. hemos nombrado a Lord Rosse, quien allá por el año 1861 detecta estas líneas en el cúmulo M13, estas observaciones fueron confirmadas también por Holden 1891 y más tarde por Scheiner 1893. El radioastrónomo M. Roberts fue otro de los observadores que detectaron estas líneas.

Se decía que las mismas eran producto del agrupamiento inhomogéneo de las estrellas, o bien nubes de polvo de nuestra galaxia superpuestas casualmente entre el observador y el cúmulo. Sobre estas nubes de polvo, aparecían algunas estrellas, lo que llevó a M. Roberts en 1960 a pensar que dichas estrellas no podían pertenecer a la Galaxia porque generalmente se los observa en zonas pobres en estrellas, o sea que estas estrellas debían pertenecer al cúmulo y las estructuras oscuras estar en el interior de ellos.

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

La técnica de procesamiento de imágenes data de hace unos veinte años aproximadamente, solo que las computadoras capaces de realizar tal proceso eran totalmente inaccesibles al astrónomo. Actualmente existen máquinas pequeñas y relativamente baratas a las que pueden acceder los astrónomos y también los aficionados. Completa esta técnica la aparición de dispositivos electrónicos que reemplazan a las placas fotográficas utilizadas hasta no hace mucho tiempo. Estos dispositivos tales como los tubos de imagen, los reticones y las CCD son de muy alta eficiencia.

El funcionamiento consiste en una serie de números en reemplazo de una imagen, cada número indica la cantidad de luz recibida en cada punto del plano focal del telescopio, luego esta información es procesada por una computadora.

EL PROCESAMIENTO DE IMAGEN Y LOS C.G.

Esta técnica ha sido sumamente importante en la Astronomía y ha sido empleada para distintos fines, entre ellos para C.G..

Volviendo al tema de las líneas negras, he aquí una de las aplicaciones de la CCD. Los C.G. presentan un fondo granuloso sobre el cual un objeto oscuro presenta muy poco contraste. El fondo del cúmulo, oculto tras el brillo de las estrellas gigantes, es más liso y sobre éste las nubes oscuras pueden verse mejor.

Astrónomos de la Universidad de La Plata, elaboraron un trabajo con el telescopio de 36 pulgadas en el Observatorio de Cerro Tololo, utilizando CCD. Ellos se encontraban interesados en la composición química de las estrellas de los globulares, mediante la medición espectroscópica de las mismas, y queriendo sondear qué sucedía en el centro del cúmulo 6266, que al igual que otros presentaba un exceso de luz. Para lograrlo debían eliminar las estrellas de la periferia,

restando la imagen promedio, para ello dividieron la imagen en anillos concéntricos y determinaron el brillo medio de cada anillo. De esta manera obtendrían el fondo liso y débil entre las estrellas gigantes.

El resultado fue que, al restar el fondo del cúmulo, se veían muchísimas estrellas que son las gigantes y subgigantes rojas, y notaron también que, además de las zonas donde había un exceso de luz había otras regiones sublumínicas dentro de la estructura del cúmulo.

Para comprobar si se trataba de nubes de polvo, usaron cuatro filtros que permitían fotometrar en tres longitudes de onda del visible y una del infrarrojo. Si realmente se trataba de polvo debería ser más transparente a las longitudes de onda más largas, que es el comportamiento típico del material interestelar.

Los resultados fueron sorprendentes y confirman que las nubes estaban realmente dentro de los globulares y no en sus alrededores, ya que algunas de las luces débiles del cúmulo parecen estar enfrente de las nubes. También reflejan la luz de muchas estrellas brillantes que están rodeándolas.

ORIGEN DE LAS NUBES DE POLVO

La formación de las nubes es otro de los grandes interrogantes aún no resueltos.

Habiendo analizado ya la evolución estelar de un C.G., estamos en condiciones de suponer que al llegar las estrellas a etapas avanzadas de evolución, al transformarse en Gigantes Rojas, éstas suelen perder parte de su masa. Los vientos estelares de estas estrellas deberían haber expulsado alrededor de veinte a cuarenta masas solares de gas y polvo.

En cualquier lugar del cosmos, el polvo interestelar está acompañado por grandes cantidades de gas. Según las investigaciones realizadas, deberían existir en un cúmulo entre 0,5 y 1 masa solar en forma de polvo, lo que coincide con las observaciones efectuadas. En este caso, este polvo tendría que estar acompañado por 150 veces más de gas. Sin embargo, los cúmulos están extremadamente limpios de gas.

Algunas de las teorías sobre la pérdida del gas interestelar que se han propuesto, alude al viento energético producto de la explosión de una nova, o bien que el polvo se haya limpiado al pasar cerca del plano de la Vía Láctea. Esta es una de las incógnitas que queda aun por revelar, confiamos que los astrónomos que investigan este tema lleguen a obtener la respuesta.

(Lo que antecede está basado en la conferencia dictada en la A.A.A.A. el 22/08/87 por el Dr. Juan Carlos Forte).

COMPOSICIÓN QUÍMICA - METALICIDAD

Siendo los cúmulos los sistemas estelares más antiguos conocidos, su contenido metálico bajo ha generado un interesante planteo sobre la abundancia química inicial del Universo. Es por este motivo que desde hace tiempo se vienen realizando estudios referentes a la metalicidad de los mismos, de los cuales se han obtenido muy buenos resultados.

Al estudiar otros sistemas galácticos, es posible

observar una gran cantidad de imágenes puntuales que lo rodean que no son estrellas, sino C.G., cada uno de los cuales contienen de 10.000 a 500.000 estrellas, las que no podemos resolver debido a la gran distancia que nos separa.

Un cúmulo es tanto más azul cuanto menos metálico es o sea, cuanto más simple es su composición química. Al medir el color de estos cúmulos y compararlos con los de nuestra Galaxia, los astrónomos notaron que eran totalmente similares, llegando a la conclusión que los C.G. se parecen más entre sí que a la galaxia a la cual pertenecen, y acentúa la idea de que son estos los objetos más viejos del Universo, de algo así como 12.000 a 15.000 millones de años, tal vez anteriores a las mismas galaxias ya que son mucho más pobres que estas en elementos pesados, que son formados en etapas posteriores en el interior de las estrellas.

Si no se dispone de información sobre el contenido metálico (abundancia de todos los elementos más pesados que el Helio) no es posible asignar edades a los C.G. ni es posible tampoco reconstruir la historia química de nuestra Galaxia. En los últimos treinta años se han desarrollado un gran número de métodos para determinar el contenido metálico en estos sistemas. Estos se basan esencialmente en:

- 1) Propiedades integradas del espectro (espectros y colores integrados).
- 2) Características morfológicas del diagrama H-R.
- 3) Espectroscopia o fotometría de estrellas individuales.

Con respecto a este último, la fotometría de gigantes rojas ha demostrado ser bastante confiable. Para revisar estos estudios se utilizaron cúmulos de nuestra propia galaxia por estar más cerca y poder resolver sus estrellas.

Si bien las estrellas de un cúmulo se formaron al mismo tiempo, observaciones fotométricas realizadas a algunos cúmulos indican diferencias en la composición química de sus

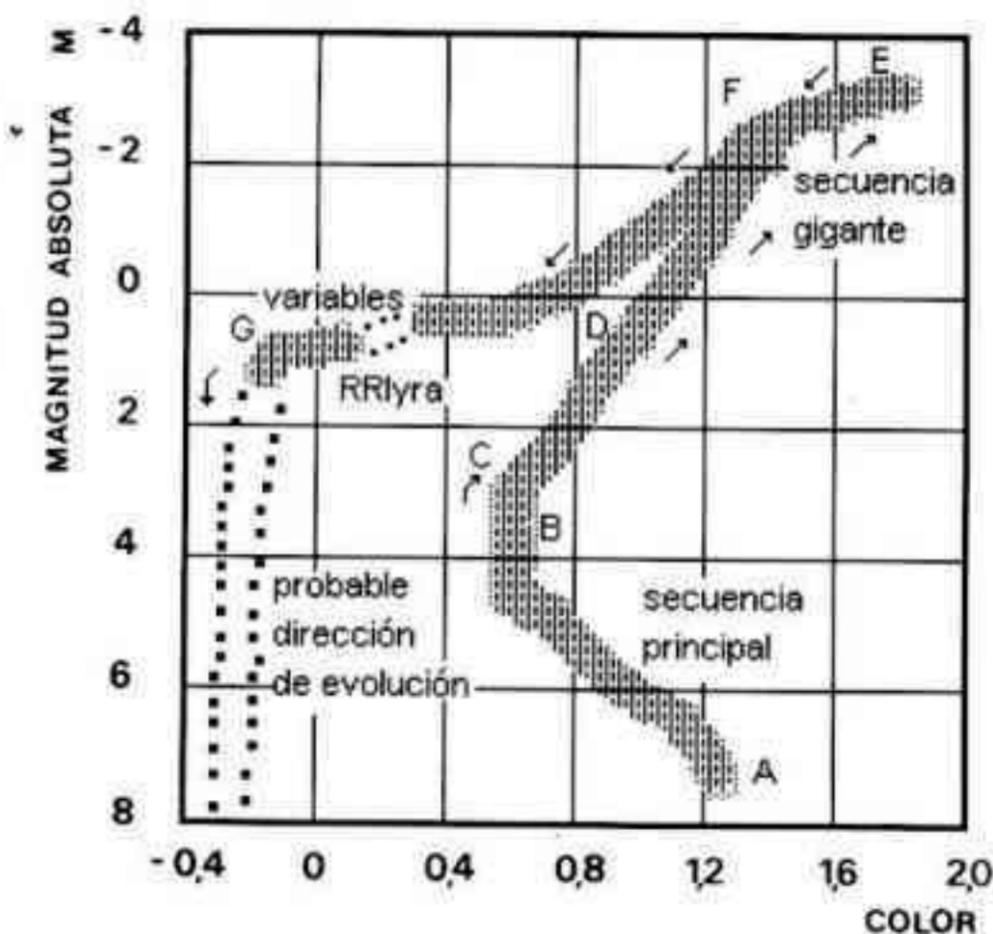


Fig. 2

estrellas individuales. Para determinar si estas diferencias son causadas por la variación en el material protoestelar o de complicados efectos de evolución, se requiere de la observación de estrellas de magnitud 19 y más débiles, realizando espectros de alta dispersión de enanas más pequeñas.

Antes de exponer algunos de los trabajos realizados sobre este tema, explicaremos brevemente que es **INDICE DE METALICIDAD**: "Está definido por el logaritmo de la abundancia relativa de hierro a hidrógeno en las estrellas del cúmulo. Los valores son relativos a la metalicidad en el Sol. Ej: Un valor de -2,00 significa que hay solo una centésima más de hierro en cada miembro del cúmulo globular que en el Sol." (Sky-Atlas 2000).

La metalicidad promedio de los C.G. está comprendida aproximadamente entre 1/3 y 1/250 del valor del Sol.

Hasta no hace mucho tiempo los valores de abundancia de elementos pesados (generalmente hierro), obtenidos en base a la razón (según definición):

$$(Fe/H) = \log (Fe/H)_c - \log (Fe/H)_{sol}$$

oscilaban entre -0,5 y -2,2 aproximadamente o, a lo sumo, entre -0,5 y -2,4. Esto significa que cada gramo de materia estelar en un C.G. contiene aproximadamente entre 0,008 y 0,0001g.

VARIACIÓN DEL LÍMITE INFERIOR DE METALICIDAD

Según el programa iniciado en 1989 desde Córdoba tendiente a mejorar el límite inferior de metalicidad del sistema de C.G. de nuestra galaxia y utilizando métodos de alta calidad, los astrónomos sospechaban que dicho límite inferior en los cúmulos podía extenderse más allá de los valores que habíamos mencionado. Además hay muy pocos cúmulos con determinación de abundancia confiables provenientes de espectroscopia de alta resolución o fotometría de estrellas individuales.

Mediante este programa se seleccionaron primeramente dos cúmulos, según características especiales, M30 y M68. Los mismos fueron observados por sistemas fotométricos de gran sensibilidad, en el Complejo Astronómico "El Leoncito" (San Juan) y en el observatorio de Cerro Tololo (Chile).

Las observaciones crecieron en calidad y cantidad y empleando nuevas calibraciones, obtuvieron valores $(Fe/H) < -2,4$ para M30 y para M68 las siguientes abundancias: $(Fe/H) = -2,63 \pm 0,14$ y $(Fe/H) = -3,00$.

Estas metalicidades estimadas para M30 y M68 tienen numerosas e importantes consecuencias, relacionadas con distintos problemas astrofísicos, tales como:

1) Permiten ubicar a estos objetos entre los más deficientes en metales del sistema de C.G. de nuestra galaxia.

2) Sugiere que el límite inferior de metalicidad de dicho sistema excede el valor $(Fe/H) = -2,2$ o $-2,4$, extendiendo la distribución de metalicidad de los C.G. hacia valores cercanos a -3,00. Este último resultado repercute grandemente en la teoría de formación de C.G. en la Galaxia, la cual supone la formación de los mismos durante el colapso de la protogalaxia.

Si esta teoría fuera cierta debería existir una similitud en la distribución espacial, en la cinemática y en la composición

química con las estrellas del campo pertenecientes a la componente esferoidal de nuestra galaxia.

Cabe destacar que resultados aproximadamente similares a M30 y M68 han sido encontrados por los mismos astrónomos para los cúmulos M55, NGC4833 y NGC6101, desde el observatorio de Cerro Tololo.

ESTUDIOS SOBRE COMPOSICION QUÍMICA

Estudios espectroscópicos han indicado que la abundancia de metales (elementos más pesados que el He) relativos al Hidrógeno difiere de cúmulo a cúmulo. También se ha observado que los cúmulos ricos en metales tienden a ubicarse alrededor del centro de la Galaxia, mientras que los cúmulos pobres están diseminados hacia afuera en un halo esférico, extendiéndose a unos 300.000 a.l. del centro.

Robert Zimm escribe en el *Astrophysical Journal Supplements*: "Estas características de los C.G. se han convertido en una de las pistas más valdeas que tenemos, para saber la naturaleza de la evolución de la Galaxia"

Astrónomos del Observatorio de Hale han determinado la metalicidad de 79 cúmulos por fotometría fotoeléctrica, a través de filtros seleccionados con bandas angostas. Por ej. un filtro aisló la región de líneas H y K del calcio ionizado y así sirvió para determinar la abundancia de calcio; otro filtro fue utilizado para medir la cantidad de absorción de las líneas metálicas sobre el intervalo de longitud de onda de 3.800 - 4.040 Ångstrom.

Los primeros métodos utilizados para las mediciones involucraban la luz combinada de decenas de miles de estrellas en un cúmulo; ahora los observadores logran determinar la abundancia en estrellas individuales. Este nuevo método ha mostrado una considerable diferencia en la composición química.

En una de estas investigaciones, Catherine Pilachowsky y George Wallerstein (Universidad de Washington) y R. Cantera (Universidad de Wyoming) analizaron estrellas individuales en el gran cúmulo 47 Tucana, el cual está relativamente cercano, a unos 25.000 a.l.

Mediante los grandes telescopios de Cerro Tololo en Chile se obtuvieron espectros de alta dispersión de dos estrellas gigantes rojas pertenecientes al cúmulo y filtraron fotométricamente otros miembros débiles. Este trabajo reveló la concentración de elementos pesados tales como hierro, sodio y calcio en este cúmulo, siendo cinco veces más bajos que los precedidos. Poca variación hubo de estrella a estrella.

Astrónomos de la Universidad de Yale, basados en sus propios análisis, confirmaron que 47 Tucana es en realidad un cúmulo pobre en metal y no un cúmulo rico.

Más evidencia apuntando en la misma dirección surge del trabajo de Judith Cohen de Caltech, quien examinó el globular M71.

Comentando el significado de estos resultados Wallerstein dice: "Nosotros sabemos que durante la evolución de la Vía Láctea estrellas de bajo contenido en elementos pesados se formaron primero, mientras que aquellas de más alto contenido en elementos pesados se formaron más tarde. Esto significa que los modelos que describen el origen de la Vía Láctea, basados en la suposición de que los cúmulos

globulares cercanos al centro de la Galaxia deben haberse formado más tarde porque son ricos en elementos pesados, tendrán que ser seriamente modificados ahora que se descubrió que 47 Tucana tiene pocos elementos pesados”.

RELACIÓN ENTRE TAMAÑO, LUMINOSIDAD, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y UBICACIÓN DE LOS C.G.

Para desentrañar la importante información que contienen los C.G. sobre la Galaxia, se ha buscado relacionar tamaños, luminosidades, composición química y ubicación de los globulares. Se ha observado que cuanto más lejos del centro de la Vía Láctea están, son probablemente más grandes. Los ubicados en el halo exterior son generalmente diez veces el tamaño de aquellos cercanos al núcleo. Una explicación de esto sería que al estar un cúmulo mucho más tiempo en las regiones interiores, tiene sus estrellas externas gravitacionalmente alejadas.

La luminosidad de un cúmulo (y presumiblemente el número de estrellas) está fuera de relación con su distancia del centro de la galaxia. Entre los cúmulos del halo (aquellos a más de 30.000 años luz del núcleo galáctico) los más grandes son los más débiles.

No hay teorías que expliquen estas relaciones. Los astrónomos sugieren que estas características se deben más a las condiciones físicas que prevalecían en los halos, cuando los cúmulos se estaban formando. Los C.G. de Andrómeda parecen obedecer reglas similares.

CÚMULOS GLOBULARES EN GALAXIAS

Las galaxias parecen no mantener sus C.G. originales durante toda su vida. Este descubrimiento fue el resultado de una simulación computada del cúmulo de galaxias de Virgo, realizada por observadores de la Universidad de La Plata. Parece ser que la Gigante Elíptica M87 en el Cúmulo de Virgo robó su población de miles de globulares a sus vecinas.

Se llegó a la conclusión de que las galaxias de masas más pesadas lo hacen a expensas de las más livianas. También, cuanto más distantes estén los cúmulos se pierden más fácilmente y tienden a quedar en largas órbitas alrededor de sus nuevos pares.

Resumiendo, los halos externos de las galaxias masivas se ven incrementados y aquellas de halos pequeños están reducidos.

ESTRELLAS AZULES Y CUMULOS GLOBULARES JOVENES

Uno de los descubrimientos más recientes sobre C.G., se encuentra relacionado con la detección de estrellas azules en ciertos cúmulos. Un ejemplo es el cúmulo M3 en la constelación de Canes Venatici que fue observado por Michael Bolte de la Universidad de California y Jams Hesser del Dominion Astrophysical Observatory; tomaron imágenes del cúmulo con la cámara de alta resolución en el telescopio de Mauna Kea de Hawaii, detectando estrellas más brillantes y más azules que otras de la misma edad del cúmulo. Los investigadores creen que dichas estrellas pueden formar parte de sistemas binarios en el cual una estrella pierde masa y la

que recibe la masa extra se calienta más y de esta manera se pone más azul y brillante.

Averiguando cuántas estrellas azules aparecen en el centro de los cúmulos ayudará a los astrónomos a entender cuántas evoluciones del sistema binario se dan en los C.G. y cuan a menudo las estrellas chocan en la región central densa del cúmulo. Un descubrimiento similar fue registrado por el Hubble el año pasado, detectando estrellas azules en el corazón del cúmulo globular 47 Tucana.

Otro de los importantísimos hallazgos del Hubble, ha sido el descubrimiento de cincuenta objetos compactos azules en el centro de la galaxia NGC1275, a una distancia de 250 millones de años luz del centro del cúmulo de Perseus. Estas motas azules fotografiadas por el Hubble, que no son otra cosa que cúmulos globulares, podría confirmar la teoría de algunos investigadores que han sugerido la posibilidad de que ciertos cúmulos se formasen como fruto de sucesos mucho más recientes. Estos cúmulos deben ser jóvenes ya que mucha de su luz proviene de estrellas azules y brillantes, de corta vida, que rondan los 300 millones de años.

Las observaciones del Hubble muestran también, la evidencia de una fusión galáctica reciente, según dice Kith M. Ashman del Space Telescope Science Institute. Esto último junto con Stephen E. Zeph de la Universidad de Durham, Inglaterra, explican que casi todos los cúmulos de NGC1275, tienen el mismo color, o sea que posiblemente todos tengan la misma edad. Los cúmulos se enrojecen con el paso del tiempo, cuando las estrellas se convierten en gigantes rojas. De modo que estos cúmulos se originaron en un mismo suceso, tal como una colisión de galaxias.

Una teoría alternativa sugiere que los C.G. se condensaron a partir del conocido “flujo de enfriamiento” de gas intracumular, precipitándose sobre NGC1275. Si así fuese debería haber una diferencia de edades entre los cúmulos, y por lo tanto se deben encontrar algunos ligeramente más antiguos, más rojos y más débiles. Los astrónomos anteriormente mencionados argumentan que la unión de dos galaxias estimula a las inmensas nubes gaseosas, de las cuales nacen los C.G.

Más recientes son las observaciones de NGC6272, una galaxia en Acuario, la cual presenta signos de una colisión en curso. Esto aporta una prueba más sobre la formación de galaxias elípticas a partir de la fusión de dos galaxias espirales. Esta galaxia perturbada está rodeada por numerosos puntos brillantes azulados. Algunos ya fueron observados hace 11 años por Francois Schawweizer (Instituto Carnegie de Washington), quien sugirió que podrían ser nuevos cúmulos globulares formados en el proceso de fusión de galaxias.

Schawweizer y Patrick Seitzer (Universidad de Michigan) obtuvieron el espectro de dos de los cúmulos más brillantes, valiéndose del reflector Hale de 5 metros de Monte Palomar. Estos mostraron que se trataba efectivamente de cúmulos ultraluminosos, de estrellas jóvenes que tienen el mismo desplazamiento al rojo de la galaxia. Estas observaciones darían una respuesta al porqué las galaxias elípticas tienen muchos más C.G. que las espirales. Aparentemente los cúmulos nuevos se forman durante la fusión de galaxias.

(continuará)

DESDE EL ANTEOJO ASTRONÓMICO HASTA ROEMER

Por Mario Quadrelli, *Lavagna, Italia.*

Poetas, artistas y pensadores de todos los tiempos, desde siempre y con razón, han ensalzado a la Naturaleza en todos sus aspectos aunque, hasta donde he podido saber, nunca han cantado loas a favor de la Luz. Sin embargo, ella es tan indispensable como el aire para nuestra vida, porque, sin la luz, no solo no podríamos admirar lo que nos rodea sino que, sobre todo, no podríamos explicar nuestra actividad que, especialmente en la vida de hoy en día, no conoce treguas; hechos que la Naturaleza nos presenta cotidiana y gratuitamente y a los que nosotros nos vemos obligados a crear hasta artificialmente.

"Fiat Lux", se dice en el Génesis como primer acto de la creación de la vida para todos los seres vivientes; pero es también un mensaje que proviene del infinito para que podamos conocer y admirar las maravillas del Universo que nos rodea.

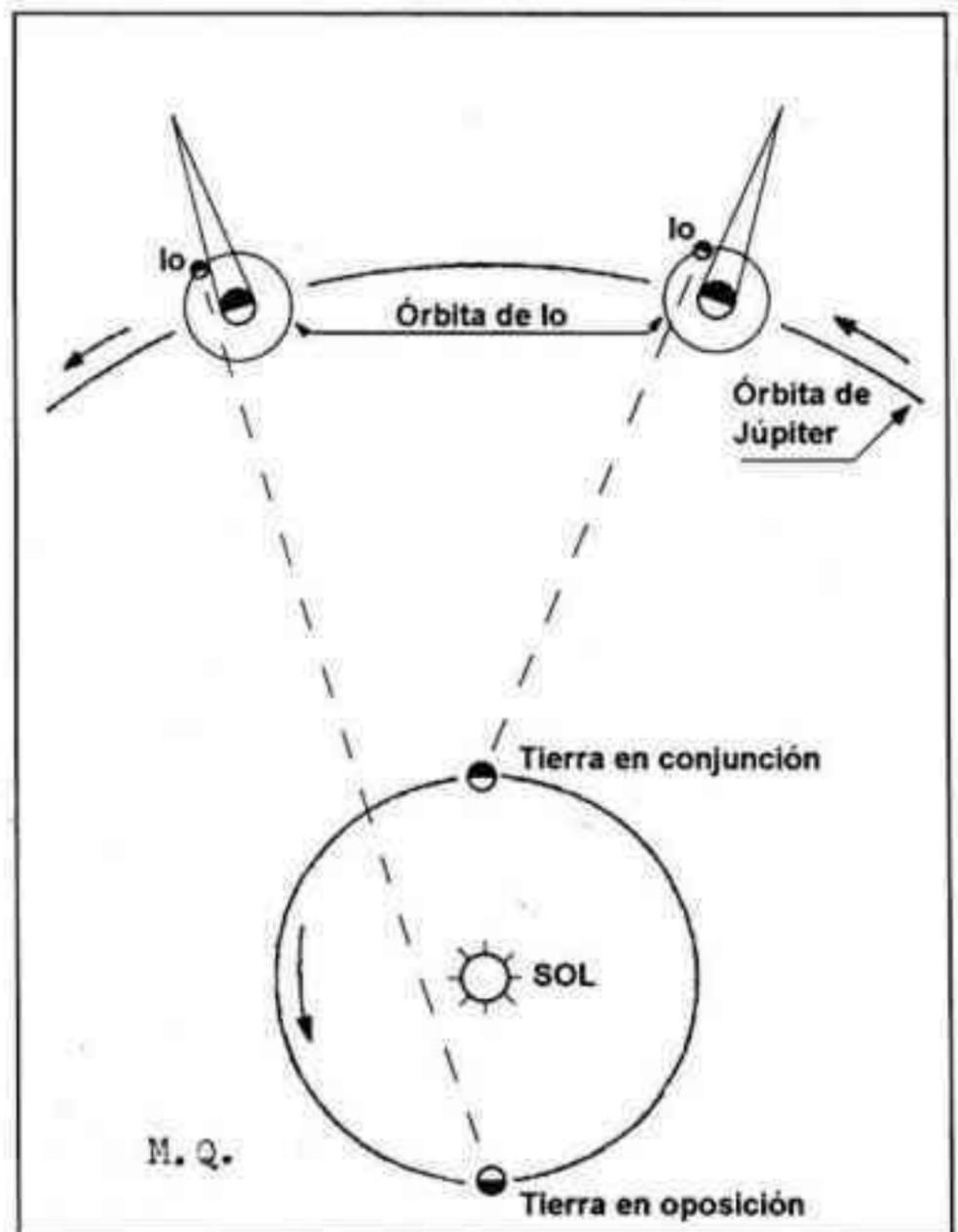
Se puede pensar que, para el hombre primitivo, la luz era un elemento natural del cual se servía para su existencia y, por lo tanto, no tenía ninguna razón para preguntarse en qué consistía realmente, y cómo se propagaba. Pero también resulta verosímil que, mucho tiempo después de haber adquirido el uso del razonamiento, se haya planteado esa pregunta, con el resultado de que, salvo alguna excepción más intuitiva que deductiva, solamente en el tardío medioevo se concluyó que ella no se propaga instantáneamente como siempre se había supuesto, sino que viaja por el espacio con velocidad finita. No es para asombrarse que haya transcurrido tanto tiempo hasta que se llegó a conocer esa realidad dado que los obstáculos de concepciones erradas, y a veces irracionales, siempre habían ocultado la verdad sobre los fenómenos celestes.

Como ocurre generalmente con todos los descubrimientos científicos que se suceden como en cascada, uno tras otro, como en cadena, hasta la solución final que se traduce en una ley, así ocurrió con el fenómeno Luz.

El advenimiento del anteojo astronómico abrió de par en par una ventana que recorrió el velo sobre la realidad del Universo, relegando a la historia concepciones filosóficas ya obsoletas y reprobadas por conceptos más racionales y apor-

tó, entre otras cosas, el descubrimiento de los primeros cuatro satélites jovianos, los "Mediceos", que llamaron la atención del mundo astronómico ansioso de escrutar más a fondo el fenómeno.

Otro italiano, G. D. Cassini, dio un gran impulso a las investigaciones con el anteojo astronómico, y fue el que ideó y construyó la gran meridiana sobre el pavimento del Duomo de Bologna. Trasladándose luego a Francia, precisamente a París, fundó allí el Observatorio y una verdadera y cabal dinastía de astrónomos cartógrafos. Asiduo indagador del sistema solar, le interesó particularmente Saturno, del que descubrió los primeros cuatro satélites (Japetus, Rhea, Dione y Thetis), así como la primera subdivisión del anillo, que lleva precisamente su nombre. El sistema de los satélites Mediceos de Júpiter fue también objeto de su particular atención, y descubrió que estos son eclipsados regularmente por la sombra



del planeta y, como buen matemático, anotó con precisión los tiempos de inmersión y emersión, compilando las tablas correspondientes que, a partir de entonces, se hicieron preciosas.

El abate Jean Picard (1620-1682), óptimo colaborador de Cassini, a su regreso de Dinamarca, adonde había ido a visitar a Tycho Brahe, trajo consigo a un joven astrónomo, Olaus Roemer (o Olaf Römer), que entró a formar parte del personal del Observatorio parisino, y demostró pronto sus dotes personales como observador. Interesado por el trabajo joviano que hizo Cassini, dirigió principalmente su atención hacia lo, que resulta eclipsado con la mayor regularidad por la sombra del planeta.

Anotando con precisión extrema los intervalos de tiempo que transcurrían entre los eclipses sucesivos, descubrió que esos intervalos dependían de las posiciones relativas de la Tierra y Júpiter; se atrasaban algunos minutos cuando los planetas estaban en oposición entre sí y se adelantaban cuando ambos se hallaban en conjunción mutua, con una alternancia de algo más de seis meses. Entonces, puesto que no tenía dudas acerca del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, con excepcional intuición logró dar la exacta interpretación del fenómeno: si los tiempos aumentan a medida que los dos planetas se alejan entre sí y disminuyen cuando se acercan, cambiando sus posiciones relativas al Sol, y sus distancias en un valor equivalente al diámetro de la órbita terrestre, y dada la correlación entre los hechos observados, ello significa que la señal luminosa que se recibe en el momento en que se inicia y termina el eclipse, debe recorrer un trayecto mayor

(ver figura) en el caso de la conjunción (dos unidades astronómicas). Ello significa a su vez, que la luz viaja con velocidad finita, que Roemer estimó en 227.000 Km/seg. Este es un valor distante del real, del cual no lo debemos culpar, porque su cálculo se basó en un insuficiente número de observaciones, a lo que deben agregarse, también como atenuante, las deficiencias del instrumental de entonces, comparado con el actual.

Su error, si así puede llamarse, consistió en estimar en 11 minutos el tiempo empleado por la luz para recorrer el diámetro de la órbita terrestre, en lugar de 16m 25s. De hecho, para llegar hasta nosotros la luz del Sol emplea 8m 33s.

Independientemente del resultado numérico, se le debe otorgar a Roemer el mérito de haber abierto una última ventana sobre las leyes que gobiernan el Universo, y sería misión de quienes le sucedieron encontrar el valor correcto. Pero pecaríamos de injustos si nos limitáramos a su importante descubrimiento para juzgar la inteligencia de Roemer; en efecto, también se dedicó al perfeccionamiento de los medios de observación, aplicando técnicas novedosas, como por ejemplo la construcción de nuevas meridianas equipadas con gnomones especiales. Pero la invención por la que tuvo el mérito de pasar con título pleno a la historia fue la del anteojo meridiano, es decir, un anteojo que moviéndose en el plano del meridiano permite medir la altura de los astros y controlar el pasaje de los mismos por el meridiano. El primero lo instaló directamente sobre su casa y lo llamó "máquina doméstica"; luego lo equipó con dos microscopios laterales para facilitar la lectura de la altura de los astros.

BREVE GUIA DE LAS CONSTELACIONES

por Carlos E. Angueira Vázquez

Subdirector de Observatorio - AAAA

NUESTRAS CIRCUMPOLARES

Como todos recordarán haber leído en algún lado o haber aprendido en algún Curso, para todo observador existe una fracción del cielo que se encuentra siempre encima del horizonte, sin experimentar nunca salida ni puesta, limitada por el círculo paralelo cuya declinación es la colatitud del observador. Dicho en criollo, todo objeto cuya declinación se encuentre entre -55° y -90° estará siempre encima del horizonte para un observador a la latitud de Buenos Aires, y podremos verlo en cualquier momento (salvo nubes, edificios

y árboles). A una determinada hora de la noche, habrá ocasiones en que podrá estar más alto o más bajo, según la época del año y la declinación del objeto. A esta zona del cielo es a lo que llamamos REGION DE LAS CIRCUMPOLARES para una latitud astronómica de -35° .

Esta región comprende íntegramente a las constelaciones de TUCANA, HYDRUS, MENSA, VOLANS, CHAMAELEON, CRUX, MUSCA, CIRCINUS, APUS, TRIANGULUM AUSTRALE, PAVO y OCTANS; fragmentos mas o menos grandes de HOROLOGIUM, RETICULUM, DORADO, CARINA, ARA, NORMA e INDUS; y pequeños

fragmentos de PHOENIX, ERIDANUS, PICTOR, VELA, CENTAURUS, LUPUS, TELESCOPIUM y GRUS. Estas constelaciones son invisibles desde Europa, salvo sus extremos boreales y para observadores en latitudes astronómicas inferiores a los $+35^\circ$. Ello hizo que las estrellas que las forman permanecieran en general desconocidas hasta bien entrado el siglo XVI, en que los viajes hasta estas latitudes se hicieron habituales, con la consiguiente necesidad de relevamiento y catalogación para los viajes de colonización. A partir de ese momento se comenzó, además, a agruparlas en constelaciones nuevas que se fueron inventando sobre la marcha. Muchos astrónomos metieron mano en el asunto de inventar constelaciones, logrando mayor o menor grado de éxito: Tycho Brahe (1546-1601), Jakob Bartsh (1600-1633), Johannes Hevelius (1611-1687), Johann Bode (1747-1826), Gottfried Kirch (1639-1710), Joseph Jerome le Francais de La Lande (1732-1807), John Flamsteed (1646-1719), Pierre Charles LeMonnier (1715-1799), etc. Muchas de ellas cayeron en desuso salvo algunas que sobrevivieron a la Convención de la UAI de 1928: casi todas las sobrevivientes fueron armadas por JOHANNES BAYER (1572-1625) o por NICOLAS LOUIS DE LA CAILLE (1713-1762). Un dato divertido: la mayoría de las constelaciones de Bayer representan animales, mientras que las inventadas por La Caille representan máquinas y herramientas.

En nuestra Sección de Breve Guía de las Constelaciones, iremos desarrollando, a lo largo de varios artículos, estas constelaciones, empezando en esta ocasión por algunos de los BICHOS DE BAYER.

JOHANNES BAYER

Fue un abogado y astrónomo alemán, nacido en Rhain (Baviera) en 1572 y muerto en Augsburg en 1625. Se lo recuerda especialmente por haber sido el autor del primer atlas moderno de estrellas realmente útil, la Uranometria (publicado en Augsburg, en 1603), compuesto de 61 cartas, en las que incluyó varias nuevas constelaciones. De las que reconoce actualmente la Astronomía, debemos a Bayer: Grus (la grulla), Indus (el indio), Tucana (el tucán), Hydrus (la serpiente marina macho), Dorado (un pez de la familia de los Coryphaenidae), Piscis Volans (el pez volador), Apus (el ave del paraíso), Triangulum Australe (el triángulo austral), Pavo (el pavo real) y Chamaeleon (el camaleón). Además, fue Bayer quien creó el sistema de nomenclatura de estrellas empleando letras griegas y latinas, seguidas del nombre de la constelación a que pertenecen y ordenadas por brillo decreciente. La Uranometria de Bayer fue una de las referencias básicas adoptadas por la Unión Astronómica Internacional para definir nuestro actual sistema de constelaciones.

TUCANA

El nombre de esta constelación pretende homenajear al ave americana conocida como tucán (37 especies conocidas de la familia Ramphastidae, habitando en las selvas de América Central y del Sur). Bayer, inicialmente la llamó TOUCAN pero luego fue latinizada a Tucana.

Tratándose de un ave desconocida en Europa, los divulgadores de los siglos XVIII y XIX se las veían compli-

cadando cuando tenían que describir esta constelación: así fue el Brazilian Pye para los ingleses del siglo XVII, el Anser Americanus (¡ganso americano!) para Kepler y Riccioli, o la Pica Indica para Caesius.

La constelación en sí abarca desde las 22h 08m hasta las 01h 24m en ascensión recta (las 00h 00m le quedan dentro) y desde los $-56^\circ 20'$ hasta los $-75^\circ 20'$ en declinación. Por su ubicación, si bien está permanentemente encima del horizonte resultando observable en cualquier época del año, su culminación superior (el momento en que mejor se la puede observar) ocurre cuando la hora sidérea vale entre las 22h 08m y las 01h 24m, por lo que las mejores ocasiones para verla se dan entre los meses de junio y diciembre (poco antes del amanecer en junio, y en las primeras horas de la noche en diciembre).

La representación clásica de la constelación es la de un pájaro posado sobre la Nube Menor de Magallanes, que pertenece a esa constelación.

Las estrellas que demarcan Tucana son:

α Tuc: estrella de magnitud aparente 2,9; magnitud absoluta -0,2, posee tipo espectral K3, es una gigante roja y dista 114 años luz de nuestro sistema solar.

β Tuc: sistema binario, cuyas componentes poseen casi la misma magnitud aparente (4,37 y 4,53) y, obviamente, casi la misma magnitud absoluta (-0,2), tipos espectrales B8 y A2, una es azul y la otra blanco-azulada, y están separadas 27,1". Pero, la primera de las componentes, también posee una estrella compañera, de magnitud aparente 14, separada 2,4". Y la otra componente son también dos estrellas, de magnitudes aparentes 4,9 y 5,7, separadas entre sí 0,4". Todo el conjunto se encuentra a 108 años luz del Sistema Solar.

γ Tuc: estrella de magnitud aparente 3,99 (magnitud absoluta 0,6), tipo espectral F0, dista unos 146 años luz de nuestro sistema.

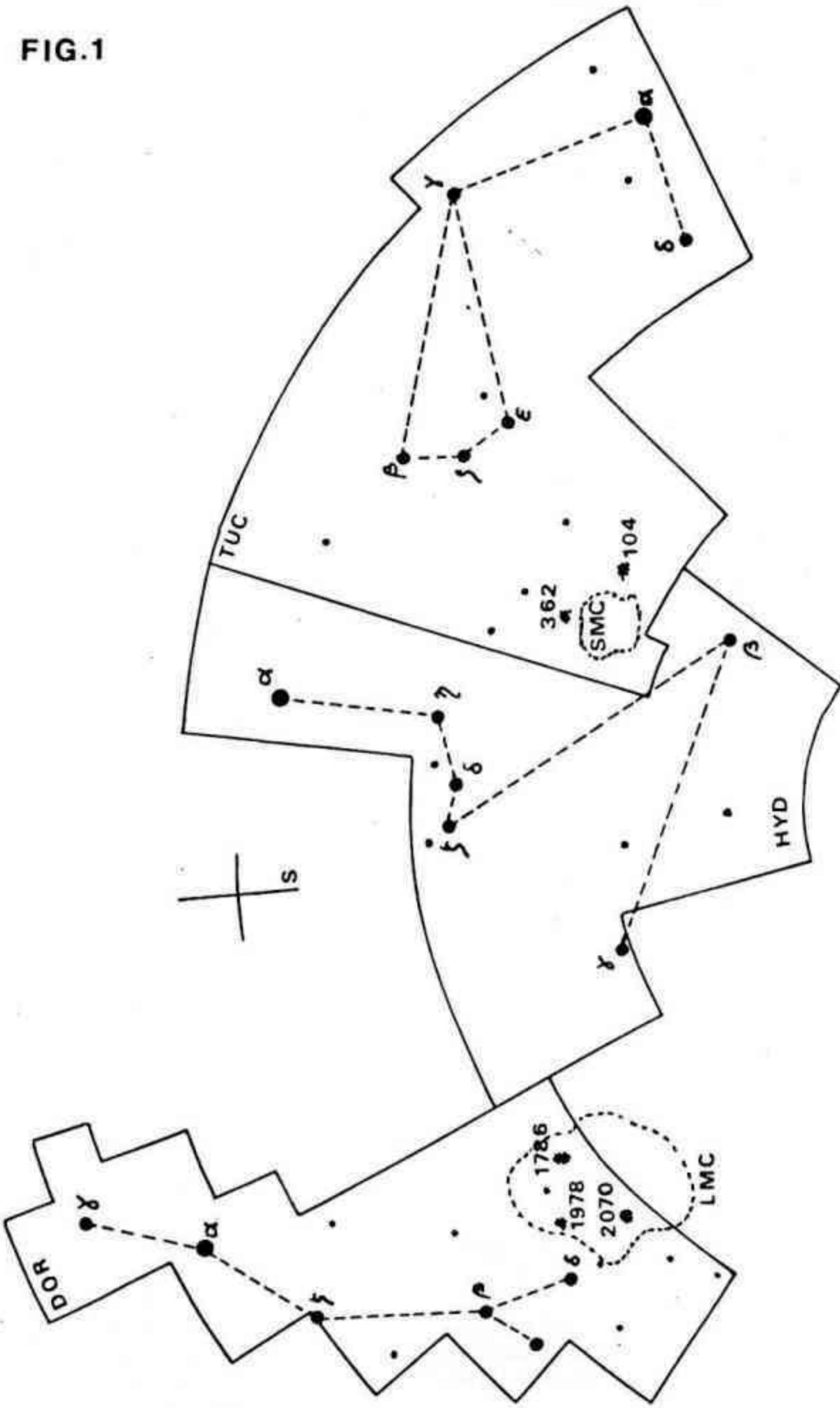
δ Tuc: es una binaria formada por dos estrellas con magnitudes aparentes 4,5 y 9,0, la más brillante de ellas posee tipo espectral B9, separadas 6,9" entre sí. El sistema se encuentra a unos 248 años luz de distancia del Sistema Solar.

En Tucana encontramos algunos objetos de cielo profundo bastante interesantes, al alcance de los instrumentos del aficionado:

NGC 104: Alias 47 Tuc (en el catálogo de Bode) o, también, χ Tuc. Uno de los más hermosos cúmulos globulares del hemisferio celeste Sur. Detectable a simple vista con cielo limpio (brilla en magnitud aparente 4,0) puede apreciarse con binoculares, aunque luce mejor en telescopio (de 15cm de diámetro para arriba) trabajando con 100 aumentos. Visto desde la Tierra, abarca unos 31' y dista unos 15.000 años luz de nuestro Sistema Solar. Además, posee una fuente de emisión de rayos X.

SMC = Pequeña Nube de Magallanes: Una de las dos galaxias visibles a simple vista del hemisferio celeste Sur (siempre y cuando uno se encuentre en un lugar con cielo limpio). A simple vista, aparece como una mancha neblinosa irregular de unos $3,5^\circ$ de diámetro y posee una magnitud aparente (integrada) de 2,29. De acuerdo a la clasificación de Hubble, corresponde al tipo SB(s)m pec. Su estructura tridimensional es mucho más interesante que la simple mancha

FIG.1



irregular que vemos: parece ser que se trata de un complejo estelar bastante largo (unos cien mil años de longitud), que vemos casi de frente (por lo que su diámetro, tal como la vemos desde nuestro planeta nos aparece como de sólo 15.000 años luz). Su parte más próxima se encuentra a unos 140.000 años luz de distancia. El origen de su estructura actual está causado en gran medida por la atracción gravitatoria de la Vía Láctea, más una colisión que experimentó con la Gran Nube de Magallanes hace unos 200 millones de años. Todo esto hace que esta galaxia se encuentre en un proceso de desintegración irreversible. Sólo por casualidad estamos en el momento y el lugar apropiados para verla antes de que desaparezca.

NGC 362: Brillando con magnitud aparente 6,6 es un cúmulo globular compacto de 12,9' de diámetro aparente. Fácilmente visible con binoculares, luce mejor con telescopios de diámetros mayores de 15cm, incluso desde ciudad. Se encuentra a unos 30.000 años luz de distancia de nuestro Sistema Solar.

HYDRUS

Siguiendo las ascensiones rectas crecientes, al lado de Tucana se encuentra la constelación de Hydrus, la SERPIENTE MARINA MACHO. Parece ser que su origen responde a cierto toque de humor de Bayer: desde tiempos antiguos, se ubicaba a la constelación HYDRA (uno de los monstruos que enfrentó Hércules, concretamente, una serpiente de nueve cabezas a la que, si se le cortaba una cabeza, le crecían dos en reemplazo), tradicionalmente considerada como hembra. Bayer le inventó un compañero macho extendiéndose entre Tucana, Eridanus, Horologium, Reticulum, Dorado, Mensa y Octans.

Otros astrónomos han identificado en esta zona otras constelaciones, pero cayeron en desuso. Por ejemplo, Julius Schiller (que armaba constelaciones con significado bíblico) identificó aquí (junto con parte de Tucana) la constelación del profeta Rafael. Como curiosidad, los antiguos chinos identificaban también aquí una serpiente, aunque en base a cuatro asterismos: tres partes de una serpiente (la cabeza, la panza y la cola) y un cuarto asterismo, Foo Pih, de significado desconocido.

Las estrellas que demarcan esta constelación son:

α Hyi: estrella de magnitud aparente 2,86, con magnitud absoluta 2,6, tipo espectral F0, es una estrella blanca de la secuencia principal y se encuentra a unos 36 años luz de distancia.

β Hyi: estrella de magnitud aparente 2,8 y magnitud absoluta 3,8, pertenece al tipo espectral G1, es una estrella amarilla, de la secuencia principal tirando a subgigante y está a unos 21 años luz de nuestro Sistema Solar.

γ Hyi: estrella de magnitud aparente 3,24 y magnitud absoluta -0,4, tipo espectral M0, es una gigante roja que dista unos 160 años luz de nosotros.

δ Hyi: estrella de magnitud aparente 4,09 y magnitud absoluta 1,4, pertenece al tipo espectral A2, es una estrella azul, de la secuencia principal y se encuentra a unos 114 años luz de distancia.

ϵ Hyi: estrella de magnitud aparente 4,11 y magnitud

absoluta -0,8, pertenece al tipo espectral B9, es una gigante azul y se encuentra a unos 300 años luz de distancia del Sistema Solar.

En esta constelación no encontramos ningún objeto de cielo profundo de magnitud más brillante que 10.

DORADO

Esta constelación fue armada por Bayer como tributo a los comentarios de los marineros europeos del siglo XVI sobre los peces que encontraban en las aguas tropicales. En particular, el Dorado (o carpa dorada, no confundir con el dorado del Paraná) es un pez de la familia de los Coryphaenidae, bastante grande (puede llegar al metro y medio de longitud) que solía acompañar a los barcos durante largos trayectos, saltando por breves instantes fuera del agua. El dibujo clásico de esta constelación es con la cabeza del pez apuntando hacia el Polo Sur Celeste. En realidad, originalmente llegaba hasta el propio Polo, pero, en el siglo XVIII, La Caille metió sus constelaciones Octans y Mensa, rebanándole un buen pedazo.

De acuerdo a la moderna cartografía celeste, se extiende entre las constelaciones de Mensa, Hydrus, Reticulum, Horologium, Caelum, Pictor y Volans, abarcando en diagonal aproximadamente desde AR 03h 50m y dec -50°, hasta AR 06h 40m y dec -70°. Para un observador a la latitud de Buenos Aires, salvo su extremo boreal (la cola del pescado), casi toda la constelación es circumpolar y por ello resulta visible todo el año, en cualquier momento, pero las mejores ocasiones para verla son, evidentemente, cuando la Hora Sidérea local vale alrededor de 5 horas, cosa que ocurre en la primera mitad de la noche, entre los meses de Agosto a Diciembre.

Las estrellas más fácilmente identificables de esta constelación son:

α Dor: es una estrella de magnitud aparente 3,27 y magnitud absoluta -0,6, que posee tipo espectral A0, es una gigante azul y se encuentra a unos 192 años luz del Sistema Solar.

β Dor: se trata de una estrella variable tipo Cefeida, cuya magnitud aparente oscila entre 3,46 y 4,08 y su tipo espectral, consecuentemente, varía entre F4 y G4. El período es de 9,842 días. Se puede decir que es una estrella supergigante blanca, con magnitud absoluta promedio de -8,0, que se encuentra a unos 7.500 años luz del sistema solar.

γ Dor: es una estrella de magnitud aparente 4,25 y magnitud absoluta 2,6, que posee tipo espectral F0, es una estrella blanca de la secuencia principal y se encuentra a unos 68 años luz de distancia del Sistema Solar.

δ Dor: Se trata de una estrella de magnitud aparente 4,35 y magnitud absoluta 2,4, que posee tipo espectral A7, siendo una estrella subenana blanco-azulada que se encuentra a unos 78 años luz del Sistema Solar.

Si bien las estrellas de esta constelación no son muy conspicuas que digamos, la situación cambia cuando nos interesamos en los objetos de cielo profundo que hallamos en esta constelación. Entre los más fáciles de ubicar, tenemos:

LMC: La Gran Nube de Magallanes es la otra gran galaxia visible a simple vista en el hemisferio Sur Celeste (claro que no desde Buenos Aires), ubicada a unos 180.000

años luz de distancia del Sistema Solar. Al igual que la SMC, también esta fue descubierta por los navegantes de la misión de Magallanes alrededor del mundo, en 1519. Para ser exactos, esta galaxia, que ocupa en el cielo un manchón irregular de unos 11° por 9°, se encuentra en el límite entre las constelaciones de Dorado y Mensa, pero su mayor fracción pertenece a Dorado. Con su magnitud integrada aparente de 0,08 se la puede observar a simple vista desde lugares con cielo limpio y oscuro, o con binoculares. Generalmente, con los telescopios al alcance de los aficionados no da una buena imagen (no entra ni de lejos) pero suele ser un muy lindo objeto para fotografiar con astrógrafos elementales y lentes normales de cámara. Es una galaxia del tipo Sbm III (espiral barrada), aunque su estructura no es fácilmente perceptible.

Al igual que la SMC, también la LMC se encuentra en proceso de destrucción: a partir de la medición de unas 251 estrellas de esta galaxia (realizada desde Cerro Tololo entre 1974 y 1989), se descubrió que está siendo absorbida por la Vía Láctea.

Toda la zona de LMC es muy rica en otros objetos de cielo profundo, muchos de ellos pertenecientes a esa galaxia. Se conocen allí unas 400 nebulosas, 700 cúmulos abiertos y unos 60 cúmulos globulares. Por supuesto, pocos de ellos quedan al alcance de los telescopios de los aficionados, pero entre estos podemos mencionar:

NGC 2070: La "Nebulosa Tarántula" o 30 Doradus. Una hermosa nebulosa gaseosa de emisión, que ocupa unos 40' por 25' en el cielo. Se supone que es visible a simple vista (obviamente, con cielo limpio y oscuro), por lo que se la puede ver muy bien con binoculares o telescopios pequeños. Se destaca su estructura filamentososa, que puede ser observada con telescopios de diámetros superiores a 20cm.

Esta nebulosa no pertenece a nuestra Galaxia, sino que es parte de la LMC: la Tarántula es una de las nebulosas más grandes que se conocen y, si estuviera a la misma distancia que la nebulosa de Orión, ocuparía unos 30° en el cielo.

NGC 1786: Cúmulo globular muy compacto (1,2' de diámetro aparente), brilla con magnitud aparente 10,1. Requiere telescopios de diámetro superior a los 15cm, en condiciones de cielo limpio y oscuro.

NGC 1978: Otro cúmulo globular, similar al anterior. También muy compacto (menos de 3' de diámetro aparente), brilla con magnitud aparente 9,9. Exclusivamente para observación con telescopios de diámetro superior a los 15cm (cielo limpio y despejado).

También en la Gran Nube de Magallanes, al costado de la Nebulosa Tarántula, se encuentra un objeto que hace unos años despertó el interés del mundo: la supernova 1987-A. Hace unos 160.000 años, a la estrella que hoy conocemos como Sanduleak-69°202 (una supergigante azul de 20 masas solares) se le ocurrió explotar como supernova. La luz de este evento estuvo viajando por el espacio hasta que llegó a nuestro planeta el 23 de Febrero de 1987, y Ian Shelton, a la sazón observador del Observatorio de Las Campanas la vio y se hizo famoso: la SN1987-A fue la supernova mejor estudiada de la historia de la Astronomía, la más brillante observada desde 1604 (llegó a magnitud aparente 3 en el mes de Junio de 1987, siendo visible a simple vista, incluso desde Buenos

Aires), la primera de la que se le pudo identificar estrella precursora y la que pudo ser estudiada desde la más temprana etapa de su explosión. Hoy en día, todos hemos visto ya las fotos tomadas por el telescopio espacial Hubble de su caparazón de gases en expansión empezando a desparramarse por el espacio y hemos leído acerca del pulsar inusualmente rápido que ya ha sido detectado como cadáver de esta estrella.

Las Nubes de Magallanes son objetos muy especiales, ya que son las únicas galaxias en las que el aficionado puede resolver estrellas individuales fuera de la vía Láctea, con su propio telescopio. Entre ellas hay una muy especial, S-Doradus, que es una de las estrellas más brillantes que se conocen (en realidad, los libros dicen que es LA más brillante conocida, pero con el HST en órbita, ese record debe estar siendo roto a cada rato). Se trata de una estrella de tipo espectral A0, variable (entre magnitudes aparentes 8,6 y 11,7).

Finalmente, también en Dorado se encuentra un punto del cielo muy especial: el Polo Sur Eclíptico, el extremo Sur de la recta perpendicular al plano de la órbita terrestre.

Los objetos descritos en estas tres constelaciones pueden ser fácilmente ubicados con el mapa celeste de la Figura 1.

BIBLIOGRAFÍA

- REVISTA ASTRÓNOMICA, Tomo 1, Número 6.
- THE 1996 GROGLIER ENCYCLOPEDIA (quién lo diría: ahora uno también cita un CD-ROM como referencia bibliográfica).
- SKY & TELESCOPE, Noviembre de 1986.
- GUIA DE CAMPO DE LAS ESTRELLAS Y LOS PLANETAS, de Donald H. Menzel y Jay M. Pasachoff.
- STAR NAMES: THEIR LORE AND MEANING, de Richard Hinckley Allen.
- THE NEW PATTERNS IN THE SKY, de Julius D. W. Staal.
- ATLAS DE ASTRONOMÍA, de Joachim Herrmann.
- SKY CATALOGUE 2000.0, de Alan Hirshfeld y Roger W. Sinnott.
- EL CIELO MES A MES, de Mario Vattuone.
- THE ASTRONOMICAL ALMANAC 1996, editado por el U. S. Naval Observatory y el Royal Greenwich Observatory.
- URANOMETRIA 2000.0, de Will Tirion, Barry Rappaport y George Lovi.
- NORTON'S 2000.0 STAR ATLAS, de Ian Ridpath.
- Y todas las revistas de divulgación astronómica desde 1987 hasta la fecha, que cada tanto traen algo de SN 1987 A.

NOTICIERO RADIOASTRONÓMICO

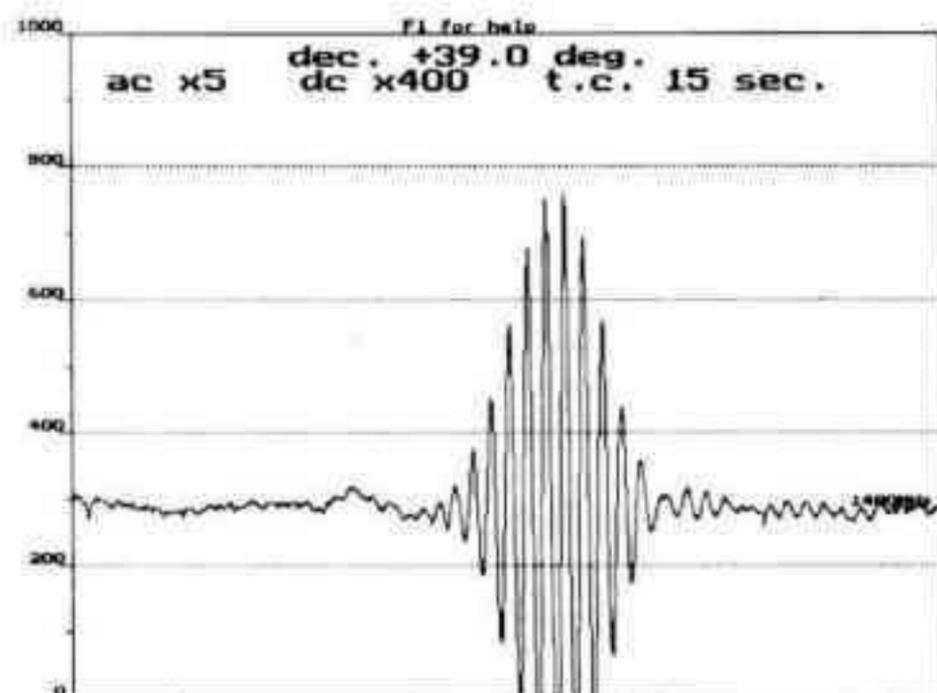
OCTUBRE 1996

Además de tener aspectos atrapantes, la práctica de la radioastronomía amateur trae, como subproducto, la posibilidad de conocer otros espíritus inquietos sobre el tema. Ahora que nos podemos comunicar por el sistema de correo electrónico (e-mail) las distancias se han acortado a cero. Es por esto que hemos hecho amigos en muchos puntos del planeta. Un caso especial es el de Hans Mychlmayr, un joven entusiasta que opera un interferómetro de dos antenas parabólicas de 5 metros de diámetro cada una, que construyó él mismo, con fondos propios y privados. El instrumento es en realidad un interferómetro conmutado, una suerte de aparato que detecta radiofuentes pequeñas y bordes de radiofuentes extendidas y las muestra en los registros como un paquete de ondas senoidales.

Este sistema opera en la ciudad de Perth, en el oeste de Australia, con algo de interferencia producida por el hombre pero no tanta como la que *gozamos* en este rincón porteño. Esto da como resultado la captación de fuentes relativamente débiles (de hecho, ha llegado a "ver" fuentes de 15 Janskys. Como comparación, el sol llega hasta nosotros con unos 750.000 Janskys). La frecuencia elegida por Hans es 1.420 MHz, donde se encuentra la famosa línea de emisión del hidrógeno neutro, aunque para captar esa línea en especial, se deben hacer cambios importantes en el receptor. Por el momento, el ancho de banda usado es de uno o dos MHz, lo suficientemente angosta para evitar que entre mucha interferencia y lo suficientemente ancha como para que el sistema no pierda sensibilidad.

Además de enviarnos unos integrados para fabricar conversores analógico digitales contenidos en una ficha DB25 de la salida paralelo de la PC, nos ha mandado algunos registros en disquete para compartirlos con nosotros. Nuestra mala intención es obtener alguna imagen de sus registros.

Los gráficos que vemos representan el tránsito por delante del interferómetro (por el movimiento de rotación terrestre) de una radiofuente intensa del hemisferio norte:

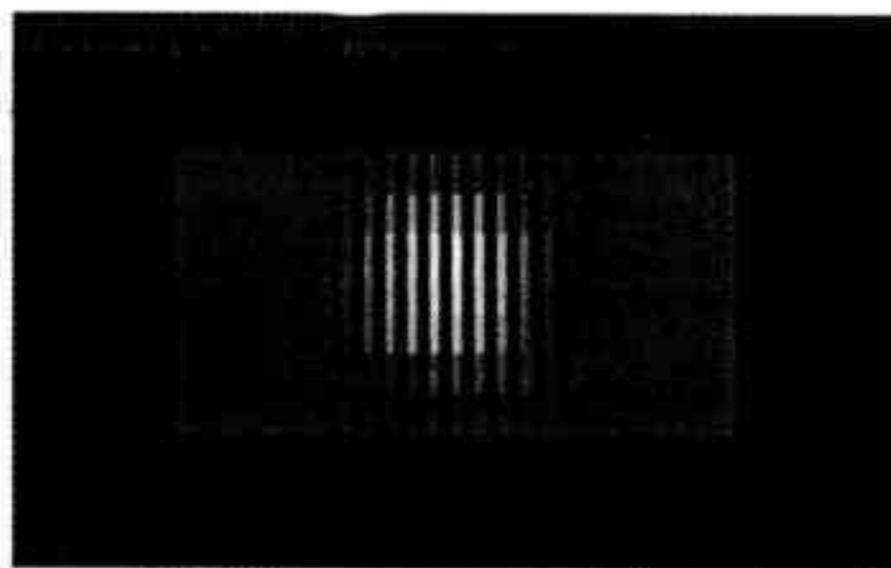


Cygnus A. En nuestra latitud esta fuente se levanta muy poco del horizonte norte, pero desde lo de Hans alcanza un poco más de altura, y así puede apuntarse con las antenas. Es una galaxia muy lejana que parece tener un agujero negro en su centro que atrae a las masas de gas y estrellas circundantes para devorarlas. En este proceso se libera una cantidad excepcional de la energía mecánica que posee el material que cae en el agujero. Además, por un mecanismo que todavía no está muy claro, se producen dos chorros de gas con sentido opuesto en dirección perpendicular al plano de esa galaxia. Este gas está altamente ionizado (cargado de electricidad) y forma dos enormes burbujas cuando se encuentra con el gas intergaláctico. Existen unas imágenes espectaculares de estos chorros (jets) obtenidas con el array de Nuevo Mexico, VLA.

Los gráficos de Hans muestran como varía la intensidad de la radiofuente, cuando se cambia gradualmente la declinación observada. En el último gráfico la escala vertical fue muy aumentada y sin embargo la fuente ya no se muestra, lo que nos dice de la pequeñez angular de la misma. Hay que pensar que en radioastronomía amateur una fuente "pequeña" puede ser de 1/2 grado de extensión (como la Luna).

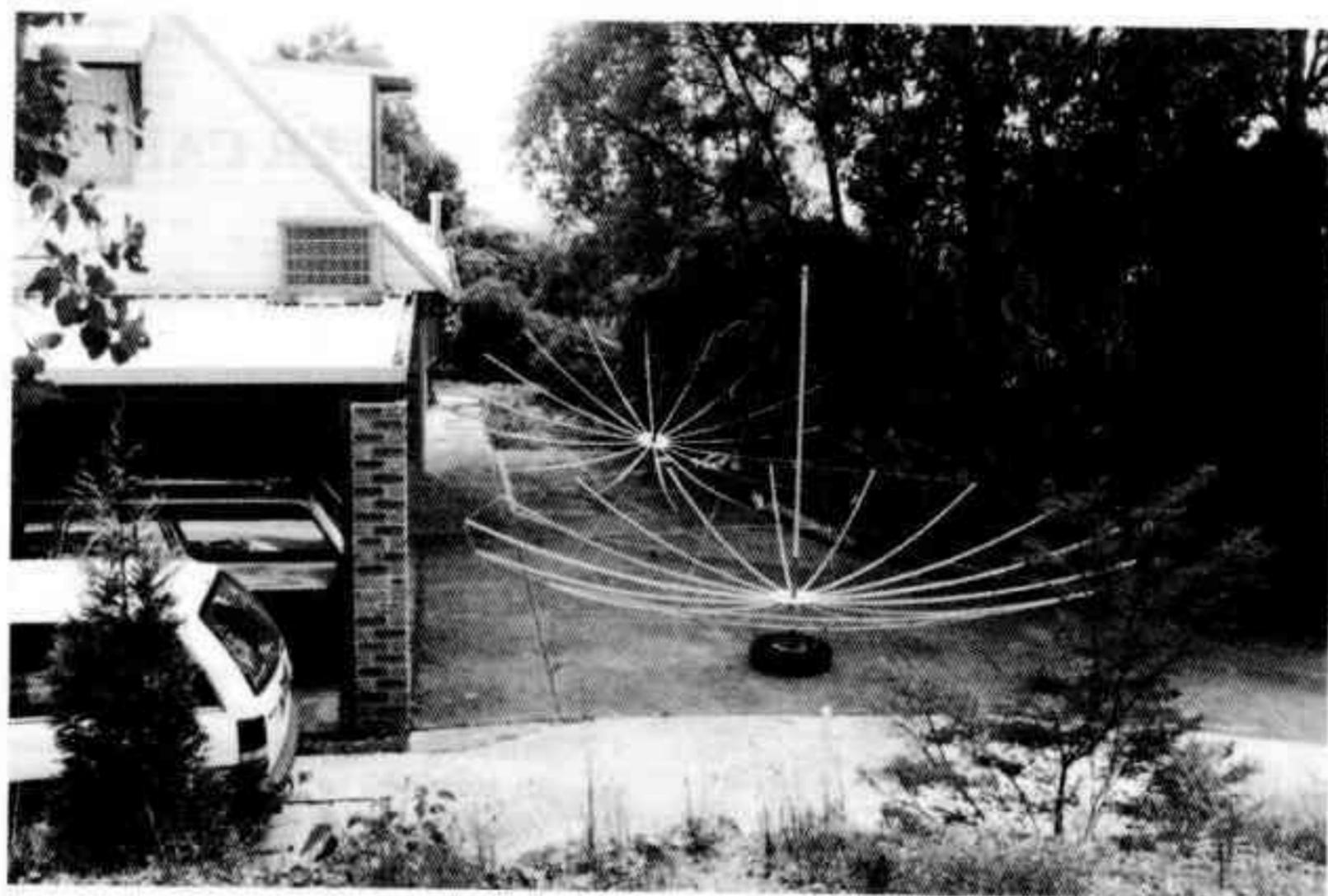
Tomando los archivos de datos colectados por el interferómetro de Hans, empleando un programa "casero" desarrollado aquí, pudimos representar, en niveles de gris, una imagen de Cygnus A. Tiene la apariencia de una fuente brillante detrás de barrotes oscuros.

En la foto se ven las costillas de las dos parábolas cuando estaban en construcción. Las superficies así obtenidas se llaman parábolas tensionadas.



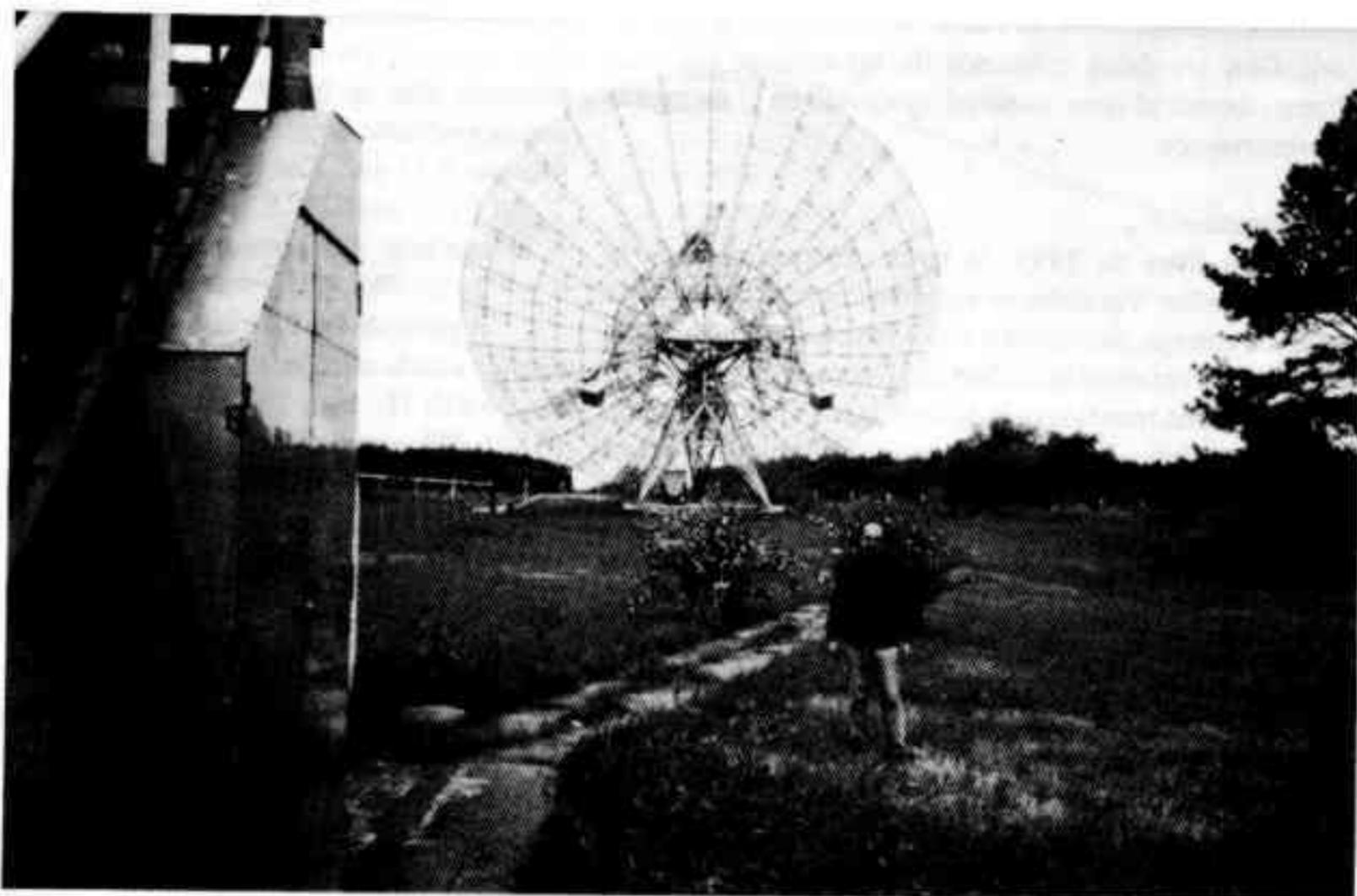
Visita al IAR

El sábado 19 de Octubre, un grupo de 26 personas realizó una visita al Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) donde el Ing. José A. Bava y el Dr. Morras condujeron una visita guiada por el observatorio, cuya característica más importante para el visitante son las dos enormes antenas parabólicas de 30 metros de diámetro con las que se realizan relevamientos en la línea del hidrógeno y algunas moléculas como el OH.



Novedades del Departamento

Se incorporó un equipo receptor de satélites meteorológicos, como el GOESS o Meteosat, en 1.691 MHz. Con este equipo se obtienen imágenes de las formaciones nubosas sobre todo nuestro planeta, ya que también se retransmiten datos obtenidos por otros



satélites meteorológicos que circundan la Tierra en otras órbitas, como los polares. Una parábola de 1 metro de diámetro concentra la emisión satelital en una cavidad resonante en su foco, donde se encuentra el receptor de bajo ruido. Al pie de la antena se convierte la frecuencia a 147 MHz y por coaxil entra al edificio donde una etapa especial, armada en la asociación por Ricardo Sánchez, decodifica la señal que finalmente entra en la PC. Con las imágenes capturadas se intenta hacer animaciones, cuando se pueda operar el sistema en forma continua, lo que pensamos será muy pronto.

¿Qué pasa con el "array"?

El proyecto del array de hélices no está suspendido sino que se encuentra a la espera de mejoras en la situación económica de la asociación, que esperamos sea rápido. Este array incorporará tecnología no muy experimentada en nuestro país, lo que lo convierte en un proyecto de mucho valor.

OBSERVACIONES VISUALES DE ER CARINAE Y R MUSCAE

Por Silvina Szirko. Sección Estrellas Variables. AAAA. (e-mail : variable@aaaa.org.ar)

Abstract

In the following article we show some of results we got since 1995. We included the measurement of the light curves of two stars employing 45 individual observations and their ephemeris (calculated by the author). With the data obtained from the visual estimates, we were able to measure the standard error of the observations.

Resumen

En el presente artículo se exhiben algunos de los resultados obtenidos por esta Sección, desde fines de 1995. Entre ellos, la elaboración de las curvas de luz de dos estrellas variables a base de 45 observaciones individuales, y las efemérides correspondientes a cada estrella, calculadas por la autora. Con los datos reducidos de las estimas visuales, pudimos obtener el error standard, cometido en el momento de la observación.

Introducción

Desde fines de 1995, la tarea observacional de la Sección Estrellas Variables se ha intensificado, iniciándose un plan de trabajo, destinado a todos los nuevos integrantes del grupo, que recién se iniciaban en el tema. Las magnitudes obtenidas fueron remitidas a la AAVSO (USA), y algunas de ellas serán publicadas en el cuerpo de este artículo. Las observaciones corresponden al período comprendido entre los meses de marzo y principios de julio de 1996. Las efemérides se realizaron fijando un instante inicial (18 de julio de 1946), necesario para poder calcular con precisión los ciclos correspondientes al período de observación. Desde principios del corriente año pudimos obtener resultados de:

- 4 estrellas variables del tipo Cefeidas Clásicas de Población II: ER Car, X Sgr, R Mus y AT Pup.

- 3 estrellas variables del tipo R Coronae Borealis: RY Sgr, UW Cen y RS Tel (estas últimas continúan aun en proceso de reducción).

Desarrollo

De los resultados obtenidos, solo publicaremos en esta ocasión dos de ellos: los correspondientes a dos estrellas variables del tipo Cefeidas Clásicas de Población II, ER Carinae (1110-58), y R Muscae (1234-68). Se eligió este tipo particular de estrellas ya que tanto la variación de su brillo, como la duración y el desarrollo de su período son regulares. Por lo tanto, pudimos trabajar en un solo período, superponiendo los datos de los 16 ciclos observados, y la curva de variabilidad calculada por efemérides. Para las estimas se

utilizaron un telescopio reflector ($d=0.25$ m ; $F/D=6$) y dos oculares ortoscópicos, uno de 28mm y otro de 20mm de distancia focal, mientras que para el procesamiento y elaboración de datos se utilizó una computadora PC AT 486 DX4. Las estimas de brillo se realizaron por la comparación de la variable con estrellas de magnitud fija y color semejante, que se encontraran dentro del campo del telescopio en el momento de la observación. Las reducciones para obtener las magnitudes observadas se efectuaron empleando el convencional Método Fraccional. Para el cálculo de las efemérides se tomó como primera pauta, un tiempo inicial (T_0) el 18 de julio de 1946, ya que correspondió a una fecha cierta en que la magnitud de ambas estrellas variables se encontró en el máximo brillo. Como segundo paso, tuvimos que determinar la cantidad de períodos transcurridos desde el T_0 hasta los primeros días de las observaciones, utilizando el período correspondiente de cada estrella: ER Carinae: 7,72 días, R Muscae: 7,51 días. Los T_0 de cada una de las estrellas fueron T_0 ER Car = 2440277,8 (TU) y T_0 R Mus = 2440277,1 (TU) y el instante del comienzo de las observaciones fue $T_{obs} = 2450148,5$ (TU)

A partir de los T_0 se calcularon los máximos correspondientes a cada estrella, obteniéndose así el día 1 de marzo, a las 06,03h TU para ER Car, y el día 1 de marzo, a las 05,58h TU, para R Mus. Luego tuvimos que introducir, en cada período, los semiperíodos correspondientes a cada estrella, pues la rama ascendente (t') y la rama descendente (t'') de la curva de luz no son simétricas (ver la Figura 1), sino que la magnitud de ambas variables asciende más rápidamente de lo que tarda en retomar su mínima magnitud, siendo para ER Car, $t' = 3,08$ días y $t'' = 4,64$, y para R Mus, $t' = 3,004$ días y $t'' = 4,05$ días.

El error standard se obtuvo, como la diferencia de la magnitud reducida por cada observación y la magnitud calculada en las efemérides, en la misma hora en que se realizó la estima.

Conclusiones

A partir de los datos obtenidos, tanto observados como calculados, se confeccionó una curva de luz para cada estrella variable mostrados en los Gráficos I y II. También se incluye un tercer gráfico en el cual se indica el error standard. En la Tabla I, se indica la mayor y la menor magnitud estimada para cada estrella, y el mayor y menor error cometido en la observación.

TABLA I

	ER Car	R Mus
M	7,10	7,20
Mo	7,16	7,29
m	6,50	5,90
mo	6,52	5,99

M= máxima magnitud por catálogo
 Mo= máxima magnitud observada
 m= mínima magnitud por catálogo
 mo= mínima magnitud observada

TABLA II

	ER Car	R Mus
Me	0,09	0,18
me	0,01	0,00

Me= mayor error cometido
 me= menor error cometido

Ing. Carlos E. Angueira Vázquez y al Sr. Alejandro Blain, de quienes obtuve total colaboración.

Bibliografía

- AAVSO. Program Stars (Enero 1991)
- D. Kilkenny (1982) MN RAS 200,1019
- L. Celis. S. (1970) "Variación luminosa en las estrellas de largo periodo"
- A. Hirshfeld, R. Sinnott (1985) "Sky Catalogue 2000.0"

Agradecimientos

Desde ya, agradezco a toda la gente de Observatorio por la ayuda y valor que le dio desde el principio al trabajo que se realizó y se sigue realizando en esta sección; en especial al

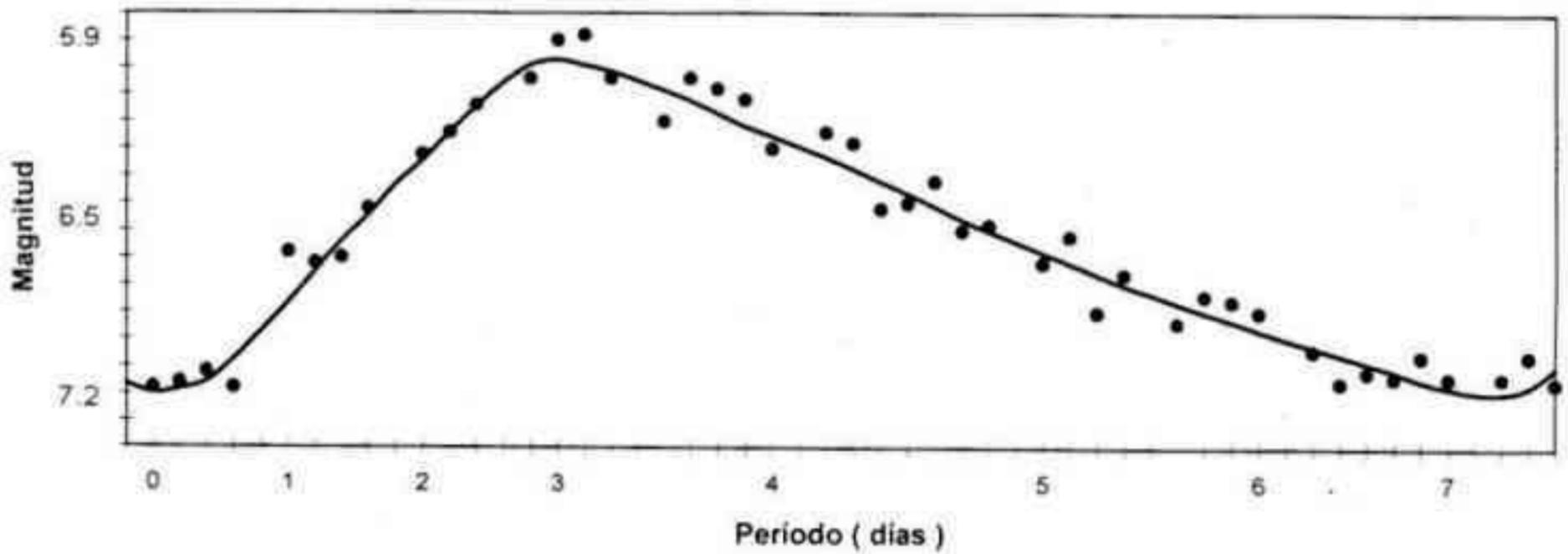


GRÁFICO I: R Mus

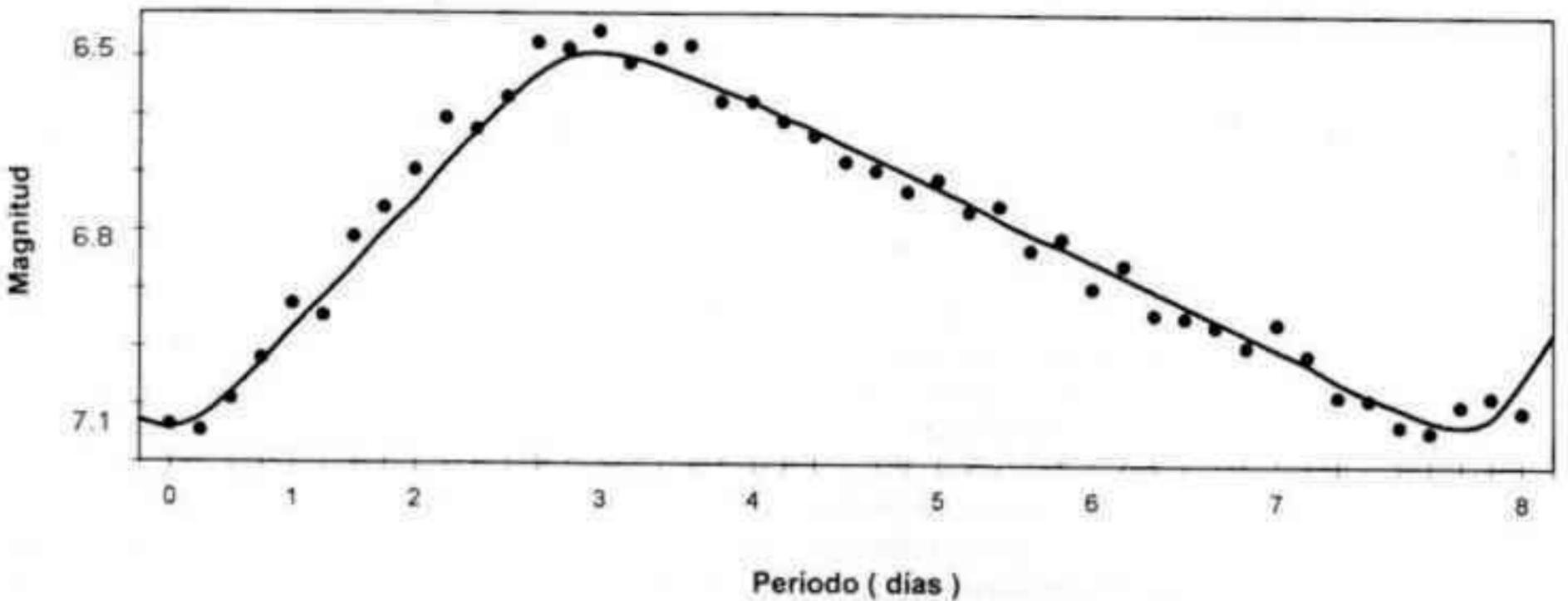
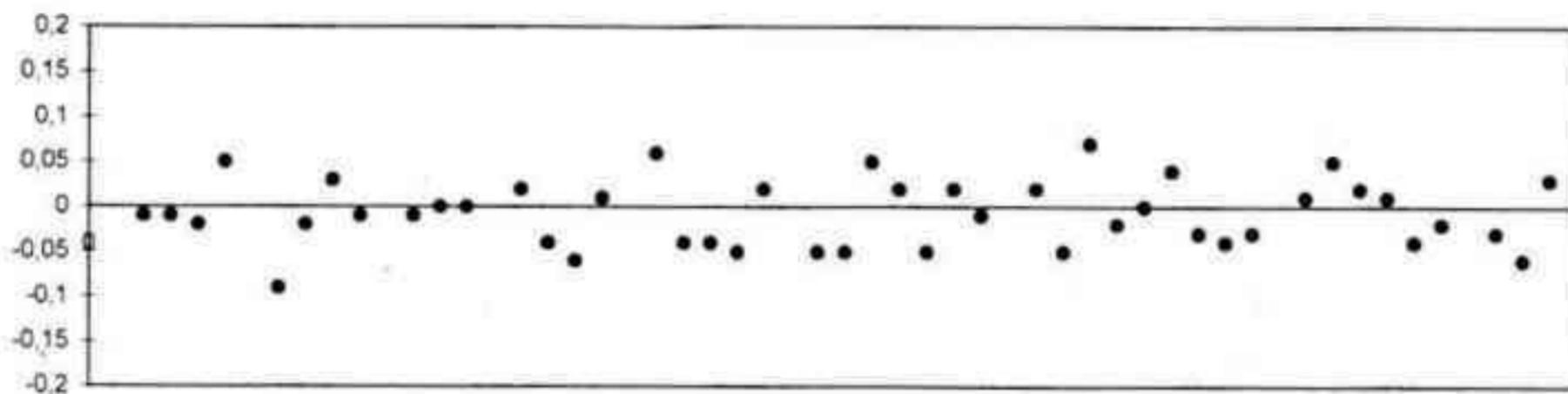
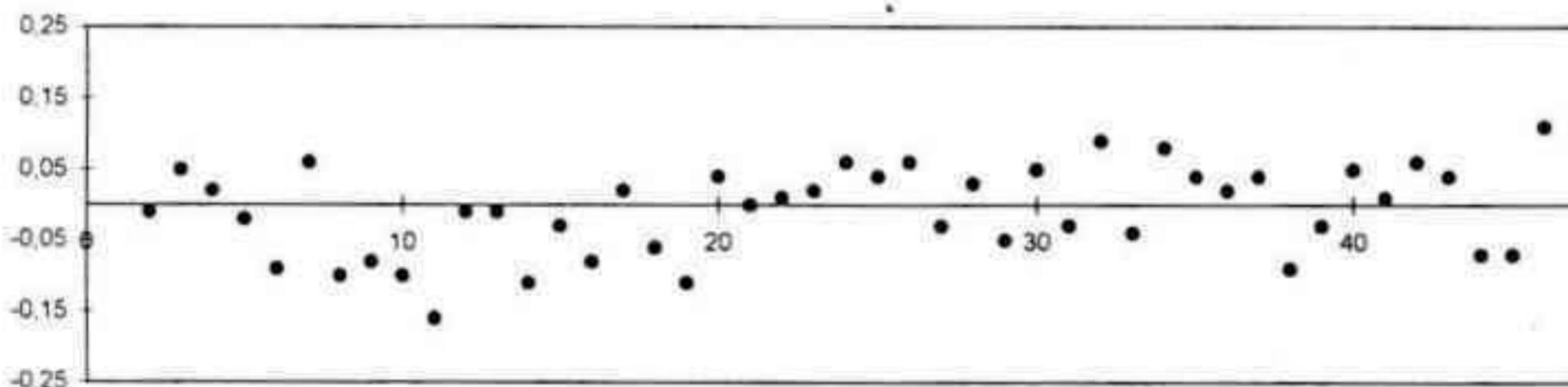


GRÁFICO II: ER Car



Observaciones

R Mus



Observaciones

ER Car

GRÁFICO III

ESTUDIO DE ESTRELLAS DOBLES CON CCD

Por Rodrigo Oscar Vazquez, Grupo de Trabajo de Estrellas Binarias (E-mail : binarias@aaaa.org.ar)

ABSTRACT

A new group is working in our Observatory. After some years of delay, we have returned to visual binary stars observation. But, in these years, technology has changed and now we have some tools that improve the quality of our work. In this article, we describe how are we measuring visual binary systems.

RESUMEN

Un nuevo grupo de trabajo ha empezado a funcionar en nuestro Observatorio. Después de varios años sin actividad, varios Socios han retomado la observación de estrellas binarias. Pero, durante esos años, la tecnología ha cambiado y, ahora, disponemos de ciertas herramientas que mejoran la calidad y precisión de nuestras observaciones. En este artículo, se cuenta cómo medimos estrellas binarias hoy.

INTRODUCCIÓN

Un siglo atrás, casi todas las observaciones eran hechas visualmente, pero hoy en día ningún astrónomo profesional mira a través de su telescopio ni siquiera para el guiado. El ojo humano fue reemplazado por medios más eficaces para la recolección de luz como la fotografía y últimamente los chips CCD.

Para el estudio de las estrellas dobles visuales se pueden usar tres métodos: el visual, el fotográfico y el digital (CCD). El primero era, tradicionalmente, el más usado por los aficionados gracias a que no requiere gran instrumental aparte del telescopio, pero puede llegar a ser bastante impreciso si el observador es inexperto, ya que depende totalmente de la vista de éste, de su velocidad de respuesta, etc. Esta forma de trabajo ya fue explicada en el N° 234 de nuestra revista, por lo que no nos vamos a explayar mucho en el tema.

El método fotográfico no tuvo mucha aceptación entre los aficionados ya que aunque es mucho más preciso que el visual, requiere equipamiento que está casi siempre fuera del alcance de cualquier aficionado (medidora de placas, por ejemplo).

Por último está el método digital, que es el que hemos adoptado, y es el que trataremos con mayor profundidad. La gran ventaja de la utilización de cámaras CCD consiste en que se obtienen medidas mucho más precisas, tanto del Ángulo de Posición como de la Separación Angular. Los equipos requeridos para la realización de este trabajo están cada vez más al alcance del aficionado común y aun más al alcance de las asociaciones de aficionados.

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL ESTUDIO DE LAS BINARIAS VISUALES

El objetivo básico del trabajo a realizar consiste en la medición del Ángulo de Posición A.P. y la Separación Angular S.A. (ver la Figura 1). El primero se mide a partir del Norte (0°) en el sentido Este-Sur-Oeste, tomando como estrella pivote a la más brillante del par. El segundo es la separación aparente entre las dos estrellas expresada en segundos de arco. Si desea explayarse más sobre este punto puede consultar el N° 231 de nuestra revista.

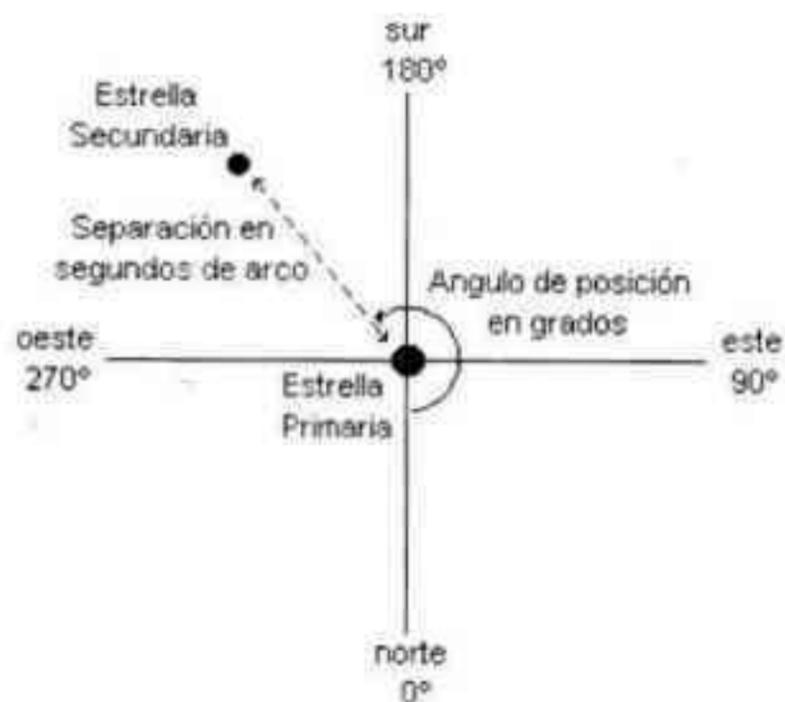


FIGURA 1: El ángulo de posición y la separación angular aparente.

INSTRUMENTAL:

El instrumental utilizado (Hardware) para realizar las mediciones es, en nuestro caso, un telescopio Schmidt-Cassegrain de 25 cm de diámetro F/d 6,3 marca MEADE, una cámara CCD ST4, y dos computadoras, una PC 286 para la toma de imágenes y una PC 486 DX4 de 100 Mhz para el procesamiento de las imágenes y los cálculos correspondientes.

En el apartado del Software estamos usando el H.S.C. (Hubble Space Catalog) como catálogo de referencia, que se presenta en 2 CD-ROMS y es muy usado en todo lo que tenga que ver con astrometría. Como catálogo específico de binarias usamos el de Comellas y próximamente el Catálogo de Estrellas Dobles Visuales del Observatorio Naval de Washington.

Para la obtención de las coordenadas de las estrellas del par binario usamos un programa llamado *Astrometrica* en su versión 3.0 (registrada). Y por último para la obtención de los datos finales (ángulo de posición y separación angular) un programa realizado en C++ por el autor de este artículo.

FINALIDAD DEL TRABAJO

El estudio de las estrellas binarias visuales nos sirve para calcular sus órbitas, y gracias a este dato obtener la masa de las mismas. Esto tiene mucha importancia ya que es la única forma que tenemos, por ahora, para calcular las masas de objetos muy lejanos a nosotros, y así, indirectamente, mejorar nuestros conocimientos de la estructura y dinámica

de las estrellas y, además, tener una idea del promedio de masas de nuestro universo.

FORMA DE TRABAJO

Comienza con la búsqueda del par binario a medir en los catálogos correspondientes. Se tiene que tener en cuenta varios factores como la magnitud de las componentes del par binario, y la S.A. entre las mismas, según el instrumento a utilizar. Como segundo paso se verifica si hay estrellas de referencia suficientes (por lo menos 3, pero es preferible 4 o más), esto se hace utilizando el H.S.C. El cuarto paso consiste en la toma de las imágenes en el telescopio con la cámara CCD, este proceso puede demorar algún tiempo si no se tiene mucha práctica, pero con un poco de experiencia se pueden tomar las imágenes necesarias para la medición un par binario cada 15 minutos o menos. El quinto paso consiste en obtener las coordenadas de cada una de las componentes mediante el programa *Astrometrica*. Sería engorroso explicar cada paso a seguir en este punto, por lo que quienes estén interesados podrán consultarlo con el autor (de todas formas, en próximos artículos explicaremos cada paso en detalle). Por último se ingresan las coordenadas medidas a un programa de cálculo apropiado (nosotros disponemos de un programa hecho en C++, a disposición de los interesados), y éste nos da como resultado directo la Separación Angular, y el Ángulo de Posición.

RESULTADOS OBTENIDOS

Luego de unos pocos meses de haber abordado este trabajo, ya empezamos a disponer de algunas mediciones, que detallamos en la tabla siguiente. Los objetos poseen denominación I.D.S. (Index of Double Stars) y fueron obtenidas en el periodo Septiembre-Octubre de 1996.

Objeto	Fecha de Medición	A.P. ($^\circ$)	Sep. Ang. ($''$)
h4838	24500323.47081	143.5	23.135
b921	24500326.56564	95.7	35.04
h5012	24500326.51329	188.2	23.338
h2823	24500326.52460	330.9	20.15
h5025	24500330.54238	99.0	45.182
bha	24500332.36889	129.3	23.9
h5011	24500332.40432	345.7	26.733
E2439	24500369.35294	198.34	22.02
h2849	24500343.47544	142.98	20.284
B423	24500343.48509	194.26	41.481
A99	24500351.48891	78.98	46.063

CONCLUSIONES

Nuestro objetivo con este primer artículo es comentar brevemente nuestro método de trabajo, ya que si bien aún no es muy usado, cada vez está más al alcance del aficionado común.

BIBLIOGRAFIA

- Visual Observing of Double stars, Charles E. Worley, reprint 1979
- Un micrómetro para aficionados, Claudio Martínez y José Requeijo, Revista Astronómica N° 254
- Estrellas Dobles, C. de Loore, Revista Astronómica N° 231

REGIONES OSCURAS EN CÚMULOS GLOBULARES

Por Marcos J. Hierrezuelo

ABSTRACT

During the year 1995 a globular cluster survey was made from the AAAA. For the task was used a newtonian reflector (0.3m) with a CCD ST-4 camera. A hundred and twenty-three images of twenty-one different globular clusters have been obtained and dark regions were detected in them.

RESUMEN

Durante el año 1995 se realizó un reconocimiento de cúmulos globulares (CG) desde la AAAA mediante el reflector newtoniano de 0,3m de diámetro "Cancela" al cual se le acopló una cámara CCD ST-4. Ciento veintitrés imágenes de 21 CG diferentes fueron obtenidas en las cuales se han encontrado regiones oscuras.

INTRODUCCION

Si bien los CG no son cuerpos a los que, generalmente, el aficionado se dedique a estudiar, son éstos, tal vez, uno de los objetos que mayor información le han brindado a la astronomía. Para hacer mención de algunos casos:

- Fue gracias al estudio de su distribución en el cielo, bajo la hipótesis de que los CG se agrupaban mayormente en dirección al centro de la Galaxia, lo que ha permitido estimar el tamaño de la misma y la ubicación del sistema solar dentro de ella.

- Puesto que son los sistemas estelares más viejos conocidos, imponen una edad mínima al universo, así como además brindan una importante información acerca de las primeras etapas en la formación galáctica.

Esta lista se podría extender a temas como emisión en

rayos X, dinámica estelar, etc.

Hoy en día, el tema de moda entre los profesionales que se dedican al estudio de este tipo de sistema, es el debate sobre la existencia de nubes de polvo en el interior de los CG.

OBSERVACIONES

En el siglo XVII, Lord Rosse detecta líneas oscuras sobre el CG NGC 6205 (M 13). De aquí en más un gran número de observadores detectan rasgos similares sobre éste y otros cúmulos.

Estas estructuras (que en las imágenes obtenidas con la cámara CCD parecen ser más la regla que la excepción) fueron fácilmente detectables desde la Asociación.

El interrogante que se abre a esta altura de las cosas es si estas líneas oscuras son nubes de polvo. Existen en la actualidad hipótesis que de alguna manera explicarían el origen de tales estructuras:

- 1- Las supuestas nubes, son debidas al agrupamiento inhomogéneo de las estrellas de un CG, lo que produciría una fluctuación en la distribución de brillo en esa región.

- 2- Causado por algún agente externo, por ejemplo material interestelar ubicado entre el observador y el objeto.

- 3- Siguiendo los pasos evolutivos de las estrellas (considerando que un gran número de éstas se encuentran en etapas muy avanzadas de sus vidas), es posible pensar que con el correr del tiempo eyectaron cantidades considerables de gas y polvo a sus alrededores.

La hipótesis 2, en la actualidad está prácticamente descartada debido a la gran cantidad de material que tendría que existir en altas latitudes galácticas (Méndez et.al 1989).

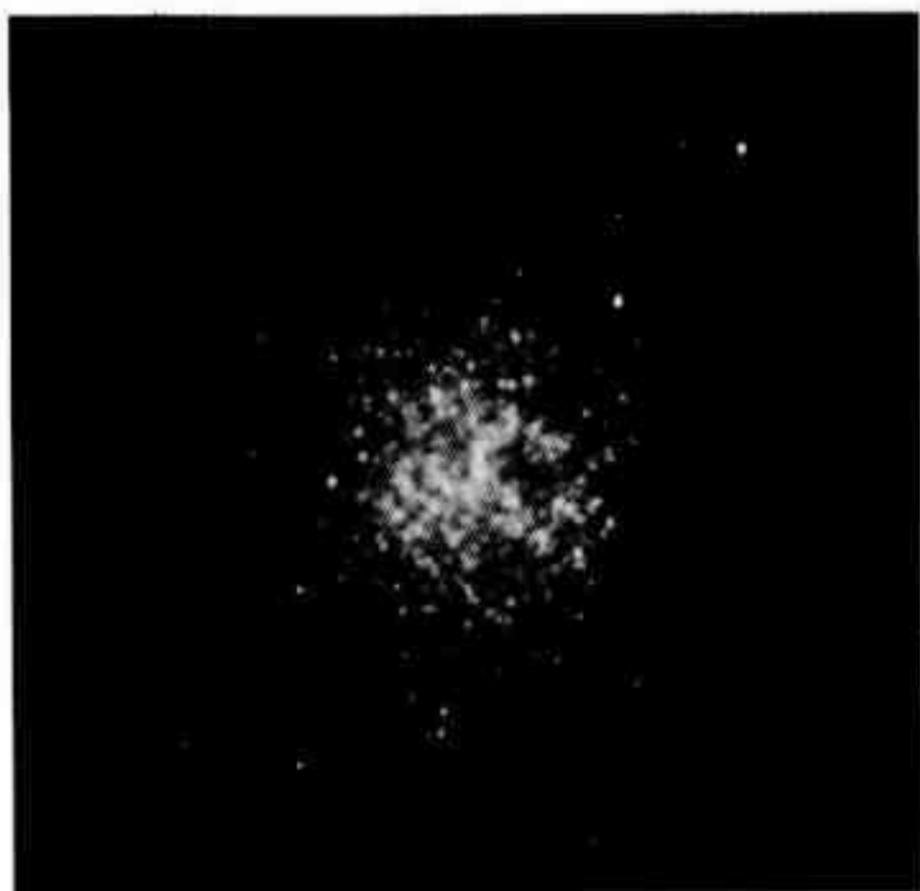


Foto tomada por el Sr. Ricardo Gil Hutton. Telescopio astrográfico de 0,5m. Estación de Altura "Carlos U. Cesco". EXP. 15 min, EM. NO. APx100, FOCUS 17,3

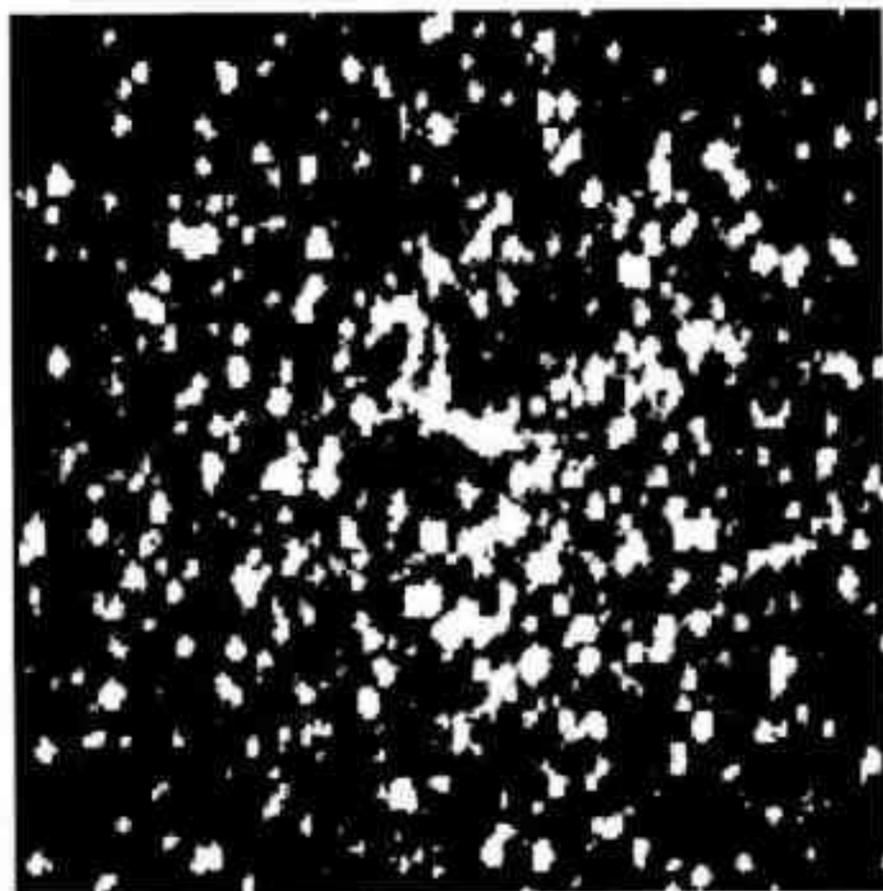


Imagen CCD de la región central de NGC 5139. Telescopio reflector "Cancela". EXP 25seg. Pueden apreciarse las regiones oscuras presentes en esa zona del cúmulo.

Con esto, quedan las hipótesis 1 y 3 en pugna y puede de que se den las dos:

a) Si en un CG encontramos un grupo de estrellas gigantes distribuidas de forma no regular (que generalmente es lo que se detecta) el efecto que se produciría ante nuestra visual sería una estructura de esta forma.

b) Se han encontrado casos en que el grado de oscurecimiento era demasiado grande (Forte et.al 1987), por lo cual no se lo podría atribuir a la hipótesis 1.

RESULTADOS

Hasta el presente se ha trabajado sobre 21 CG diferentes utilizando la cámara CCD ST-4 de SBIG adosada al reflector Cancela, obteniéndose un total de 123 imágenes, las que fueron debidamente corregidas para su posterior procesado.

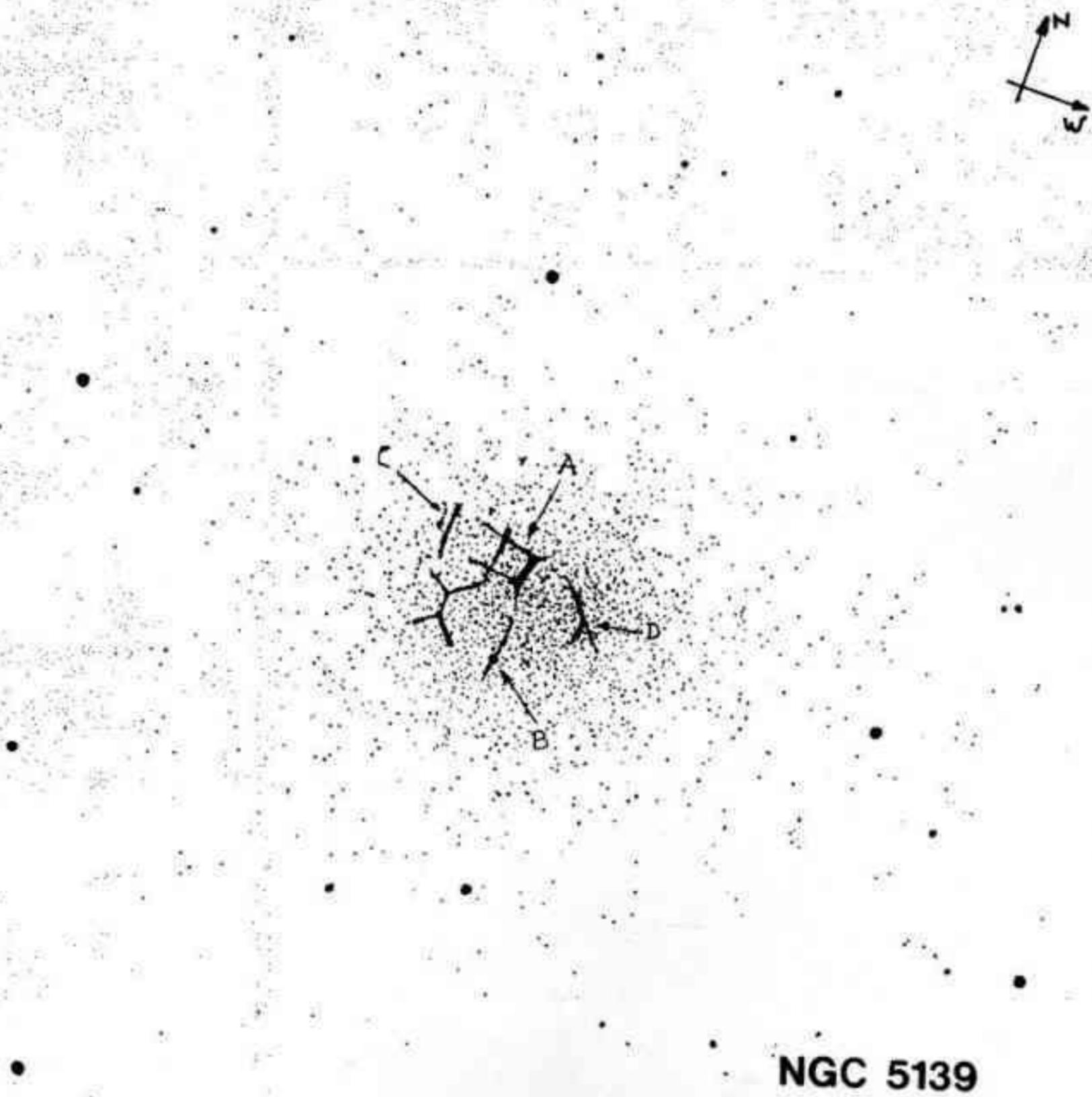
A continuación, se presenta una imagen CCD de NGC 5139 (ω Centauro) en la cual se puede visualizar uno de los mayores complejos de estas estructuras que se han detectado

desde la AAAA, contrastando con los resultados que se venían obteniendo con el mismo telescopio con anterioridad al CCD y con una fotografía tomada con el telescopio astrográfico de 0,5m de la Estación de altura "Carlos U. Cesco" dependiente del OAFa, enviada gentilmente por el Sr. Ricardo Gil Hutton al autor.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el presente mediante el uso de la cámara CCD han permitido, por un lado, ratificar las observaciones anteriores realizadas en forma visual y/o fotográfica; y por otro, han ampliado nuestras posibilidades de detección de estas estructuras en CG, que anteriormente al CCD, resultaban imposibles para el Cancela.

Con todo lo expuesto, creemos poder demostrar que los CG ya hace tiempo que dejaron de ser objeto de estudio permitido sólo para profesionales o para algunos pocos aficionados privilegiados, así como también se puede agregar



NGC 5139

Dibujo de NGC 5139, realizado por el autor mediante el telescopio reflector "Cancela", en el cual se pueden observar las líneas negras detectadas en forma visual desde la Asociación.

que los CG, a pesar de su estabilidad (y no hablo de inmutabilidad como se lee frecuentemente en libros para aficionados), siguen ofreciendo misterios para quienes realmente deseen observarlos.

AGRADECIMIENTOS

No quiero concluir sin antes expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Carlos Forte y al Dr. Raúl Mariano Méndez de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata, por sus enseñanzas y apoyo. Igualmente quisiera agradecer a los señores Gustavo D. Rodríguez y Roberto Mackintosh por las imágenes gentilmente cedidas, y a la

señorita Silvina B. Castro por su colaboración en la toma de imágenes con el CCD. También agradezco al Sr. Ricardo Gil Hutton del Oafa, quien pese a la enorme distancia, sigue colaborando con todas aquellas personas que necesiten un consejo.

REFERENCIAS

- Raúl Mariano Méndez (1989) "Evidencias Fotométricas y Polarimétricas sobre la existencia de nubes de polvo en el interior de cúmulos globulares". (Tesis doctoral)
- Juan Carlos Forte (1987) "Estudio de cúmulos globulares con procesamiento de imágenes". Revista Astronómica N° 242/243.

NUEVAS IMÁGENES DEL HUBBLE MUESTRAN TORMENTAS DE POLVO EN EL POLO NORTE MARCIANO

La siguiente nota proviene de un "servicio de noticias" vía e-mail que posee la NASA (ver último párrafo), habiendo sido publicada en noviembre de 1996. Nuestra intención al traducirla no ha sido la de informar sobre una noticia de último momento, cosa que por el carácter trimestral de la Revista resultaría descabellado, sino la de brindarle al lector un vistazo acerca de uno de los tantos e interesantes fenómenos meteorológicos que se dan en Marte.

Dos imágenes del Telescopio Espacial Hubble de Mar-

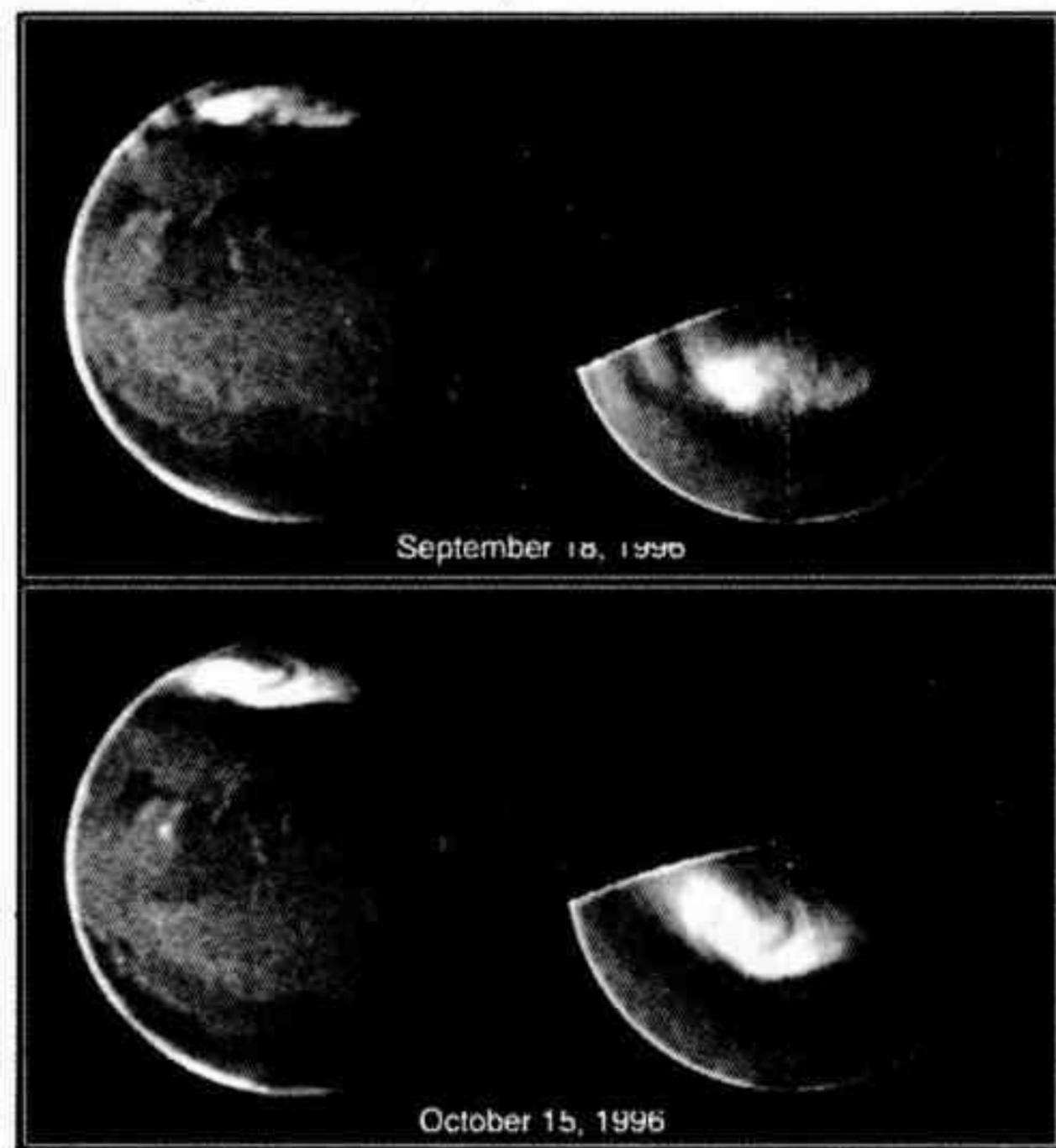
te, tomadas con un intervalo de un mes aproximadamente, la primera de ellas el día 18 de septiembre y la restante el 15 de octubre de 1996, revelan un tormenta de polvo del tamaño de Texas (N. del T.: 691000 km² de superficie) agitándose cerca del límite del casquete polar marciano. La tormenta polar es probablemente consecuencia de grandes diferencias de temperatura entre el hielo polar y las regiones hacia el Sur, calentadas por el Sol primaveral.

Marte es famoso por sus extensas tormentas, que en algunos casos han llegado a cubrirlo por completo. Otras más pequeñas, similares a la detectada en esta ocasión, fueron observadas en otras regiones por las Vikings a finales de la década del 1970, aunque esta es la primera ocasión que un

evento de estas características es detectado próximo al casquete polar Norte que se encuentra su periodo de retroceso. Este tipo de avanzado de "reporte del tiempo" planetario será invaluable para el apoyo de los preparativos destinados a los arribos a Marte de la nave Pathfinder en Julio de 1997 y del orbitador Mars Global Surveyor (MGS) en Septiembre de 1997, todos de la NASA.

Nota e imagen corresponden a una circular electrónica (Note to editors: N96-74) recibida de NASAnews@luna.osf.hq.gov desarrollada por: Don Savage, Headquarters, Washington, DC; Tammy Jones, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD; Ray Villard, Space Telescope Science Institute, Baltimore, MD.

*Tormenta de polvo en Marte. Hubble Space Telescope - WFPC2
Pcr96-34 - ST Scl OPO - November 4, 1996 - P. James (University of Toledo), S. Lee (University of Colorado), NASA.*

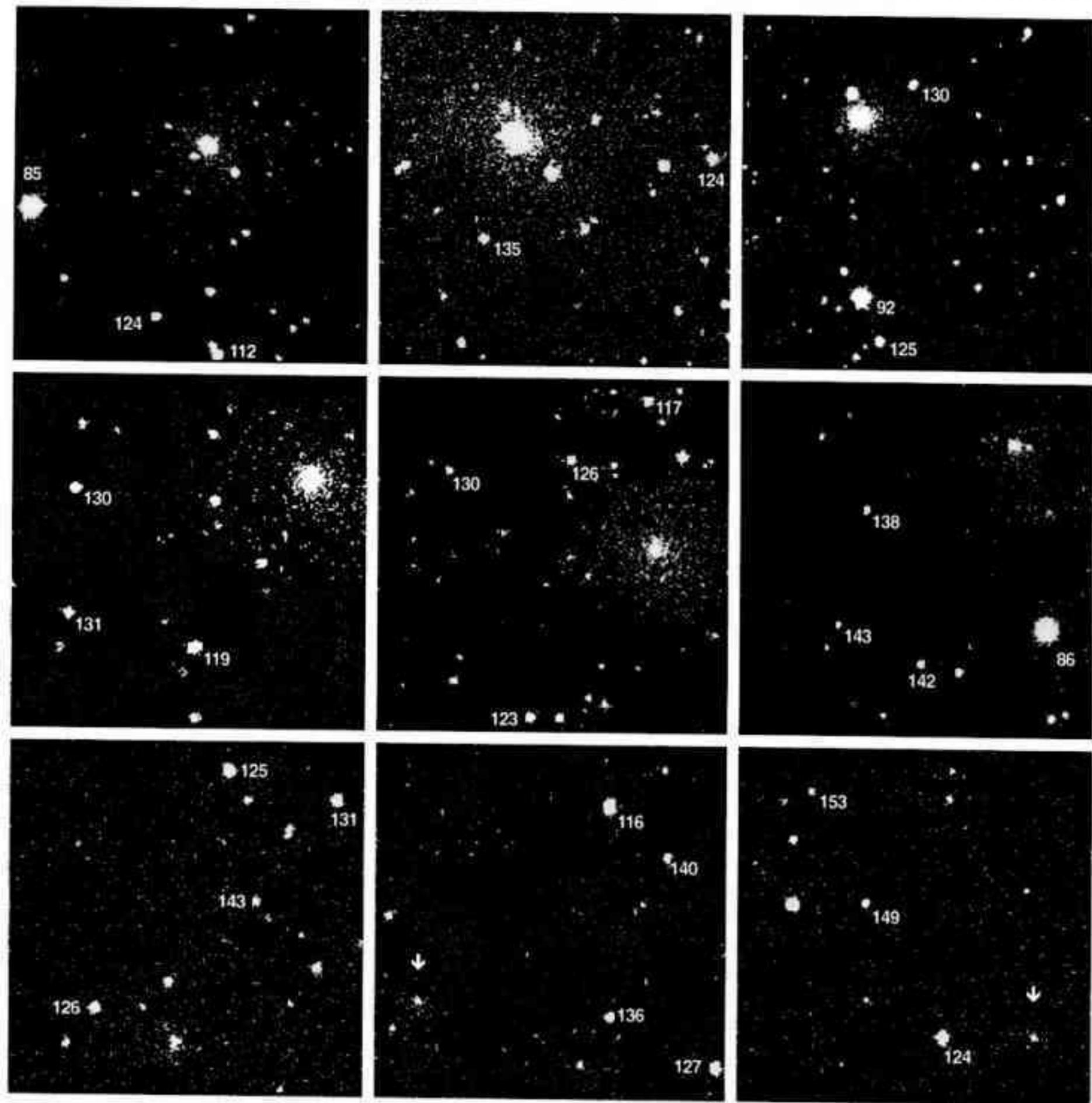


LA VISITA DEL COMETA 22P/KOPFF

Por Roberto Mackintosh

Los excepcionales cometas Hyakutake y Hale-Bopp, que supieron como asombrar a más de uno, a base de colas o brillos poco habituales, eclipsaron con su aura el paso del cometa 22P/Kopff. Este cuerpo recorre una órbita elíptica en un periodo de 6.45 años y, si bien no presentó características tan deslumbrantes como los cometas ya citados, considerando la magnitud que normalmente alcanzan objetos de este tipo se puede decir que al Kopff lo debemos considerar como a uno brillante. Basta para demostrar esto decir que desde pleno

centro de Capital Federal fue posible observarlo con instrumentos de 25 a 30 cm de diámetro durante unos 2 meses. El día 2 de Julio de 1996 tuvo su paso por el perihelio, siendo en ese momento su distancia al astro rey de 1,58 UA aproximadamente. Si bien estaba predicho que el Kopff alcanzaría una magnitud integrada de 6,9, estimas visuales indicarían en principio que la máxima observada fue del orden de 7,8. Confrontando las predicciones y los reportes aparecidos en las *IAU Circulars* veremos que durante el periodo en el cual



De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo (fecha, magnitud integrada predicha, tiempo de integración (seg.) ganancia): 18/06/96, 7.1, 20, 4; 22/06/96, 7.1, 30, 4; 04/07/96, 6.9, 30, 4; 12/07/96, 7.0, 20, 4; 16/07/96, 7.0; 30/07/96, 7.3, 30, 4; 15/08/96, 7.8, 30, 4; 21/08/96, 8.1, 30, 4; 13/09/96, 9.1, 30, 4.

se ha observado desde la AAAA se mantiene una brecha que oscila entorno a 1 magnitud. Cabe aclarar que esto es sumamente común en cuanto a la predicción de magnitudes cometarias y no significa en absoluto que haya habido algún error "anormal". La Sección Sistema Solar en virtud del programa de astrometría que viene desarrollando obtuvo y procesó en un lapso de 3 meses numerosas imágenes del 22P/

Kopff. Las posiciones obtenidas fueron remitidas al Minor Planet Center, estando algunas ya publicadas en las *M.P. Circulars*. Las cinco primeras imágenes fueron obtenidas por el autor de la nota con un telescopio reflector newtoniano de 0.30m + CCD ST4 y las restantes con un Schmidt-Cassegrain de 10" + CCD ST4, siendo en todos los casos el campo de 5' x 5'.

NOTICIAS DE LA ASOCIACIÓN

ING. AUGUSTO E. OSORIO

Con su fallecimiento a mediados de 1996 no solo ha perdido la Asociación uno de sus miembros más antiguos y ex integrante de su plana directiva, sino también un pionero en una actividad que en aquel momento resultaba exótica y ahora nos parece familiar: la Radioastronomía.

Era un antiguo radioveterano, y a su impulso se debió la obtención de la licencia de la radioestación de la entidad, la LU8AAA, que esperaba sirviera de nexo con asociaciones similares de otros lugares. Prácticamente solo, intentó llevar adelante sus ideas en un momento en que los elementos electrónicos necesarios eran costosos y difíciles de conseguir y las técnicas estaban en pañales, aun en los países más adelantados. Fue autor de libros y publicaciones que todavía pueden ser consultadas con provecho.

Afortunadamente, pudo ver el renacimiento de la Radioastronomía en la Asociación y apreciar sus primeros logros, comprobando así que había quienes estaban dispuestos a llevar adelante aquellos sus sueños, que entonces no pudo ver cristalizados, tal vez por haberse adelantado mucho a su época.

FALLECE CARL SAGAN

Este viernes 20 de diciembre, con el solsticio, el divulgador de la ciencia de mayor impacto en la era moderna, Carl Sagan, falleció a la edad de 62 años.

Sagan penetró a los hogares de las últimas dos generaciones a través de su serie televisiva "Cosmos", la cual fue transmitida en la década de los 70 y actualizada durante los noventa para ser ofrecida en paquetes de videocasetes.

Nació en Brooklyn, New York el 9 de noviembre de 1934. Hijo de padre ucraniano y madre austro-húngara, desde pequeño se inclinó hacia el estudio de la Astronomía, alcanzando su doctorado en 1960. Trabajó en la Universidad de Harvard y posteriormente en la Universidad de Cornell donde permaneció los últimos 30 años.

Tuvo participación muy importante en trabajos de investigación planetaria con proyectos de la NASA como Vikingo al planeta Marte, Pionero a Júpiter y Saturno y, recientemente, en el proyecto Galileo hacia el planeta Júpiter. Sus méritos de investigador le permitieron recibir la condecoración de la NASA.

Pero Sagan fue más allá de su cubículo de investigador llevando la ciencia a todos los estratos de la sociedad. Además de la serie "Cosmos" de la cual se editó también un libro, escribió "Los Jardines del Edén", "El Cerebro de Broca", la novela de ciencia ficción "Contacto", "El Universo Inteligente", "Marte y la inteligencia del hombre", "Otros mundos" y recientemente "Un pálido punto azul: una visión del futuro del humano en el espacio".

Fue un constante promotor de la exploración espacial, principalmente en el envío de sondas espaciales en el Sistema Solar. De la misma forma, siempre defendió todos los intentos de investigación sobre vida extraterrestre, marcando siempre

su distancia de personas y organismos que comercializan con el tema. Apoyó proyectos muy serios como el SETI y fue Presidente de "The Planetary Society".

En la época de la guerra fría, junto con otros tres científicos presentó su modelo de "El Invierno Nuclear", donde evidenció, en base a los estudios de las tormentas de polvo en el planeta Marte, los peligros que implicaba una conflagración nuclear aun de tipo limitado que provocaría el ascenso de toneladas de humo y polvo a la atmósfera que impedirían la llegada de la radiación solar a la superficie, provocando la extinción de todas las formas de vida. Su postura pacifista la mantuvo siempre fustigando la existencia de armas nucleares en el planeta.

Su trabajo de divulgación tuvo un toque único. No solo presentaba la información científica traducida a un idioma accesible a cualquier persona, sino que también imprimió siempre un sentimiento de grandeza y humildad de la especie humana ante la aventura de la búsqueda del conocimiento, siendo un ejemplo e inspirador para muchos divulgadores.

La obra de Sagan, científica y social, queda como un ejemplo a seguir. La comunidad científica internacional lamenta profundamente su ausencia. Su materia, parte del Cosmos, toma ahora otra forma para continuar participando de esa evolución maravillosa que nos transmitió.

Alguna vez dijo: "Creo que existe la vida extraterrestre... lo único que lamento es morir y nunca haber visto su descubrimiento".

En cierta forma alcanzó a verlo con los últimos hallazgos de fósiles de bacterias en un meteorito marciano.

Antonio Sánchez Ibarra.
Recibido por e-mail

UN REFLECTOR DE FOCO CORTO CON CORRECTOR DE COMA PARA LA FOTOGRAFIA DE OBJETOS DE "CIELO PROFUNDO"

por el Lic. Alejandro Di Baja

Consideraciones Generales y Diseño Propuesto

Tradicionalmente el reflector newtoniano ha sido el telescopio preferido del astrónomo aficionado, máxime cuando se trata de instrumentos contruidos por él mismo. No son pocas las ventajas que lo tornan el instrumento de elección, destacándose entre ellas la perfección cromática de las imágenes, la relativa simplicidad de su construcción en diámetros respetables de 100 a 300mm, y la posibilidad de lograr relaciones focales F/D de 6 a 8 con lo que se obtiene un tubo relativamente compacto.

Si bien el reflector newtoniano standard de aficionado puede ser aprovechado para incursionar en los diferentes tipos de fotografía astronómica con relativo éxito, el aficionado pronto comprende que para cada tipo de objeto a fotografiar se impone una configuración óptica particular. El presente artículo describe pues un reflector de foco corto especialmente diseñado para la fotografía de objetos de "cielo profundo", es decir nebulosas difusas, galaxias, cúmulos globulares y estelares, y cometas. Estos objetos se caracterizan en general por su débil brillo aparente lo que obliga a exposiciones fotográficas relativamente extensas. En lo referente al tamaño angular de estos objetos, salvo excepciones como las Nubes de Magallanes, las Pléyades, los ocasionales cometas espectaculares, y algunos otros pocos casos más, la mayoría de ellos no llega a abarcar más de un grado en el cielo. Por lo tanto, para registrarlos en la película fotográfica con un grado de detalle interesante, se impone una distancia focal respetable. Por otra parte a los efectos de reducir la exposición guiada al mínimo, el telescopio debería poseer una relación focal F/D lo más reducida posible.

Una distancia focal del orden de 1.000mm y un F/D entre 4 y 5 satisfacen los criterios arriba expuestos. Relaciones focales menores de 4 son desaconsejables ya que aumenta considerablemente la dificultad de ejecución del espejo primario, en tanto que valores mayores de 5 son fotográficamente demasiado lentos. Como valor de compromiso, adoptaremos un reflector de las siguientes características: D=200mm, F=900mm, F/D=4,5.

El reflector fotográfico construido por el autor mantiene los 900mm de foco, pero tiene una abertura ligeramente mayor de 230mm, y por lo tanto un F/D de 3,9, lo que dificulta un poco más la obtención de la curva adecuada en el espejo primario. Por lo tanto a los efectos del presente artículo se recomiendan los parámetros más moderados dados en el párrafo anterior.

La principal aberración presente en un reflector newtoniano de foco corto es el coma. Este se manifiesta más pronunciadamente a medida que nos alejamos del eje óptico, haciendo que las imágenes de las estrellas en el borde del campo presenten un aspecto comático radial. Las figuras 1, 2,

3 y 4, realizadas mediante un moderno programa de trazado de rayos trigonométrico exacto, ilustran las imágenes estelares que brinda un reflector newtoniano de D=200 y F=900, a 5, 10, 15 y 20mm del eje óptico respectivamente. Puede apreciarse claramente el progresivo y dramático deterioro de la calidad de la imagen a medida que nos alejamos del eje óptico. Los gráficos muestran también un segmento lineal que representa una longitud de 0,025mm en el plano imagen, y que se corresponde al criterio de resolución fotográfica. Toda imagen estelar que resulte inferior a 0,025mm de diámetro en el plano focal, se considera fotográficamente excelente, ya que marca el límite dado por la granulosidad de las emulsiones de grano más fino.

La teoría óptica nos señala que el coma en un espejo parabólico depende solamente de la relación focal F/D, independientemente de la abertura del espejo. El gigantesco reflector de 5m de diámetro de Monte Palomar, con un F/D=3,3 tiene por lo tanto un campo lineal libre de coma de tan solo unos pocos milímetros de diámetro. Esta limitación en la calidad de la imagen en el foco primario de los grandes reflectores, llevó en la década del '30 al diseñador F. E. Ross a desarrollar unos correctores consistentes en varias lentes colocadas cerca del plano imagen, que no afectaban la distancia focal efectiva del sistema, y que eliminaban el coma y aplanaban el campo. **Las investigaciones de Ross concluyeron en que si se pretendía eliminar el coma con un sistema de solo dos lentes, inevitablemente se reintroducía aberración esférica en la imagen.** Por esta razón, los correctores de Ross, diseñados inicialmente para el telescopio de 2,5m de Monte Wilson, y posteriormente para el reflector de 5m de Monte Palomar, empleaban tres elementos, evitándose así la reintroducción de aberración esférica.

Estos trabajos pasaron casi desapercibidos en la literatura de aficionados, hasta un artículo de John L. Richter aparecido en *Sky & Telescope* de mayo de 1985, página 456. En él, se describe un sencillo corrector de coma de solo dos elementos, ambos del mismo tipo de vidrio, de potencia total nula, y que colocado cerca del foco de un reflector newtoniano mejora notablemente las imágenes extra-axiales. El artículo incluye unos gráficos computarizados —muy crudos para los estándares actuales, pero aceptables para aquella época de incipientes IBM XT— que ilustran la mejora en las imágenes extra-axiales, si bien los mismos gráficos muestran una apreciable degradación de la imagen axial debida a la reintroducción de aberración esférica. De todos modos las imágenes estelares resultan simétricas y de un diámetro bastante uniforme inferior a los 50 μ en todo el campo.

Tomando como base el mencionado artículo, y utilizando los poderosos programas de diseño y análisis óptico para PCs disponibles en la actualidad, el autor ha investigado más

a fondo el tema, y ha desarrollado un reflector con un corrector de solo dos lentes en donde se eliminan tanto el coma como la aberración esférica. Para lograr esto, **el espejo primario no es ya un paraboloide de revolución, sino que debe ser un hiperboloide** con una deformación adicional aproximada de un 28% con respecto a la esfera. Se logra así una imagen de calidad fotográfica excelente en todo el campo de un negativo de 35mm, pudiéndose incluso utilizar formato de película 120, con lo que se consigue un campo circular de 40mm de diámetro con imágenes estelares menores de 25 μ . El corrector focal empleado es similar al descrito en Sky & Telescope, con la salvedad de haber utilizado vidrio crown oftálmico (n=1,523) en vez de BK-7 (n=1,517), este último más difícil de hallar en plaza. Dado que el corrector es de potencia nula, la elección del vidrio no es muy importante en la medida que ambos lentes sean tallados empleando el mismo tipo de vidrio, con lo que se conserva el acromatismo del sistema.

Las figuras 5, 6, 7 y 8 ilustran las imágenes obtenidas nuevamente a 5, 10, 15 y 20mm fuera del eje pero ahora con el reflector hiperbólico y el corrector de dos lentes. Compárese con las figuras 1, 2, 3 y 4 (todas a la misma escala), y se podrá apreciar la notable mejora en la calidad de la imagen. Se logran imágenes menores a 25 μ en prácticamente todo el campo analizado, degradándose la imagen recién en el borde de un campo circular de 40mm de diámetro. Las fuertes curvaturas del corrector así como el hecho de estar ubicado cerca del plano focal hacen que el astigmatismo y las aberraciones de orden superior aumenten violentamente más allá de un campo circular de 40mm de diámetro, por lo que este valor es el máximo aconsejable (utilizando formato de película 120).

La siguiente tabla brinda los parámetros constructivos óptimos del diseño propuesto. Este consta de un primario hiperbólico con un coeficiente de deformación de 1,28, un gran espejo plano diagonal a los efectos de captar sin viñeteo un campo fotográfico de 40mm de diámetro, y el corrector de dos elementos. Por otra parte, el plano focal sobresale unos 82mm de la pared del tubo del telescopio, dejando espacio suficiente para el espesor normalizado de 55mm de una cámara réflex de 35mm con adaptador T de rosca universal y la platina de fijación y enfoque correspondientes.

Primario y Secundario

Diámetro del primario.....	200mm
Distancia focal	900mm
Coeficiente de deformación	1,28
Eje menor del secundario	74mm
Distancia primario-secundario	700mm
Distancia primario-corrector	822mm
Diámetro del tubo	250mm

Corrector

R1.....	123,44mm
E1.....	3,00mm
R2.....	-60,45mm
E2.....	9,13mm
R3.....	217,42mm

E3.....	8,90mm
R4.....	217,42mm
E4.....	64,25mm
Diámetro del corrector.....	70,00mm
Índice de refracción del corrector	1,523

Para los parámetros del corrector se ha adoptado la convención de considerar positivos los radios de curvatura de superficies convexas, y negativos los de las cóncavas. Puede observarse que los radios R3 y R4 son idénticos, con lo que el segundo elemento es una lente equiconvexa; esto simplifica notablemente su construcción. El primer elemento —el más difícil de tallar— es un menisco negativo con la cara cóncava de fuerte curvatura. Los espesores centrales de las lentes, así como las separaciones entre ellas (y la separación entre el último elemento y el plano focal) están dados por los valores E_i .

Dificultades Constructivas

Para un aficionado avanzado que ya haya construido su primer reflector, el pulido del espejo primario hiperbólico no debería ofrecer ninguna dificultad importante. Simplemente debe profundizarse el proceso de "parabolizado", hasta alcanzar con el método de control de Foucault las lecturas de aberración longitudinal correspondientes a la hipérbola, consistentes en los valores para la parábola multiplicados por el coeficiente de deformación. Considerando que se trata de un instrumento exclusivamente fotográfico, podemos ser más indulgentes con la precisión final, por lo que un espejo con errores residuales de $\lambda/4$ es más que suficiente.

El pulido del enorme diagonal de 74mm de eje menor no debería presentar tampoco dificultades adicionales. Por tratarse de un diagonal muy grande, recomendamos utilizar cristal de unos 15mm de espesor, y proceder a cortarlo antes del pulido óptico. Este último deberá hacerse mediante la técnica del bloqueado, para lo que remitimos al lector al artículo del autor indicado en la bibliografía al final de este artículo.

La verdadera dificultad del proyecto aún para el aficionado avanzado radica en el pulido del corrector de dos elementos, en especial del lente menisco. El autor ha podido hacer uso de las facilidades que le brinda su taller de óptica, en especial en lo referente al fresado con copa diamantada de las curvaturas iniciales de ambas lentes, lo que evita la laboriosidad del desbaste tradicional y permite ajustar con precisión el espesor central de cada lente. El aficionado que no disponga de tales facilidades, deberá generar las fuertes curvaturas del menisco con métodos más rudimentarios, siendo la principal dificultad lograr **simultáneamente** los radios de curvatura y el espesor central adecuado. A menudo le ocurre al principiante en el tallado de lentes que cuando arriba al radio de curvatura nominal, el espesor de centro no es el adecuado; conviene por lo tanto prever un espesor central inicial sobredimensionado de modo de estar seguros de tener material sobrante al momento de lograr las curvaturas adecuadas. El aficionado puede ahorrar bastante trabajo de desbaste adquiriendo en algún taller de óptica mayorista (p.ej. C.A.D.I.O) bloques prensados de cristal oftálmico con las curvaturas aproximadas. Como las curvaturas de los cristales

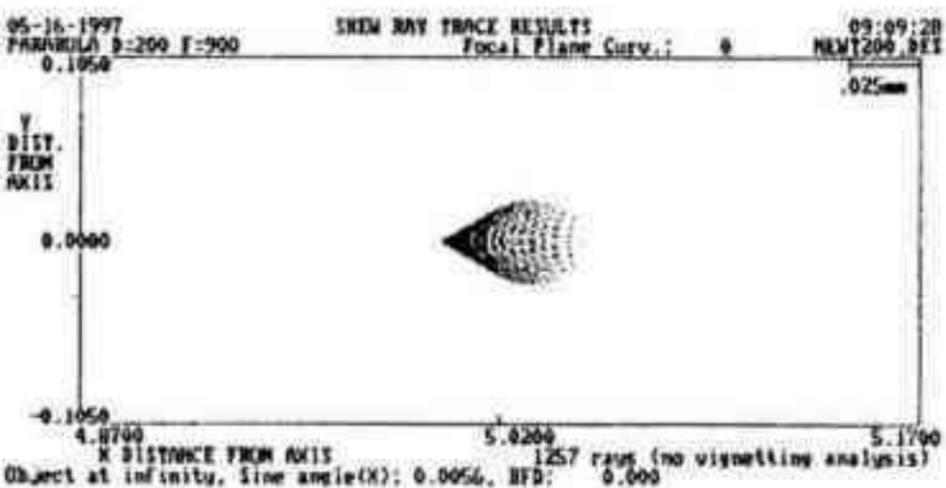


Fig. 1: Espejo parabólico, imagen a 5mm del eje óptico.



Fig. 5: Espejo hiperbólico con corrector, imagen a 5mm del eje óptico.

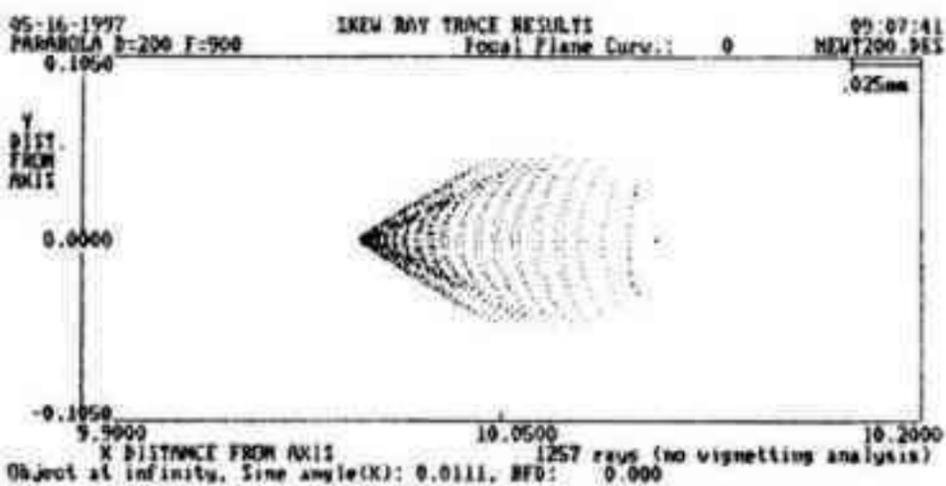


Fig. 2: Espejo parabólico, imagen a 10mm del eje óptico.



Fig. 6: Espejo hiperbólico con corrector, imagen a 10mm del eje óptico.

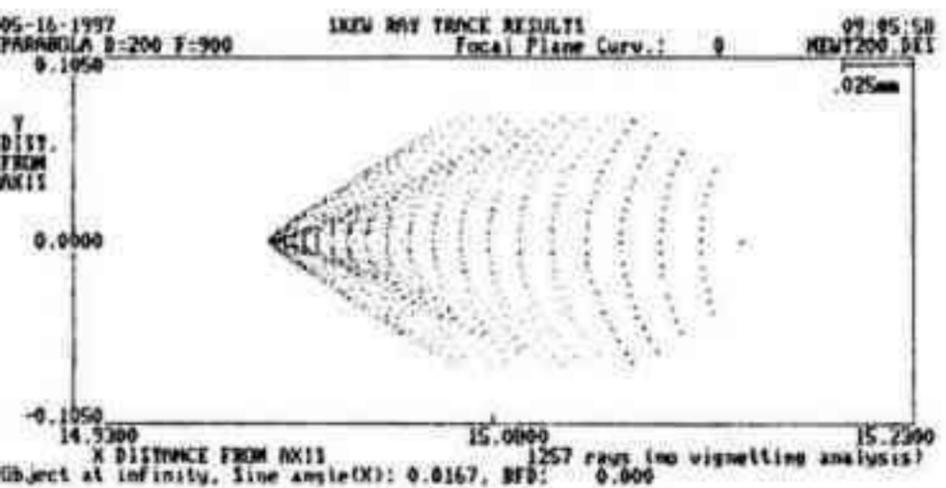


Fig. 3: Espejo parabólico, imagen a 15mm del eje óptico.



Fig. 7: Espejo hiperbólico con corrector, imagen a 15mm del eje óptico.

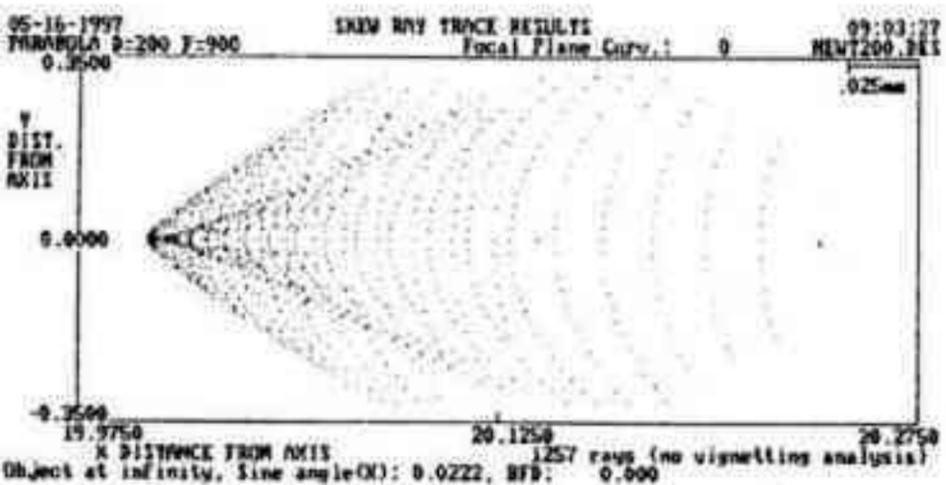


Fig. 4: Espejo parabólico, imagen a 20mm del eje óptico.



Fig. 8: Espejo hiperbólico con corrector, imagen a 20mm del eje óptico.

oftálmicos se miden en dioptrías (la inversa de la distancia focal expresada en metros), y éstas están normalizadas en incrementos de cuarto de dioptría, deberán solicitarse los bloques prensados con las curvaturas normalizadas en dioptrías que más se aproximen a los valores del corrector. La siguiente expresión permite calcular la potencia en dioptrías de cada superficie a partir del correspondiente radio de curvatura, para vidrio crown oftálmico ($n_d=1,523$):

$$P = 523/R$$

donde: P = Potencia expresada en dioptrías

R = Radio de curvatura expresado en milímetros

Las potencias se entienden positivas para superficies convexas y negativas para cóncavas siguiendo la misma convención de signos dada precedentemente en la tabla. Los valores obtenidos con esta expresión deberán redondearse al cuarto de dioptría más próximo. Por ejemplo las superficies R3 y R4 corresponderían a una potencia de $P=2,40$, la que deberá redondearse entonces a un valor de $P=2,25$. De conseguirse bloques prensados con las curvaturas aproximadas, también deberán encargarse bloques con las curvaturas opuestas para hacer de herramientas de esmerilado y pulido. Como los radios R3 y R4 son idénticos, bastarán entonces solo tres herramientas de trabajo. En cuanto a los espesores centrales, convendrá pedir los bloques con un sobreespesor adicional de unos 2mm aproximadamente. En su oportunidad, el autor consiguió en la óptica mayorista mencionada precedentemente cristales oftálmicos prensados a las curvaturas adecuadas, y en un diámetro bruto de 90mm.

Brindar instrucciones completas acerca de los dispositivos y métodos de fabricación de las lentes correctoras excedería el ámbito de este artículo. El aficionado interesado deberá referirse a la bibliografía específica que se brinda al final, y que contiene información abundante y detallada para el tallado de pequeñas lentes por aficionados. Señalaremos empero algunos puntos importantes:

- Para la medición de los radios de curvatura de las lentes del corrector deberá emplearse un esferómetro bien calibrado. El mejor método para lograrlo consiste en medir con el esferómetro la flecha de la superficie cóncava de un espejo de radio conocido —por ejemplo medido con el método de Foucault— y aplicando la ecuación de la flecha determinar la constante del esferómetro. Este método es mucho más preciso que pretender medir mecánicamente el radio de apoyo de las patas esferoidales del esferómetro directamente, ya que aquí la imprecisión es muy grande y la propagación de errores al cómputo del radio es enorme.
- Es muy importante eliminar toda cuña en los lentes del corrector durante la etapa del esmerilado fino. Los artículos dados en la bibliografía describen los dispositivos adecuados para medir las diferencias de espesor en el borde mediante un comparador a reloj.
- Por tratarse de superficies refractoras colocadas muy cerca del plano focal, podemos tolerar errores superfi-

ciales de forma bastante grandes antes de que afecten seriamente la calidad de la imagen fotográfica. Puliendo a mano, o en un husillo de baja velocidad, es muy difícil que se generen errores de superficie groseros. Para poder efectuar el control de las superficies convexas habría que pulir primero las correspondientes herramientas de esmerilado cóncavas, proceder a controlarlas por el método de Foucault, y luego controlar las superficies convexas mediante interferencia contra estos patrones cóncavos. Todo el procedimiento es bastante engorroso, por lo que es mejor que el aficionado se concentre en un muy buen esmerilado fino, y lograr un buen asentamiento de la torta de pulido. Logrado esto, las fuertes curvaturas del corrector se

- encargarán de por sí de garantizar superficies esféricas.
- El montaje del corrector merece también particular atención. El autor montó la unidad compuesta por las dos lentes en un cuerpo roscado con separador y anillo retén, el que en su otro extremo rosca en un adaptador T de rosca universal. Todo el conjunto rosca en la platina fija al tubo del telescopio a los efectos de lograr el enfoque, fijándose luego en posición definitiva mediante un anillo moleteado roscado. De esta forma, una vez logrado el enfoque, pueden intercambiarse diferentes cámaras réflex sin perder el enfoque, en la medida que estas vengan provistas de su correspondiente adaptador T universal. Esto permite fotografiar un mismo objeto durante la misma noche con cámaras cargadas con diferentes tipos de película si esto resultara de interés.
- El diámetro mínimo del corrector para captar los rayos extra-axiales es de 54mm. Teniendo en cuenta lo que se pierde por obstrucción mecánica al montar las lentes, y considerando que el borde de las lentes siempre puede tener defectos superficiales mayores, se aconseja un diámetro de trabajo de 70mm aproximadamente. Para ello se deberán cortar los discos de cristal originales mediante la conocida técnica de un sacabocados de latón o aluminio del diámetro adecuado sujeto al husillo de una agujereadora vertical de banco, y la abundante provisión de carborundum N° 120 y agua.

Consideraciones Finales

Como todo proyecto especializado, el diseño del instrumento no se agota en la parte óptica. En efecto, para poder lograr imágenes fotográficas excelentes, considerando la respetable distancia focal de 900mm, deberá diseñarse una montura ecuatorial bien robusta provista de un sistema de relojería muy estable. De montarse un anteojo guía en paralelo, deberá prestarse suma atención al logro de un vínculo absolutamente rígido entre el anteojo guía y el instrumento principal, ya que no hay nada más frustrante que obtener imágenes elongadas producto de una flexión diferencial del anteojo guía. Finalmente, conviene señalar que dada la distancia focal del reflector, se impone una montura ecuatorial fija, ya que resultaría muy difícil lograr con un instrumento transportable los requisitos de estabilidad, correcta orientación al polo, y excelente guiaje.

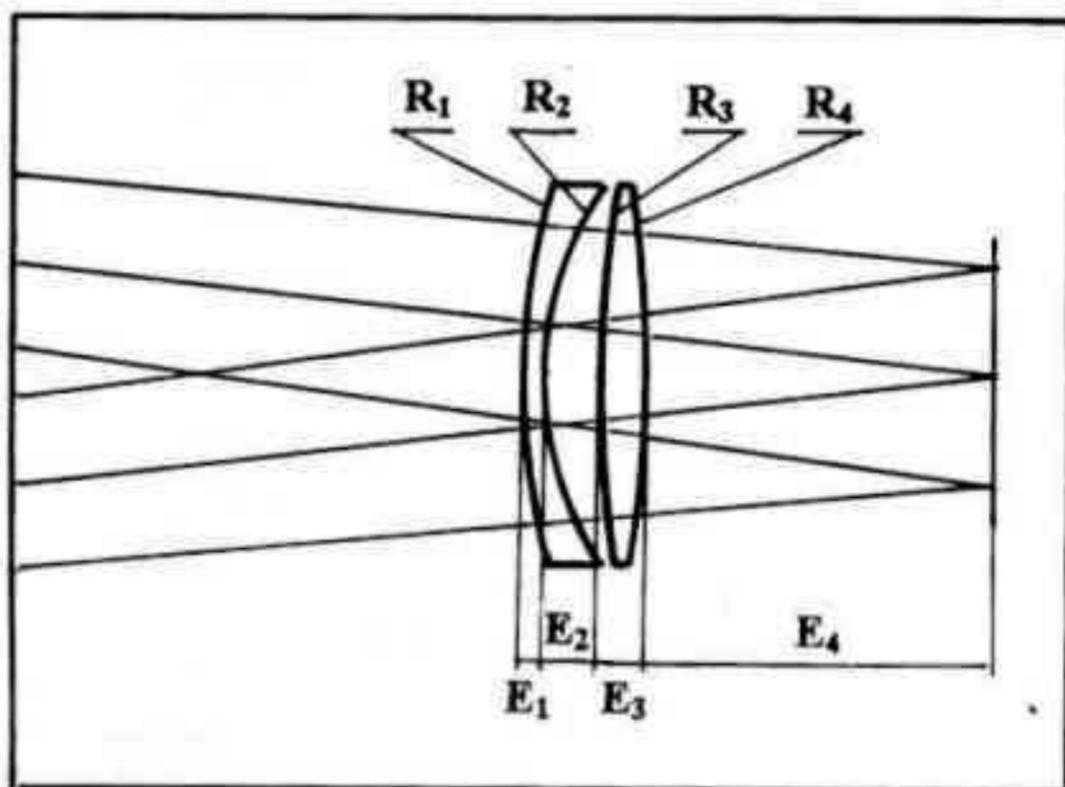


Fig. 9: CORRECTOR DE ROSS. Dibujo a escala con trayectoria de rayos para cubrir un campo de 40mm.

Bibliografía

- F.E.Ross, "Lens Systems for Correcting Coma of Mirrors" *Astrophysical Journal*, No 81 (1935), pag. 156-172
- J.Richter, "A Coma Corrector for a Newtonian" *Sky & Telescope*, Mayo 1985, pag. 456-459
- B.D.Wallis & R.W.Provin, "Instrumentation", *A Manual of Advanced Celestial Photography*, pag. 17-24.
- A.Di Baja, "Construcción de un Espejo Diagonal Newtoniano de Grandes Dimensiones", *Revista Astronómica*, No 230, pag.16.
- A.Di Baja y J.L.Ferro, "Consideraciones Respecto de la Construcción de un Telescopio Tipo Cassegrain, Parte II",

Revista Astronómica, No 207, pag. 33.

• M.Dubiansky, "Diseño y Construcción de un Objetivo Refractor Astronómico", *Revista Astronómica*, No 244, pag. 24.

• R.W.Porter, "Small Lens Wrinkles", *Amateur Telescope Making Advanced*, pag. 141.

• F.B.Ferson & P.Lenart, "Lens Production", *Amateur Telescope Making Book III*, pag. 163.

• J.Strong, "Técnicas para el Taller de Optica", *Técnicas de Física Experimental Tomo I*, pag. 28.

• "Sky and Telescope Bulletin C" (recopilación de varios artículos sobre tallado de lentes correctoras Maksutov editados en forma de cuadernillo).

• J.Wilson, "How to Make a Lens". *Telescope Making*, No 3, pag.34.

NOTA:

Con posterioridad a la preparación de este trabajo, apareció publicado en el número de diciembre de 1996 de *Sky & Telescope* un artículo sobre la construcción de un telescopio con corrector de coma basado en la idea original de F. E. Ross, debido a Paul Lind de Phoenix, Arizona, EE.UU.. Aunque presenta algunas analogías con el realizado por el autor del presente artículo, difiere en varios detalles, por ejemplo, la lente correctora no es de potencia nula, lo que exige sea acromática. Lo interesante del caso, es que se encaró el proyecto precisamente porque no se había visto nada sobre el tema en muchos años, pero aparentemente eso mismo pensó Mr. Lind.

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

UNVEILING THE UNIVERSE - AN INTRODUCTION TO ASTRONOMY por J.E. VAN ZYL. 324 págs. 383 figuras, 45 en color. Springer - Verlag. Impreso en España.

Escrito en una forma sencilla y amena, introduce al lector desde el comienzo en el reconocimiento del cielo, describiendo sus principales constelaciones en mapas fácilmente interpretables que permiten, sin dificultades, conocer los nombres de los distintos asterismos y principales estrellas.

Una vez planteado esto hace una interesante reseña histórica, dedica un capítulo a las leyes fundamentales de la astronomía, continua describiendo los distintos tipos de telescopios y seguidamente se dedica a la descripción sistemática de los planetas, asteroides, cometas y demás integrantes del sistema solar, con imágenes y documentación actualizadas, obtenidas por las distintas sondas enviadas por el hombre y por las misiones Apolo.

Dedica un capítulo al Sol y a partir de éste, sigue con las estrellas; un capítulo intenso en cuanto al necesario tratamiento del tema desde el punto de vista astrofísico y como sistemas.

Dedica todo un capítulo a estrellas variables, cosa poco corriente en libros introductorios y digno de ser tenido en cuenta como texto de consulta para quienes comienzan con este tema.

Describe nuestra Galaxia y su contenido, concluyendo con los distintos tipos de galaxias que pueblan el universo, desde las Nubes de Magallanes hasta cuasares con un desplazamiento al rojo de 3.61. Culmina con la descripción y discusión de las teorías cosmológicas.

Este sería un resumen de los tópicos que componen la obra. La presentación de la misma es impecable y su calificación se encuentra en el prefacio de *Develando el Universo*, que es un elogioso comentario del *legendario* Patric Moore. Esperamos que pronto sea traducida al castellano.

Carlos N. Castiñeiras