

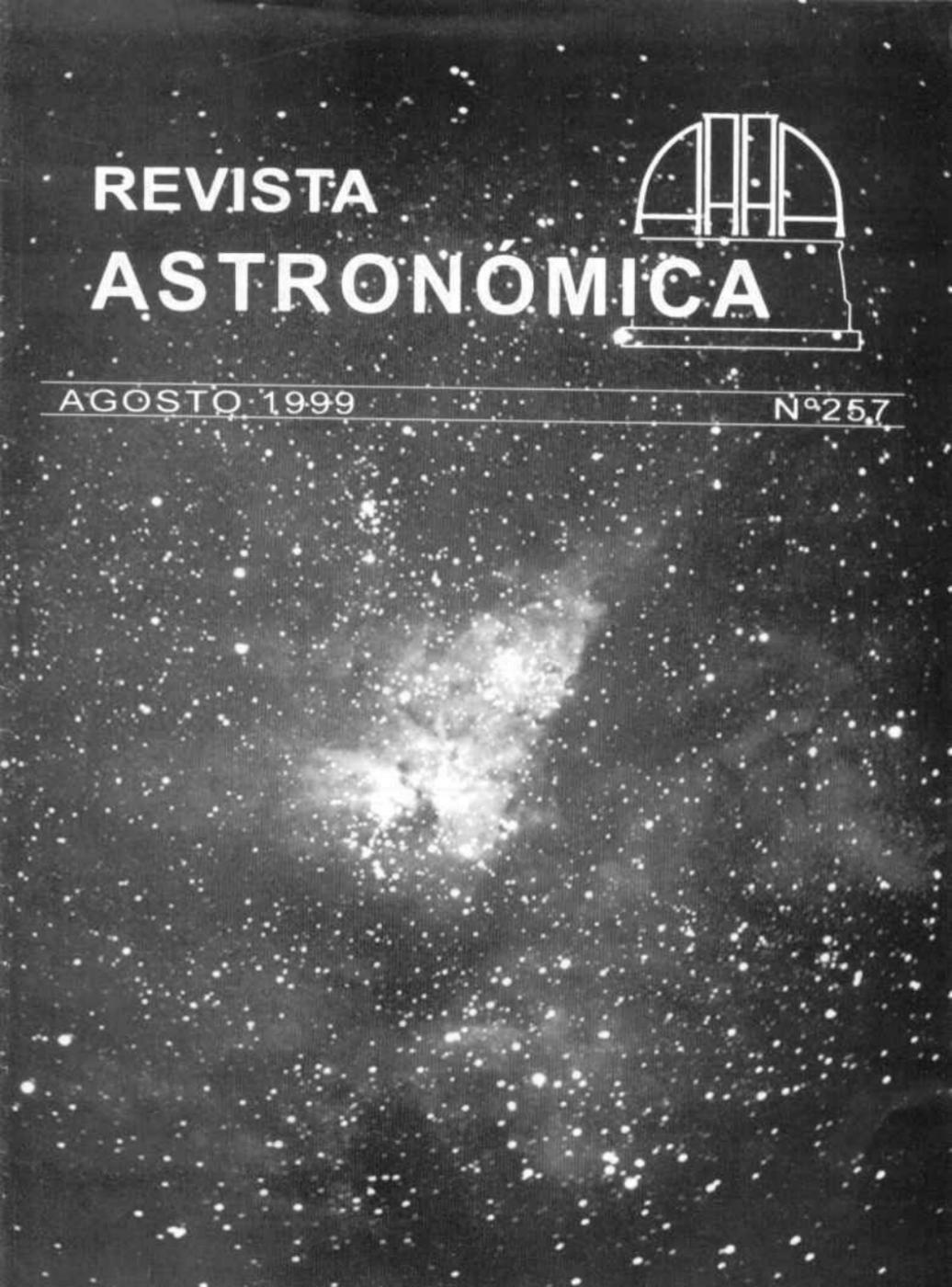
# REVISTA ASTRONÓMICA



---

AGOSTO 1999

Nº257



N° 257

Agosto de 1999

AG ISSN 0044-9253

REGISTRO NACIONAL DE LA  
PROPIEDAD INTELECTUAL  
N° 974.703

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@aaa.org.ar

**DIRECTOR:**

Ing. Cristian Rusquellas

**SECRETARIOS DE REDACCIÓN:**

Ing. Carlos E. Angueira Vázquez

Sr. Roberto Mackintosh

**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

**CANJE:**

Sra. Gloria I. Rottman

**EFE MéRIDES:**

Ing. Cristian Rusquellas

**COMISIÓN DIRECTIVA:**

**PRESIDENTE:**

Sra. Gloria I. Rottman

**VICEPRESIDENTE:**

Ing. Cristian Rusquellas

**SECRETARIO:**

Sr. Gustavo D. Rodríguez

**PROSECRETARIO:**

Sr. Javier O. Cotoce

**TESORERO:**

Sr. Mauricio Berthet

**PROTESORERO:**

Sra. Alejandra Senici

**VOCALES TITULARES:**

Lic. Francisco M. Guerra

Dr. Angel Papetti

Sr. Enrique Pereira de Lucena

Sr. Demostenes Baudracco

Dr. Juan Carlos Rodríguez

Arg. Roberto Mackintosh

**VOCALES SUPLENTE:**

Ing. Carlos E. Angueira Vázquez

Ing. Martín L. Monteverde

**COMISIÓN REVISORA DE CUENTAS:**

Sr. José M. Azari

Sr. Jorge Weselka

Sr. Juan Greco

Impreso en **COGTAI**

Rivadavia 767, Buenos Aires.

CORREO  
ARGENTINO  
SUC. 5 (B)

FRANQUEO PAGADO  
Concepto N° 2926

# REVISTA ASTRONÓMICA



**Fundador: CARLOS CARDALDA**  
**Órgano de la Asociación Argentina**  
**Amigos de la Astronomía**

Entidad sin fines de lucro con personería jurídica por decreto de Mayo 12 de 1937, inscrita 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

<b>EL 70° ANIVERSARIO DE</b>	
<b>"AMIGOS DE LA ASTRONOMÍA" .....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROYECTO GÉMINI .....</b>	<b>5</b>
<b>JUGANDO CON EL GRÁFICO DE VISIBILIDAD DE LOS</b>	
<b>PLANETAS .....</b>	<b>9</b>
<b>BREVE GUIA DE LAS CONSTELACIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>NOTICIAS DE LA ASOCIACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>CÁLCULO DE EFEMÉRIDES DE COMETAS Y</b>	
<b>ASTEROIDES USANDO EL PROBLEMA DE LOS DOS</b>	
<b>CUERPOS .....</b>	<b>21</b>
<b>FOTOGRAFÍA DE OBJETOS DE CIELO PROFUNDO</b>	
<b>EMPLEANDO FILTROS ANTI-POLUCIÓN .....</b>	<b>28</b>

### EDITORIAL

Esta es la última "Revista Astronómica" que me tiene como Director. He debido finalmente aceptar que el escaso tiempo de que dispongo es totalmente insuficiente para una eficaz tarea de dirección. Han sido diez años y no estoy satisfecho del resultado de mi labor, no pude o no supe lograr que saliera con la necesaria regularidad y hay aspectos de su realización que necesitan mejorarse.

No significa esto que voy a alejarme totalmente de ella, seguiré colaborando con quien me suceda, elaborando las Efemérides y efectuando otras tareas en la medida de mis posibilidades.

Pienso que gente nueva, con nuevas ideas, podrá darle a nuestra querida Revista la jerarquía que merece, por ser el órgano oficial de la más importante asociación de aficionados a la Astronomía de Latinoamérica.

Con mis mejores deseos para el nuevo Director, me despido de los fieles lectores con un cordial saludo.

**Ing. Cristian Rusquellas**

**NUESTRA TAPA:** La región de Eta Carina. Fotografía tomada por nuestro consocio Eduardo Pulver desde la localidad de San Pedro con un telescopio Celestron 8. Exposición 20 minutos.

# EL 70º ANIVERSARIO DE "AMIGOS DE LA ASTRONOMÍA"

*El 4 de enero del corriente año nuestra Asociación cumplió 70 años de vida. Comenzando las celebraciones, el 20 de marzo se convocó a socios e invitados especiales para brindar por el pasado, presente y futuro de nuestra entidad. Nuestra Presidenta, la Sra. Gloria I. Roitman, pronunció las palabras que siguen:*

Dr. Sahade, Dr. Papetti, Señores miembros de la Honorable Comisión Directiva, Estimados Consocios:

Nos hemos reunido aquí para celebrar un nuevo aniversario (esta vez, el septuagésimo) de la fundación de nuestra Institución. Pero, quisiera empezar por contar una anécdota. Una nena de tres años estaba de vacaciones con sus padres en la playa. Eran las primeras horas de la noche y la luna llena (muy baja aún sobre el horizonte) brillaba en el cielo estrellado. En eso, conmovida por ese fascinante espectáculo que tan bien conocemos, les pidió la Luna a sus padres. Por supuesto que no pudieron dársela. Millones de veces se ha repetido y se repite esa anécdota a lo largo de la historia de la humanidad. ¿Cuántas veces se estará repitiendo con cada Luna Llena?

Los años pasaron, la nena creció, siguió interesada por la Luna y descubrió el encanto de las constelaciones. Leyó cuanto libro de Astronomía llegaba a sus manos y, un día, descubrió que muy cerca de su casa, en el Parque Centenario, había un club de gente que amaba la Astronomía. No lo dudó, se asoció. En aquella remota ocasión, sus padres no le pudieron dar la Luna: ahora era ella quien iba a buscarla por sus propios medios. Con telescopios, con cursos, aprendiendo de Astronomía, no solo pudo tener la Luna, también los planetas, las estrellas, las nebulosas, las galaxias, los cúmulos, y también el Sol.

Esa nena era yo.

Seguramente muchos de Ustedes han pasado por la misma experiencia. Seguramente, quienes en 1928 se dedicaban a escuchar ópera de Wagner y decidieron formar una Institución (nuestra Asociación) para aprender algo de Astronomía también hayan pasado por la misma experiencia.

Muchas cosas han pasado desde aquel 4 de Enero de 1929 en que quedó establecida la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía. En ese momento, Clide Tombaugh era un joven universitario que todavía no había descubierto Plutón. Nadie sabía aún como funcionaban las estrellas. Todavía faltaban años para que Oort propusiera su famosa nube como fuente de núcleos de cometas. No se sabía que en Venus hacía mucho calor como para haber vida, y nadie podía descartar de manera irrefutable que en Marte hubiera marcianos. La Radioastronomía no existía. Tampoco los cohetes espaciales, ni los satélites, ni las sondas a los planetas, ni las computadoras, ni los telescopios espaciales. La radio comercial era una novedad de menos de diez años de edad y la televisión no pasaba de unos experimentos que recién empezaban. La bomba todavía no había explotado. Tampoco se conocía la existencia de pulsares ni de cuasares. Ni siquiera existían los golpes militares en la vida política de nuestro país.

Pero ya existía nuestra Asociación. Ya había gente que quería amenizar la rutina diaria aprendiendo algo de Astronomía, descubriendo las maravillas del cielo.

Los comienzos fueron difíciles. Sólo eran un montón de aficionados a la ópera que, con la guía de algunos astrónomos profesionales, descubrían mundos nuevos en el cielo. No teníamos sede propia (faltaban más de quince años para eso). La Asociación se manejaba con la buena voluntad de los socios que editaban una revista, dictaban conferencias en algún local de Buenos Aires, iban a la casa de los pocos socios que tenían telescopio propio o al Observatorio de la Universidad de la Plata para hacer sus observaciones.

Nombres famosos jalonan esta historia: Segers, Mackintosh, Naveira, Félix Aguilar, Cardalda (el fundador de nuestra revista), Dawson y tantos otros que todos conocemos.

Desde el mismo principio queríamos la sede propia. Y la conseguimos. En 1939, la comuna nos cedió el predio actual. Y, en 1944 inauguramos nuestro edificio, el mismo que aún hoy seguimos disfrutando. Injusto sería no mencionar aquí la colaboración del Socio José Naveira: fue su aporte económico el que permitió la construcción del edificio. Tampoco podemos olvidar a Bernhard Dawson consiguiendo que la Universidad de La Plata nos prestara nuestro primer gran telescopio: el Gautier.

El edificio propio y sede de nuestra Asociación cambió muchas cosas. La Asociación creció de una manera que antes no había conocido. Pudimos dictar cursos de una manera más activa. Pudimos organizar mejor las observaciones para nuestros socios. Pudimos empezar a mostrar el cielo al público curioso y a chicos de escuelas. Y los socios empezaron a tener un lugar propio. Su lugar en la Astronomía.

Los años fueron pasando. Pasaron cosas buenas y cosas malas. En el país, en el mundo y, también en nuestra Asociación.

En esos años vimos cosas maravillosas. Vimos como algunos socios que muy jóvenes habían empezado en nuestra Asociación se convertían en Astrónomos de renombre internacional. Sahade, Sersic, Forte, Muccio

y tantos otros que sería muy extenso mencionar aquí. Socios nuestros han dirigido Facultades de Universidades. Socios nuestros han dirigido la Unión Astronómica Internacional. También personas destacadas en otros quehaceres han pasado por nuestra Institución. Sábado ha sido uno de ellos. Y también vimos a socios aficionados a la astronomía conseguir grandes logros: Carlos Segers, empleado de la Swift, tiene un cráter en la Luna con su nombre.

Vimos avanzar y crecer a la Astronomía durante casi todo el siglo veinte. Vimos los grandes descubrimientos. Vimos al hombre llegar a la Luna. Vimos como el rayo láser pasaba de ser un arma terrorífica de ciencia-ficción a ser una herramienta cotidiana en nuestras vidas. Vimos caer mitos: La contaminación lumínica nos impedía trabajar más allá de magnitud 12, pero hoy con la CCD hemos pasado largamente esa barrera y pronto la volveremos a pasar. Vimos nacer los Filtros de Lyot y hoy tenemos nuestro propio filtro H alfa con muy poco esfuerzo. Antes estábamos orgullosos de ser oficina oficial de recepción de los telegramas astronómicos. Hoy nos comunicamos con el mundo mediante Internet. Antes pasábamos largos días calculando con una regla de madera. Pero vinieron las calculadoras electrónicas primero y las computadoras después para ayudarnos. Incursionamos en la Radioastronomía con una antena primero y ahora con un array de 3 antenas.

Pero, aunque dediquemos largas horas a mirar el cielo, no olvidamos mirar el mundo que nos rodea. Hemos visto guerras y paces. Hemos visto surgir y caer líderes y tiranos. Hemos visto la Segunda Guerra Mundial en todo su horror y la humanidad sobrevivirla. Hemos visto explotar dos bombas sobre poblaciones, y la humanidad sobrevivirlo. Hemos visto a la democracia en nuestro país ir y volver, irse y volver nuevamente tantas veces que no las podemos recordar. Hasta hemos visto pasar la hiperinflación.

Y nuestra Asociación sobrevivió. Las cosas no han sido siempre fáciles ni siempre difíciles. Hemos pasado por momentos brillantes y por serias penurias. Momentos difíciles, donde algunos de nosotros tuvimos que poner de nuestros bolsillos para mantener mínimamente los gastos de la institución: la luz, el teléfono y los sueldos. Tuvimos que pensar y trabajar duro. Fue el esfuerzo y el empuje de unos pocos los que produjeron el cambio. Los que a costa de nuestro descanso veníamos los fines de semana a pintar paredes, arreglar cúpulas, cambiar cables, para conseguir lo mucho que tenemos hoy.

...Y hoy tenemos proyectos, y tenemos los ingresos para llevar a cabo esos proyectos. Nuestro esfuerzo tuvo éxito. Y lo más importante: las cuentas están claras y todos los libros al alcance del que los quiera ver. Los rumores corren por cuenta de los que lo dicen y que como sucede frecuentemente sólo sirve para ensuciar el trabajo que otros hacemos para nuestra institución. Pero es sabido que más fácil es criticar que poner el hombro para trabajar en forma conjunta.

Hemos ganado muchos amigos y la vida (y la muerte) se ha llevado a muchos de ellos. Pero su recuerdo sigue y seguirá siempre con nosotros.

Empezamos con un grupo de Astrónomos Profesionales que nos enseñaban algo de su propio trabajo. Hoy, nosotros (muchas veces con la guía de profesionales) le seguimos enseñando Astronomía a la gente. Tenemos muchos socios que miran el cielo con nuestros telescopios sólo por curiosidad, otros con fines contemplativos, y muchos que también hacen trabajos de investigación. Algunos de estos últimos ubican el nombre de la Asociación en los primeros lugares de la Astronomía mundial. Nuestras observaciones son recibidas y aceptadas por instituciones como la American Association of Variable Star Observers, el Minor Planet Center o el Sunspot Index Data Center, somos miembros de la Society Amateur of Radioastronomy. Y también hacemos nuestros propios telescopios. Para nosotros y para todo aquel que quiera tener uno.

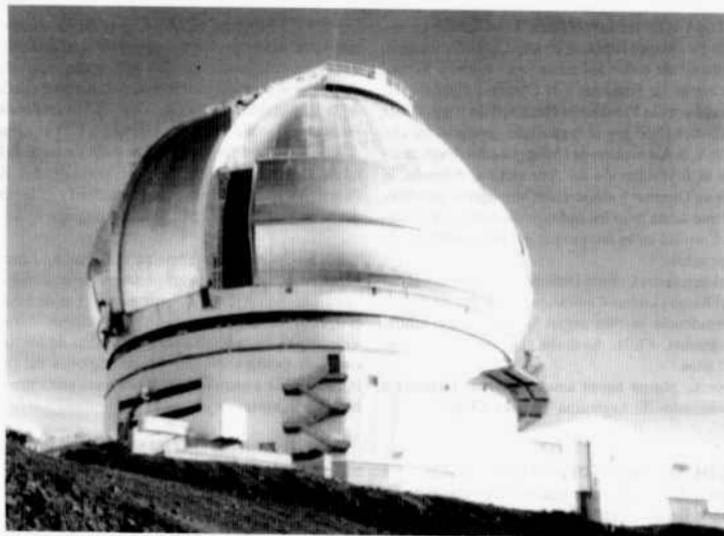
Muchas cosas han cambiado. Al principio sólo se escuchaba ópera de Wagner. Hoy también suenan el tango, el rock, el heavy-metal y hasta el punk en nuestro edificio. Nuestra Asociación empezó como una Institución elitista, para unos pocos que podían pagar mucho. Hoy somos una Institución casi al alcance de cualquiera con más de setecientos socios. Esto nos obligó a cambiar muchas cosas. Nuestro observatorio se reorganizó para brindar servicios a una cantidad industrial de socios. Hemos pasado de tener un sólo telescopio a tener muchos (aunque muchas veces no funcionen como deseáramos). Muchos socios colaboran día a día (con un cúmulo de trabajo impresionante) a que los demás socios puedan disfrutar de todo aquello a que tienen derecho: Conocer más y mejor el maravilloso mundo de la Astronomía.

Y, hoy en día son los niños los que nos traen la Luna a nosotros. Y a sus padres. Hemos traído a los colegios para mostrarles las maravillas del cielo a los chicos y hoy son los chicos los que traen a los padres para regalarles maravillosas imágenes de la Luna. Y de los Planetas, de las Estrellas, de las Galaxias. Y de todo lo que nos muestra el cielo.

Cumplimos setenta años de labor ininterrumpida y los festejos continuarán el 24 de Octubre, nuestro día, el Día de la Astronomía. No sé qué nuevos descubrimientos nos separará la Astronomía en los próximos años. Seguramente serán muchos y maravillosos. Brindemos porque podamos seguir compartiéndolos durante muchos años más. Con mucha gente más.

# EL PROYECTO GÉMINI

Por Jorge Sahade\*



## I. EL PROYECTO

El Proyecto Gémini tiene como finalidad la construcción y utilización de dos telescopios de 8 metros de diámetro, a ubicarse, uno, en el hemisferio norte, en Mauna Kea, Hawai, y, el otro, en el hemisferio sud, en el Cerro Pachón, en Chile, dos lugares considerados excelentes, desde el punto de vista astronómico. En el proyecto participan los Estados Unidos con un 50%, el Reino Unido con el 25%, Canadá con un 15%, Australia con un 5%, Chile con un 5%, Argentina con un 2,5%, y Brasil también con un 2,5%. El tiempo de observación que le corresponde a cada país participante, por telescopio, teniendo en cuenta que la Universidad de Hawai y la Astronomía chilena, tienen asignados un 10% fijo, con el telescopio del norte o del sur, respectivamente, por tratarse de la institución o del país al cual pertenece el terreno donde se ubica, es el siguiente:

EE.UU. + Univ. Hawai/Astron. Chilena	51,60%
Reino Unido	22,00%
Canadá	13,20%
Australia	4,40%
Chile	4,40%
Argentina	2,20%
Brasil	2,20%

El ingreso de Australia, como uno de los socios del Proyecto, lo cual se ha formalizado en mayo de 1998, significa la incorporación de un país con amplia experiencia en Astronomía y en instrumentación astronómica, y permitirá acelerar la disponibilidad de instrumentación auxiliar y aumentar, de entrada, las posibilidades de los dos telescopios.

Las características de los dos lugares elegidos para los telescopios Gémini son las siguientes:

	Mauna Kea	Cerro Pachón
elevación (en metros)	4.200	2725
latitud	+20°	-30°
longitud	155° W	71° W
temperatura nocturna media	+2°±3°C	+7°±4°C
velocidad media del viento	7 m/s	7 m/s
noches observables	69%	77%

\* Investigador Emérito, CONICET, en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina; Coordinador Científico de la participación argentina en el Proyecto Gémini.

El Gémini del Norte debe estar en funcionamiento en la segunda mitad del año en curso y su inauguración oficial está programada para principios de junio de 1999, con asistencia de altos representantes de los gobiernos de los países asociados. En cuanto al Gémini del Sur, se espera que esté funcionando y que sea oficialmente inaugurado hacia fines del año 2000.

## II. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO GÉMINI

El Proyecto Gémini funciona con un Comité Directivo, con representantes de todos los países asociados, y al cual informan el Comité de Finanzas y el Comité Científico. La Agencia Ejecutiva es la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NSF), y el organismo gerencial está en manos de AURA, la Asociación de Universidades (Norteamericanas) para la Investigación en Astronomía. Además, el Proyecto tiene un Director y un Gerente (Manager) Científico, y el personal que actúa bajo las órdenes de dichos funcionarios. Los dos Comités están integrados por representantes de los países asociados.

La Presidencia del Comité Directivo se rota entre Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá, por períodos de 2 años, y la Vice Presidencia se rota según las secuencias Chile, Australia, Argentina, Chile, Australia, Brasil, también por períodos de 2 años.

El Proyecto otorga becas anuales (Becas Gémini) a estudiantes avanzados de Argentina, Brasil y Chile.

## III. LA ERA DE LOS GRANDES TELESCOPIOS

El Proyecto Gémini nace en una época en que están en marcha una serie de otros proyectos caracterizados también por dimensiones del orden de los 8 metros de diámetro. Dichos proyectos son los siguientes:

1. El Observatorio Europeo Austral (ESO, su sigla en idioma inglés) —financiado por Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Italia, Suecia y Suiza— tiene en avanzado estado de ejecución el Proyecto denominado VLT (Telescopio Muy Grande) consistente en 4 telescopios de 8 metros de diámetro cada uno, que funcionarán independientemente o en distintas combinaciones, por ejemplo, como un solo telescopio de 16 metros de diámetro equivalente, y que están siendo erigidos en el Cerro Paranal a 2.400 metros de altura y a unos 130 kilómetros al sur de la ciudad de Antofagasta, en el norte de Chile. El primer telescopio de este conjunto estará funcionando regularmente en 1999 (las primeras imágenes se obtuvieron en mayo de 1998), y se espera que el complejo esté en funcionamiento, en su integridad, dos años más tarde.

2. El Proyecto del telescopio denominado Keck II, con un espejo segmentado de 10 metros de diámetro, formado por 36 segmentos, a diferencia de los telescopios del Proyecto Gémini y del VLT cuyos espejos principales son de una sola pieza. El Keck II está ubicado en Mauna Kea, Hawai, y podrá funcionar como un interferómetro con el Keck I, que está

habilitado en Mauna Kea desde 1990, y del cual se encuentra a una distancia de 75 metros. Se trata de un emprendimiento del Instituto de Tecnología de California y de la Universidad de California.

3. El Proyecto japonés, denominado SUBARU, de un telescopio de 8,2 metros de diámetro, que se inaugurará en Mauna Kea, Hawai, en 1999.

4. El Proyecto Hobby-Eberly de un telescopio de 11 metros de diámetro, cuyo espejo principal está integrado por 91 segmentos, y corresponde a un diámetro equivalente de 9,2 metros, que se ubica en terrenos del Observatorio McDonald de la Universidad de Texas, sobre el Monte Fowlkes, en las montañas Davis del estado de Texas, a 2.270 metros de altura sobre el nivel del mar, como un emprendimiento de la mencionada Universidad, de la Universidad del Estado de Pennsylvania, de la Universidad Stanford y de las Universidades alemanas de München y de Göttingen.

5. Un proyecto semejante al Hobby-Eberly Para el hemisferio sud, ha sido aprobado recientemente por el Gobierno de Sud Africa, y se instalará cerca de Sutherland. El proyecto se denomina SALT (Southern African Large Telescope), su diámetro será del orden de los 10 metros y estará dedicado a estudios en las regiones del óptico y del infrarrojo. Se espera que en el proyecto participen países del hemisferio norte.

6. El Proyecto MAGELLAN que consiste en la construcción de 2 telescopios de 6,5 metros de diámetro, a ubicarse en el Observatorio Las Campanas, en el Cerro Manqui, en el norte de Chile. Se trata de un esfuerzo de la Institución Carnegie de Washington de la Universidad de Arizona, del Instituto Massachusetts de Tecnología, de la Universidad de Michigan y de la Universidad de Harvard.

7. En esta enumeración no podemos dejar de mencionar que el primer espejo grande construido en base a segmentos menores, el del llamado Telescopio de Espejos Múltiples (Multiple Mirror Telescope, MTT, en inglés), de 6,5 metros de diámetro, será reemplazado por un espejo de una sola pieza, ahora que la tecnología lo permite. Dicho telescopio está emplazado en el Monte Hopkins, en el estado de Arizona, y pertenece a la Institución Smithsonian y a la Universidad de Arizona.

8. El Proyecto de un Telescopio Binocular con 2 espejos de 8,4 metros de diámetro cada uno, que se instalará el Monte Graham, en el estado de Arizona, y cuyo patrocinio corresponde a la Universidad de Arizona, a la Universidad italiana de Arcetri, a la Corporación para la Investigación, de Tucson, Arizona, a la Universidad del Estado de Ohio y a una institución alemana.

9. El Instituto de Astrofísica de Canarias patrocina el Proyecto de un telescopio de 10 metros de diámetro, a instalarse en el Roque de los Muchachos, y cuyo diseño y construc-

ción están a cargo de la empresa pública GRANTECAN, S.A.

10. Finalmente, mencionaremos un proyecto de dimensiones menores, 4 metros de diámetro, en el cual participa, en un 50%, un país latinoamericano, Brasil, a través de la Universidad de San Pablo, junto con la Universidad norteamericana de Carolina del Norte y la organización NOAO (Observatorios Astronómicos Ópticos Nacionales), también de los Estados Unidos. El instrumento se instalará en el Cerro Pachón, en Chile, cerca del Telescopio Gémini del sur, y el Proyecto recibe el nombre de SOAR (sigla de Observatorio Austral para la Investigación en Astrofísica, en idioma inglés).

11. Existen otros proyectos ambiciosos en marcha, como el del telescopio de 30 metros de diámetro, para ondas milimétricas, que se instalará en un lugar apropiado del estado de Puebla, en México, y en el que participan el Instituto Nacional de Astronomía, Óptica y Electrónica de Tonantzintla, Puebla, México, e instituciones norteamericanas, pero nos detendremos aquí en esta enumeración para limitarnos a los emprendimientos en el rango óptico. Hemos mencionado el proyecto para ondas milimétricas como otro ejemplo del progreso que está experimentando la Astronomía en algunos países latinoamericanos gracias al decidido apoyo que reciben de los organismos oficiales pertinentes. Y en este contexto, debemos, sin dudas, mencionar que en el Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se está hablando de un telescopio de 10 metros de diámetro.

#### IV. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO GÉMINI

Las metas y las características que se han fijado para los telescopios Gémini son las siguientes:

- 1) 50% de la energía debe estar concentrada en un décimo de segundo de arco de la imagen, para la longitud de onda de  $2.2 \mu\text{m}$ ;
- 2) Control activo del alineado y de la figura del espejo primario;
- 3) Corrección rápida del foco utilizando el espejo secundario;
- 4) Minimización del deterioro autoinducido de la imagen;
- 5) Optimización para el infrarrojo, caracterizado por un 4% de emisividad del telescopio (meta: 2%) y un bajo oscurecimiento del espejo primario;
- 6) Limpieza del espejo *in situ*;
- 7) Reguladores (baffles) desplegables;
- 8) Multi-instrumentación en el foco Cassegrain;

además,

- 9) Asignación del tiempo de observación en la forma "clásica" y "en cola";
- 10) Observación remota;
- 11) Comunicación, en banda ancha, entre las sedes de los telescopios.

Los espejos serán recubiertos por una capa de aluminio o de plata, según el rango de longitudes de onda dentro del cual

se efectuará la observación. Según las experiencias realizadas, el aluminizado resulta óptimo para la región del espectro electromagnético entre 3.300 y 4.000 Ångströms, mientras que el plateado resulta óptimo para la región entre 4.000 y 11.000 Ångströms. Una capa de plata mínimamente protegida resulta también igualmente óptima para la región entre 7.000 y 11.000 Ångströms.

#### V. INSTRUMENTACIÓN AUXILIAR INICIAL

La instrumentación auxiliar que se preve inicialmente para el Telescopio Gémini del Norte, es la siguiente:

1. Espectrógrafo Multiobjeto (GMOS = Gemini Multiobject Spectrograph) para el rango 5.000 - 11.000 Ångströms, con una resolución (I/D) de 10.000 para una ranura de  $0''25$ , y un campo de  $5'5 \times 5'5$ ;
2. Instrumento para Imágenes Directas en el Infrarrojo Cercano (NIRI = Near Infrared Imager) para el rango  $1\mu-5\mu$ ;
3. Espectrógrafo para el Infrarrojo Cercano ( $1\mu-5\mu$ ) (NIRS = Near Infrared Spectrograph), con una resolución de 6.000 a 8.000;
4. Instrumento para Imagen Directa en el Infrarrojo Medio ( $8\mu-30\mu$ ) (MIRI = Middle Infrared Imager);
5. Fibra Óptica alimentando el Espectrógrafo del Telescopio de Canadá, Francia y la Universidad de Hawai (el telescopio denominado CHFT);
6. MICHELLE, Espectrómetro e Instrumento para Imagen Directa, en el rango de  $8\mu-30\mu$ , a compartir con el Telescopio Infrarrojo del Reino Unido (UKIRT), ubicado en Mauna Kea.

En lo que se refiere a la instrumentación auxiliar inicial para Cerro Pachón, la misma es la siguiente:

1. Espectrógrafo Multiobjeto (GMOS) para el rango 3.000 - 5.000 Å;
2. Espectrógrafo Óptico de Alta Resolución (HROS = High Resolution Optical Spectrograph), para el rango 3.000 - 10.000 Å, con resoluciones entre 50.000 y 120.000 (rango mínimo que cubre simultáneamente: 3.500 - 7.000 Å);
3. Instrumentos para el Infrarrojo, compartidos con el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo (CTIO);
4. Instrumento para Imagen Directa en el Infrarrojo Medio (MIRI), compartido con Mauna Kea.

#### VI. CALIDAD DE LOS ESPEJOS

Los discos de los espejos principales, de silicato de titanio, de dilatación ultrabaja (ULE, su sigla en inglés), de 8,1 metros de diámetro, fueron producidos por Corning Incorporated de New York, en los Estados Unidos, y el figurado fue confiado a la firma REOSC de Francia, que posea experiencia previa ganada con el pulido, por lo menos del primer espejo del conjunto de los cuatro telescopios de 8 metros de la ESA que se están instalando en Cerro Paranal, en Chile.

El figurado del espejo para Mauna Kea fue aceptado el 3 de febrero del año en curso. Los apartamientos con respecto a la superficie teórica son del orden del millonésimo de milímetro, cumpliendo o excediendo, así, las especificaciones

para su utilización óptica, por lo que se trata "del mejor espejo que jamás se haya pulido en ese tamaño", y se espera que el figurado que se logrará con el disco destinado a espejo primario del telescopio de Cerro Pachón sea aún mejor.

Los tiempos están corriendo rápidamente y ya pronto comenzarán las observaciones con los telescopios Gémini. Con el objeto de ir ayudando a la formación de los futuros investigadores que utilizarán los instrumentos, desde 1995, el Proyecto, como se ha dicho al comienzo, ha estado ofreciendo becas anuales a jóvenes de Argentina, Brasil y Chile. La financiación de las mismas corre por cuenta de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de los Estados Unidos, pero, en el caso de Chile, es compartida con la Fundación Andes de la ciudad de Santiago.

Dadas las distancias físicas entre los países miembros y las sedes de los telescopios y dados los esquemas de observación que se instrumentarán, será necesario establecer estaciones locales conectadas por satélite con los lugares de observación, y su materialización requiere el apoyo inmediato de los respectivos organismos que promueven el desarrollo de la investigación científica.

El Proyecto Gémini podrá contribuir en forma destacada al mejor conocimiento del Universo, de su evolución, y también en la búsqueda de sistemas planetarios alrededor de estrellas y de posible vida inteligente en ellos, temas, estos últimos, que constituyen las prioridades de la NASA para los próximos diez años.

## VII. PARTICIPACIÓN DE NUESTRO PAÍS

Nuestro país se adhirió al Proyecto Gémini a través de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación, en 1993, cuando el Dr. Raúl F. Matera estaba a cargo de dicha Secretaría de Estado, efectuando una entrega de la suma de \$ 400.000, que fue contabilizada como contribución de la Argentina por el año 1994. Como dijimos al principio, la contribución de nuestro país para dar cuenta de la etapa "constructiva" del Proyecto, alcanza al 2,5% del total, es decir a la suma de 4.600.000 dólares, de lo que falta aún abonar las cuotas correspondientes a los próximos tres años, \$ 611.000 en 1999 y en el año 2000, y \$ 614.000 en el 2001. Desde el año 1999, Argentina debe comenzar a efectuar sus contribuciones anuales para la etapa "operativa" del Proyecto.

En el año 1996 se estableció la Oficina Argentina del Proyecto en terrenos de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata gracias al apoyo del Decano y del Consejo Académico de dicha Facultad y a contribuciones en mobiliario de parte de la Dra. Lydia Cidale, de la SECYT y de la CONAE. Se formó, además, el Comité Argentino para el Gémini con la siguiente conformación:

Coordinador: Jorge Sahade  
"Project Manager": Orlando Hugo Levato (CASLEO)  
"Project Scientist": Emilio Lapasset Gomar (Córdoba)  
Roberto Aquilano (Rosario)  
Edmundo Marcelo Arnal (IAR)  
Carlos Natale Francile (OAFa)  
Hugo Marraco (CONAE)  
Nidia Irene Morrell (La Plata)  
Marta Graciela Rovira (IAFE)  
Ingenieros Asociados: Arnaldo Casagrande (CASLEO)  
Juan José Larrarte (IAR)  
Adolfo Marín (CASLEO)  
Pablo Pereyra (CASLEO)

El Plan de Trabajos elaborado por la Oficina del Proyecto, el funcionamiento de ésta y la asistencia regular a las distintas reuniones (científicas, organizativas, de finanzas y del Comité Directivo) del Proyecto, no se han podido materializar, salvo muy contadas excepciones, por falta de apoyo económico. Pero desde la segunda parte del año en curso parece que la situación comienza a revertirse.

Desde principios de 1997 todo lo relacionado con el Proyecto Gémini fue transferido por la SECYT al ámbito del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), regularizándose entonces la cuestión de los pagos a la National Science Foundation de los Estados Unidos de las contribuciones anuales de nuestro país al Proyecto.

Todos los años la National Science Foundation (NSF) de los Estados Unidos ofrece Becas Gémini a los países latinoamericanos que están asociados al Proyecto, y los siguientes jóvenes astrónomos de nuestro país han podido aprovechar de las mismas:

- 1995: Lucas Macri, en Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics  
Alejandro Clocchiatti, en Observatorio Interamericano de Cerro Tololo
- 1996: Mercedes Gómez, en Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
- 1997: Gabriela Surpi, en Los Alamos National Laboratory  
Mercedes Gómez (por seis meses adicionales)
- 1998: Andrés Piatti, en Kitt Peak National Observatory

Además, en 1994, Guillermo Bosch usufructuó una beca del Consejo de Investigaciones en Astronomía y Física de Partículas del Reino Unido en el Institute of Astronomy, Cambridge.

Esperamos poder participar más activamente en el Proyecto a partir del año próximo y establecer una estación de observación remota en La Plata.



# JUGANDO CON EL GRÁFICO DE VISIBILIDAD DE LOS PLANETAS

Por el Ing. Cristian Rusquellas

## Festejando un aniversario

Hace 20 años que venimos incluyendo en las Efemérides de REVISTA ASTRONÓMICA el diagrama de salida, paso y puesta de los planetas. Hasta el último publicado, correspondiente a 1999, fueron dibujados a mano. Los puntos para el trazado eran calculados en un principio con una calculadora programable usando las posiciones planetarias extraídas de *The Astronomical Almanac*; la posibilidad de acceso de computadoras permitió luego automatizar el proceso con la impresión de tablas que daban directamente la posición en el papel de los puntos, hasta que finalmente hemos logrado crear un programa que permite realizar directamente el trazado del diagrama, no solamente para la latitud y longitud de Buenos Aires, sino también para cualquier lugar de la Tierra.

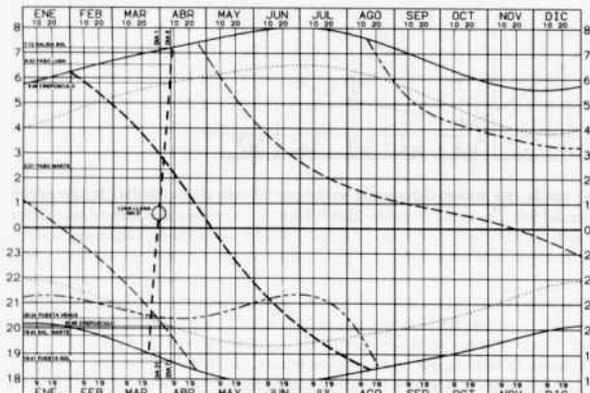


Fig. 1

El rapidograf y el pistolete irán a parar al cajón de los recuerdos, donde gozarán de un merecido descanso, en compañía de la regla de cálculo y la tabla de logaritmos, que los precedieron. Pero siento cierta desazón, cuando recuerdo que el gráfico tiene su antecedente en uno similar que estaba incluido en el "Almanaque Astronómico y Manual del Aficionado", suplemento de REVISTA ASTRONÓMICA que se publicaba 45 años atrás, mucho más completo que nuestras Efemérides, lleno de datos originales que eran calculados a mano, con la única ayuda de tablas de valores naturales de las funciones trigonométricas y una calculadora mecánica (verdadera pieza de museo que se conserva en la Asociación).

Y como se cumplen 20 años del primer gráfico, pienso que ya es hora

de que explique para qué sirve y cómo se usa. Bromas aparte, como en las Efemérides hay poco espacio para aclaraciones, me extenderé aquí sobre algunas características del diagrama y de paso mostraré algunas curiosidades.

En la Fig. 1 vemos un esquema del gráfico, en el que por simplificación hemos dejado solamente dos planetas (Venus y Marte), las líneas de salida y puesta del Sol y los crepúsculos, y una sola línea de paso de la Luna. En abscisas tenemos los meses, y en ordenadas las horas de los fenómenos, expresadas (en los diagramas para nuestro país) en Hora Legal Argentina, o sea la correspondiente al huso -3 horas.

Por lo pronto, se aprecia una asimetría con relación a la línea de 0 horas, de trazo más grueso; ello se debe a que en rigor nuestra hora oficial está adelantada 1 hora con relación a la hora del huso que realmente nos corresponde, que es el de -4 horas, centrado en el meridiano de 60°W. Hay que tener en cuenta que la longitud de Buenos Aires es aproximadamente 58° 30', o sea solamente 1° 30' al Este del centro del huso, alrededor de 6 minutos de diferencia, lo que no justifica el adelanto de 1 hora, y menos para los lugares del país ubicados más al oeste, como veremos después.

Una característica fundamental del gráfico es que la parte inferior, o sea la ubicada debajo de la línea de 0h, corresponde a un día, y la superior al día siguiente. Es así que la línea que separa dos meses sucesivos, en su tramo superior es el primer día del mes y en su tramo inferior el último día del mes anterior; por ello, las líneas intermedias están marcadas "9" y "19" abajo y "10" y "20" arriba. De la misma manera, el borde izquierdo del cuadro corresponde en el tramo inferior al último día del año anterior (31 de diciembre o 0 de enero) y en el superior al primero de ese año (1° de enero) y el derecho en su parte inferior al último día del año (31 de diciembre) y en la superior al primer día del año siguiente (1° de enero o 32 de diciembre). Toda esta complicación nace de que el gráfico debe abarcar en forma completa una noche de observación, sin soluciones de continuidad que dificultarían la lectura.

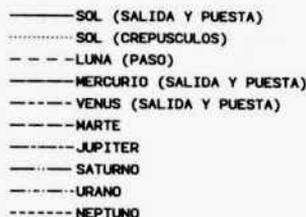


Fig. 2

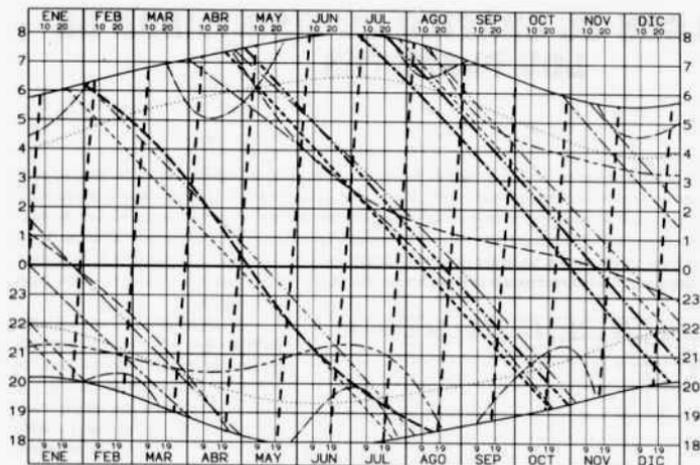


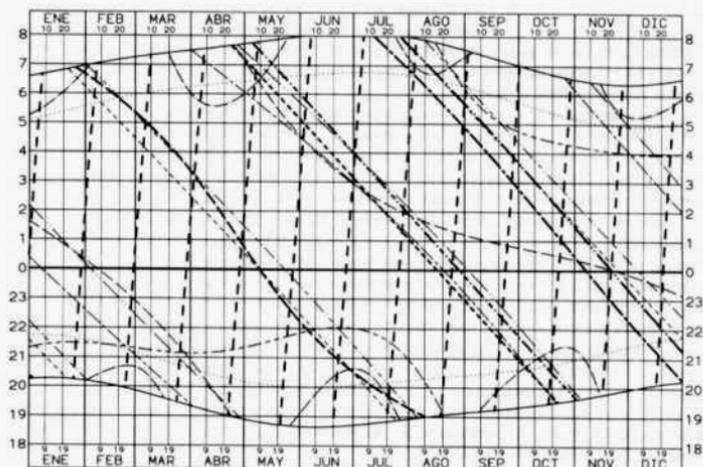
Fig. 3: Diagrama  
para Buenos  
Aires,  
Lat =  $-34^{\circ}30'$ ,  
Long =  $58^{\circ}30'W$ ,  
Huso -3h.

Para el Sol, se dan las curvas de puesta y salida (que limitan el diagrama, ya que por fuera de ellas es de día), las que tienen en cuenta la refracción y el diámetro aparente del Sol. Las líneas de puntos dan la hora de los crepúsculos astronómicos, que corresponden a los instantes cuando el Sol se halla  $18^{\circ}$  debajo del horizonte, que más o menos convencionalmente son los límites de la *noche cerrada*, definiéndose esta última como el periodo en el que pueden apreciarse todas las estrellas visibles a "simple vista".

Para los planetas se da la hora de salida, paso (en trazo más grueso) y puesta, excepto para los interiores (Mercurio y Venus), ya que el paso cae siempre de día. En cambio, se da el paso de la Luna; no se da su salida y puesta porque complicaría enormemente el diagrama, pero se agrega un círculo en la posición correspondiente al día de Luna Llena.

Elegido un día del año, puede trazarse una recta vertical, que en su intersección con las diversas curvas nos da la hora del fenómeno correspondiente, que se puede leer en las escalas laterales. Relacionándolo además con la hora de paso de la Luna y verificando la posición del disco de la Luna Llena, se puede estimar el grado de perturbación que su presencia ocasionará en las observaciones.

Fig. 4: Ciudad de  
Jujuy.  
Lat =  $-24^{\circ}10'$ ,  
Long =  $65^{\circ}20'W$ ,  
Huso -3h.



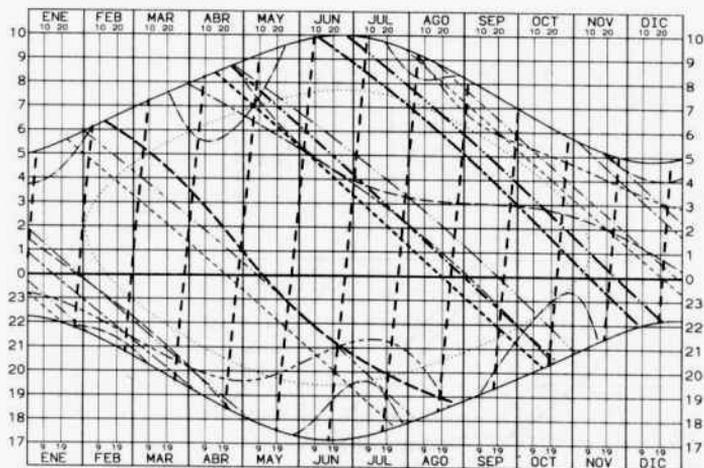


Fig. 5: Ciudad de Ushuaia.  
 Lat =  $-55^\circ$ ,  
 Long =  $68^\circ 20' W$ ,  
 Huso -3h.

### Un paseo por el planeta

Las facilidades que el nuevo software nos brinda, nos permiten mostrar cómo se aprecian estos fenómenos desde diversos puntos de la Tierra. Por simplificación, en los diagramas que se acompañan se han suprimido los rótulos, por lo que en la Fig. 2 se da una clave de las líneas; igualmente puede usarse como referencia el gráfico ya publicado en las Efemerides (no preocuparse, en éstas se seguirán incluyendo los rótulos). Tampoco se han colocado las Lunas Llenas.

Primeramente, tenemos en la Fig. 3 el mismo diagrama que aparece en las Efemerides para 1999, que al estar trazado para la posición aproximada de la Ciudad de Buenos Aires, permite hacer comparaciones con los otros. Se aprecia claramente la variación en la duración de la noche a lo largo del año y también la de los crepúsculos.

Si nos vamos a un extremo de nuestro territorio, obtenemos el gráfico de la Fig. 4, correspondiente a la ciudad de Jujuy. Dado que esta ciudad está bien al oeste, la asimetría en relación con las 0 horas debida al adelanto de la hora se acentúa, acortando enormemente la primera parte de la noche. Vemos además que la diferencia entre la duración de la noche del invierno y del verano es claramente menor que en Buenos Aires, debido a su menor latitud.

Si en cambio nos movemos en sentido opuesto, nos encontramos con el gráfico de la Fig. 5, correspondiente a Ushuaia.

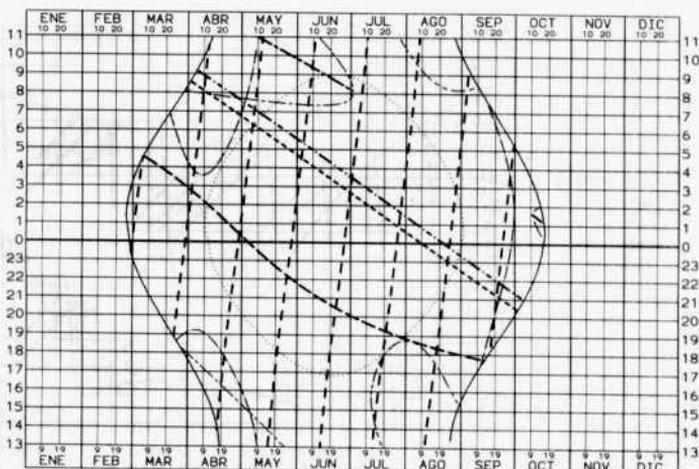


Fig. 6: Lat =  $-80^\circ$ ,  
 Long =  $58^\circ 30' W$ ,  
 Huso -3h.

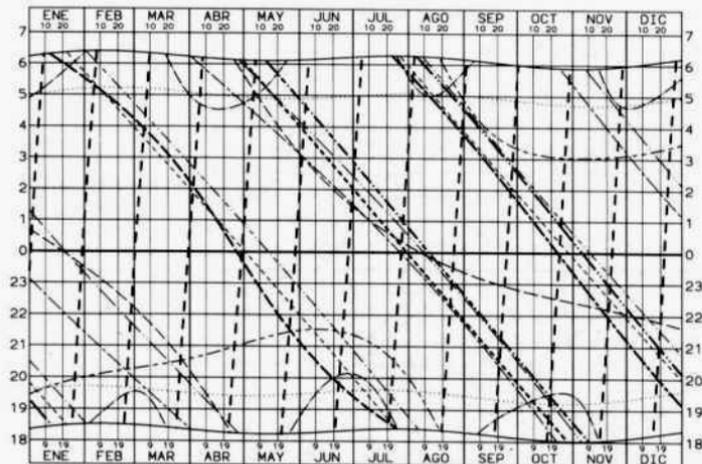


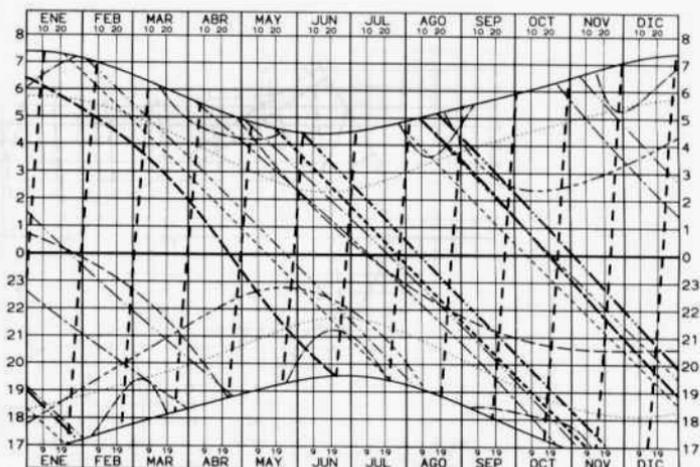
Fig. 7: Ciudad de Quito, Lat= $-0^{\circ}10'$ , Long= $78^{\circ}30'W$ , Huso -5h.

Allí la diferencia entre el verano y el invierno es enorme. Inclusive, las líneas de los crepúsculos se unen, o sea que en parte de noviembre, diciembre y enero en ningún momento se llega a la "noche cerrada", y la noche dura menos de 6 horas en el solsticio de verano; en cambio, en el invierno el Sol no aparece durante casi 17 horas.

En la Fig. 6 nos vamos al extremo. Este diagrama está trazado para la longitud de Buenos Aires, pero para una latitud apenas a  $10^{\circ}$  del polo. No solamente se unen los crepúsculos, sino también la salida y puesta, porque durante cuatro meses y medio el sol permanece siempre sobre el horizonte, y durante un periodo similar no sale. Las líneas correspondientes a Mercurio y Venus se distorsionan, la de Júpiter se interrumpe, porque durante un cierto intervalo la declinación norte del mismo lo mantiene debajo del horizonte, y Saturno ni aparece. En cambio, Marte, Urano y Neptuno se mantienen toda la noche sobre el horizonte.

Pero vayamos a latitudes más cálidas. La Fig. 7 corresponde a Quito, Ecuador. Como esta capital se halla apenas a  $10'$  al sur del Ecuador terrestre, el gráfico cambia completamente de forma. Ya no hay "invierno" y "verano", el día y la noche tienen la misma duración todo el año, apenas hay un leve adelanto y atraso originado por la Ecuación del Tiempo (o sea la diferencia entre el tiempo solar verdadero y el medio). Vemos también que la duración de los crepúsculos es mínima, poco más de una

Fig. 8: Ciudad de Nueva York, Lat= $+41^{\circ}$ , Long= $74^{\circ}W$ , Huso -5h.



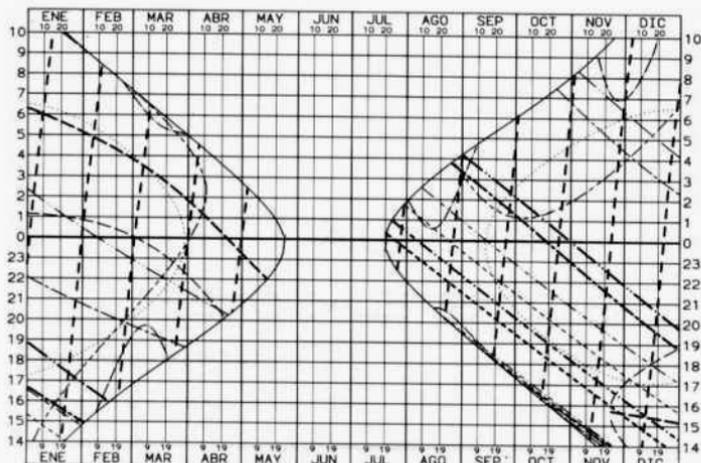


Fig. 9: Narvik,  
Noruega.  
Lat= $+68^{\circ}25'$   
Long= $-17^{\circ}30'E$ ,  
Huso  $+1$ .

hora contra cerca de una hora y media en el verano de Buenos Aires; son las clásicas puestas de Sol repentinas de las zonas tropicales.

Y nos vamos más al norte. La Fig. 8 corresponde a la ciudad de Nueva York. Como vemos, el diagrama se invierte en su forma y debido a la latitud aumenta la diferencia entre el verano y el invierno con relación a Buenos Aires. Aunque este diagrama me temo no debe ser muy útil, dado que dicha ciudad goza de un poco envidiable cielo nocturno, debido a la contaminación luminosa y la poca transparencia atmosférica.

La Europa del Norte presenta una peculiaridad: la presencia de la cálida Corriente del Golfo (*Gulf Stream*) permite que estén habitados puntos más allá de círculo polar ártico. La Fig. 9 corresponde a la ciudad de Narvik, en Noruega. Allí Marte y otros planetas desaparecen durante parte del año, y se goza del espectáculo del "Sol de medianoche". Para lograr un diagrama similar en nuestro hemisferio deberíamos irnos a una de las bases antárticas, como la que aparece en la Fig. 10, un lugar inhabitable hasta para un pingüino.

Y concluimos aquí este viaje por el mundo. No puedo asegurar que las horas incluidas en los diagramas no pertenecientes a nuestro país sean correctas, porque la manía de la hora adelantada no es exclusiva nuestra.

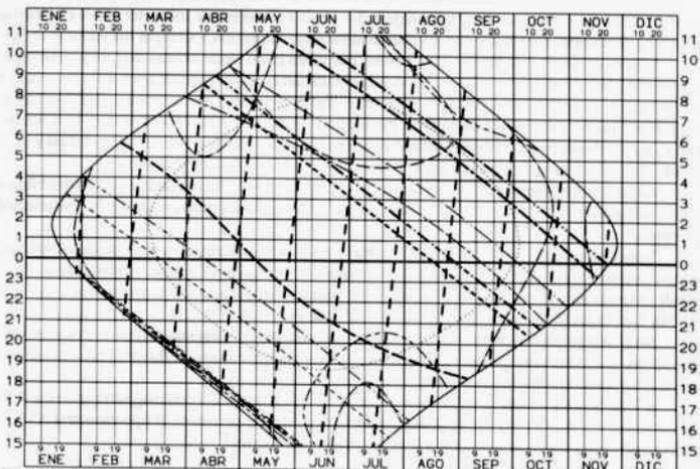


Fig. 10: Base  
General San  
Martín, Antártida  
Argentina.  
Lat= $-68^{\circ}25'$   
Long= $-65^{\circ}25'W$ ,  
Huso  $-3h$ .

# BREVE GUIA DE LAS CONSTELACIONES

Por Carlos E. Angueira Vázquez

*Subdirector de Observatorio*

## LOS BICHOS RAROS DE BAYER

### Un pescado de aire, un reptil que cambia de color y un insecto mutante

Este es el tercer número consecutivo de Revista Astronómica en que hablamos de las constelaciones australes creadas (o registradas) por Johannes Bayer en su Uranometria de 1603. Hoy le toca el turno a unos "bichos raros": los dos primeros, a fines del siglo XVI, sorprendieron a los europeos de los viajes de descubrimiento. El tercero, si bien corresponde a insectos muy conocidos y nada sorprendentes, se ganó el mote de bicho raro por haber sido (en cierta cartográfica forma) el primer caso de mutación genética artificial producido en un complejo procedimiento secreto realizado entre 1603 y 1752 (la Astronomía siempre está a la vanguardia de todas las ciencias). Además, las tres constelaciones poseen forma prácticamente rectangular (claro que rectangular sobre una superficie esférica) y se cuentan entre las más pequeñas del cielo.

### VOLANS

El nombre oficial de esta constelación es PISCIS VOLANS (el pez volador), pero se lo conoce modernamente como VOLANS. Bayer la incorporó en "homenaje" a los peces voladores que solían ser vistos en alta mar por los navegantes (a los primeros navegantes parece ser que les causaban bastante impresión y siempre los incluían en sus relatos de viajes).

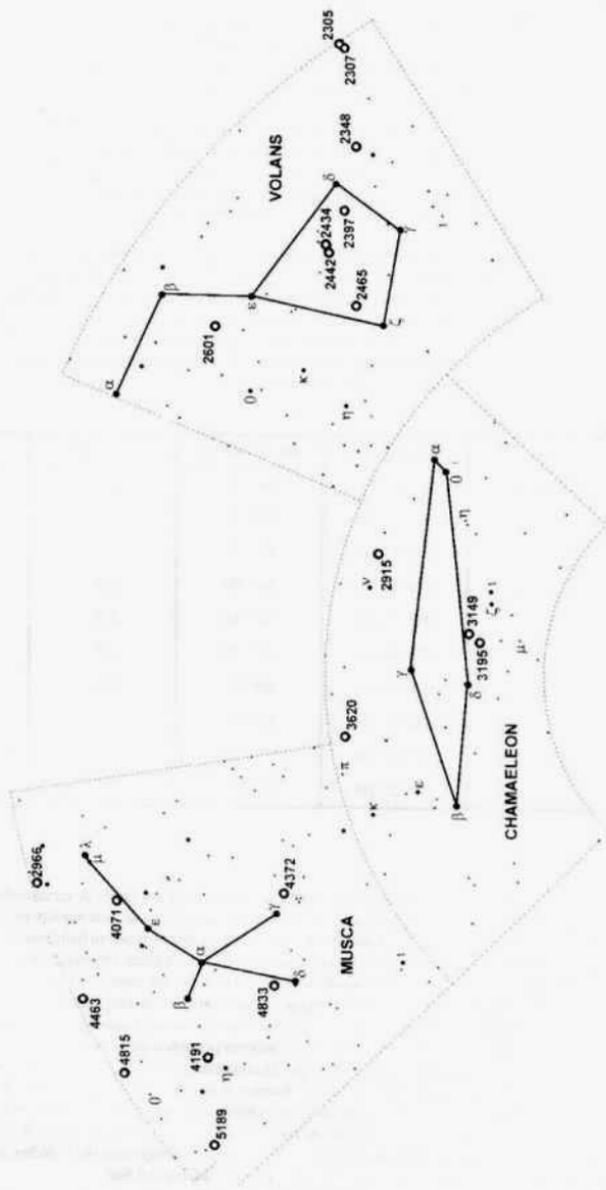
Se trata de peces de la familia *Exocoetidae*, que viven en las aguas cálidas del Océano Atlántico (principalmente, en todo el recorrido de la Corriente del Golfo, por donde circulaban la mayor parte de los barcos que viajaban entre Europa y América en los siglos XVI y XVII), cerca de la superficie. Sus principales características morfológicas son sus muy grandes aletas pectorales, que les dan aspecto de pájaros. Por supuesto, estos peces no vuelan: se impulsan con las aletas pectorales para dar saltos que los llevan fuera del agua y (mientras están en el aire), mantienen estas aletas rígidas y extendidas en un rudimentario plano, hasta que vuelven a caer al agua. Llegan a medir unos 38cm de longitud.

Julius Schiller (famoso por haber armado una cartografía celeste tomando a personajes bíblicos para las constelaciones) había utilizado a Volans, Dorado y la Nube Mayor de Magallanes para componer la constelación de Abel, pero su uso no prosperó.

Volans se extiende desde las 06h 50m hasta las 09h 00m en ascensión recta, y desde los -64° hasta los -75° de declinación. Es una constelación bastante pequeña y, por su posición, es circumpolar para un observador ubicado en Buenos Aires: se la puede observar todo el año en cualquier momento, aunque la mejor ocasión para verla es cuando la hora sidérea vale alrededor de 08h 15m (a las 00:00 horas de HLA, a mediados de Febrero).

No es una constelación muy conspicua que digamos: sus estrellas más brillantes poseen todas magnitud aparente mayor que 3,5, así que se necesita buscarla con atención en el cielo contaminado de Buenos Aires (desde el campo se la observa mucho mejor). Sus estrellas más brillantes son:

α Vol: Se trata de una estrella binaria espectroscópica que brilla con magnitud aparente 4,00 (magnitud absoluta 2,1). Se encuentra a unos 78 años luz de distancia del sistema solar y pertenece al tipo espectral A5 V (estrella blanco azulada de la secuencia principal, con líneas metálicas anormalmente fuertes).



β Vol: Es una estrella que brilla con magnitud aparente 3,77 (magnitud absoluta -0,1). Se encuentra a 192 años luz de distancia del Sol y pertenece al tipo espectral K2 III (gigante roja).

γ Vol: Se trata de una estrella doble, a la que vemos con un brillo conjunto de magnitud aparente 3,4, y cuyas componentes se encuentran separadas 13,6" entre sí. La componente central posee magnitud aparente 5,67 (magnitud absoluta 3,9) y es, a su vez, una binaria espectroscópica, perteneciendo al tipo espectral F0 (estrella blanca). La otra componente posee magnitud aparente 3,78 (magnitud absoluta 2,0) y tipo espectral G9 III (gigante anaranjada). Todo el sistema se encuentra a unos 75 años luz de distancia del sistema solar.

δ Vol: Se trata de una estrella que vemos con magnitud aparente 3,98 y se encuentra a 2.400 años luz de distancia del sistema solar (magnitud absoluta -5,4). Perteneció al tipo espectral F9 I (supergigante blanca).

ζ Vol: Se trata de una estrella doble que vemos con un brillo conjunto de magnitud aparente 3,95 y cuyas componentes se encuentran separadas 16,7". La estrella principal posee magnitud aparente 4,00 (magnitud absoluta 0,3), y su compañera posee magnitud aparente 9,80 (magnitud absoluta 6,1). El sistema se encuentra a unos 176 años luz de distancia del sistema solar.

En Volans encontramos muy pocos objetos de cielo profundo, y bastante débiles. El catálogo NGC apenas contiene nueve objetos en esta constelación: siete galaxias (NGC 2305, NGC 2307, NGC 2397, NGC 2434, NGC 2442, NGC 2466 y NGC 2601) y dos objetos más (NGC 2348 y NGC 2443) de los que ni siquiera indica que tipo de objeto se trata. Además, sólo figuran las magnitudes de tres de ellos (NGC 2397, NGC 2434 y NGC 2442, con magnitudes 13,0, 11,2 y 11,0, respectivamente). El catálogo IC detalla un objeto más (IC 2202, una galaxia de la que no indica su magnitud). Todos ellos son objetos muy débiles, que requieren telescopios de gran diámetro y cielo muy limpio para poder detectarlos (ni que hablar para apreciarlos bien). Pero, como siempre hay audaces dispuestos a intentarlo, aquí van los datos:

Objeto N°	Tipo	AR (J2000.0)	dec (J2000.0)	Tamaño	Magnitud
NGC 2305	Galaxia	06h 48,6m	-64° 16'	2,0'	?
NGC 2307	Galaxia	06h 48,8m	-64° 20'	1,6'	?
NGC 2348	?	07h 03,1m	-67° 23'	?	?
NGC 2397	Galaxia	07h 21,3m	-69° 00'	2,2'	13,0
IC 2202	Galaxia	07h 27,9m	-67° 34'	2,1'	?
NGC 2434	Galaxia	07h 34,9m	-69° 17'	2,5'	11,2
NGC 2442	Galaxia	07h 36,4m	-69° 32'	6,0'	11,0
NGC 2443	?	07h 36,3m	-69° 32'	?	?
NGC 2466	Galaxia	07h 45,2m	-71° 24'	1,5'	?
NGC 2601	Galaxia	08h 25,5m	-68° 07'	2,0'	?

## CHAM/ELEON

Esta constelación fue ubicada por Bayer destacando un animal descubierto en los viajes de circunvalación del África y poco conocido por los europeos: el camaleón. Se trata reptiles de la familia *Chamaeleonidae*, que habitan principalmente en los árboles de las selvas húmedas de África, la India y Sri Lanka. Son especialmente famosos por su habilidad de cambiar de color en respuesta a cambios de luz, temperatura y otros estímulos (esto hace que se los conozca, figuradamente, como emblema de las personas que cambian de opinión o de actitud de acuerdo a las conveniencias del momento): fue esta, precisamente, la característica que más impresionó a los europeos. Su tamaño puede variar (según la especie) desde los 7,5cm hasta los 60cm de longitud. Se alimentan de insectos utilizando su larga lengua (muchas veces, más larga que el propio cuerpo del camaleón), aunque las especies más grandes también incluyen a los pájaros y roedores pequeños en su menú.

Julius Schiller había armado con Chamaleon, Musca y Apus la constelación Eva, pero su uso no prosperó.

Chamaeleon se extiende entre las 07h 40m y las 13h 45m de Ascensión Recta, y entre los -75° y los -82° de declinación. Para observadores en la latitud de Buenos Aires está siempre encima del horizonte, todo el año y a cualquier hora, pero el mejor momento para verla es cuando la Hora Sidérea vale alrededor de las 10h 40m (a las 00:00 horas de HLA, en la primera mitad de Marzo). Si bien se extiende casi seis horas en Ascensión Recta, como se encuentra muy cerca del Polo Sur celeste, en realidad es una constelación muy pequeña, apenas más grande que Musca, Volans o la Cruz del Sur.

Al igual que Volans, tampoco es una constelación muy conspicua que digamos: sus estrellas más brillantes poseen todas

magnitud aparente mayor que 4,0, así que resulta más difícil de ubicar a simple vista que Volans. Se necesita buscarla con atención en el cielo contaminado de Buenos Aires (desde el campo se la observa mucho mejor). Sus estrellas más brillantes son:

α Cha: Se trata de una estrella que vemos con magnitud aparente 4,07 (magnitud absoluta 2,2) y que pertenece al tipo espectral F4 IV (subgigante blanca). Se encuentra a unos 78 años luz de distancia del sistema solar.

β Cha: Es una estrella que brilla con magnitud aparente 4,26 (magnitud absoluta -0,9) y que pertenece al tipo espectral B5 Vn (estrella azul de la secuencia principal, con líneas de absorción ensanchadas en su espectro indicando rápida rotación). Distante unos 359 años luz del sistema solar.

γ Cha: Se trata de una estrella que vemos con magnitud aparente 4,11 (magnitud absoluta -0,4) y que pertenece al tipo espectral M0 III (gigante roja). Se encuentra a unos 251 años luz del sistema solar.

δ Cha: En realidad, se trata de un par binario cuyas componentes no tienen relación real entre sí y las vemos en el cielo separadas 7'. δ1 es, a su vez, una estrella doble cuyas componentes poseen magnitudes aparentes 6,1 y 6,4 (en conjunto, las vemos con magnitud aparente 5,47), pertenecen ambas al tipo espectral K I (anaranjadas), se encuentran separadas 0,6" y distan 359 años luz del sistema solar. δ2 es una estrella que vemos en el cielo con magnitud aparente 4,45 (magnitud absoluta -1,7), pertenece al tipo espectral B2 IV (subgigante azul) y se encuentra a 554 años luz de distancia del sistema solar.

θ Cha: Se trata de un sistema estelar doble que vemos brillar en conjunto con magnitud aparente 4,35. Sus componentes poseen magnitudes aparentes 4,4 y 12,1 (magnitudes absolutas 2,5 y 10,2, respectivamente), y poseen una separación de 31". El sistema se encuentra a unos 78 años luz de distancia del sistema solar.

Si Volans es pobre en objetos de cielo profundo, Chamaleón lo es aún más. El catálogo NGC sólo contiene cuatro objetos en esta constelación: tres galaxias (NGC 2915, NGC 3149 y NGC 3620) y una pequeña nebulosa planetaria. El catálogo IC detalla tres objetos más: una galaxia (IC 3104) y dos objetos de los cuales no indica qué tipo de objetos son (NGC 2631 y NGC 2884). Todos ellos son objetos muy débiles, que requieren telescopios de gran diámetro y cielo muy limpio para poder detectarlos (ni que hablar para apreciarlos bien). Pero, para los audaces, estos son los datos:

Objeto N°	Tipo	AR (J2000.0)	dec (J2000.0)	Tamaño	Magnitud
NGC 2915	Galaxia	09h 26,2m	-76° 38'	1,5'	12,6
NGC 3149	Galaxia	10h 03,8m	-80° 25'	2,1'	?
NGC 3195	Neb. Planetaria	10h 09,5m	-80° 52'	0,6'	?
IC 2631	?	11h 09,8m	-76° 37'	?	?
NGC 3620	Galaxia	11h 16,1m	-76° 13'	2,8'	?
IC 2884	?	11h 27,7m	-79° 44'	?	?
IC 3104	Galaxia	12h 18,8m	-79° 44'	4,7'	?

## MUSCA

Suele decirse que los petisos solemos tener cierto complejo de inferioridad con nuestra altura que canalizamos dándonos exageradas veleidades de superioridad en otros campos. Así nos encontramos con que una de las constelaciones más pequeñas del cielo tiene un nombre tan largo (MUSCA AUSTRALIS VEL INDICA = mosca austral o de las indias) que es difícil escribirlo de manera legible en un mapa del cielo dentro de los límites de esta constelación. Por ello, a principios de siglo, la IAU lo redujo al mucho más compacto de MUSCA (= mosca).

Lo de AUSTRALIS en el nombre de MUSCA venía porque, en el hemisferio celeste norte (en la zona de Aries) Habrech (según algunos) y Bartschius (según otros), en el siglo X habían inventado una constelación MUSCA BOREALIS (la mosca del norte) que pasó por un complejo cambio de nombres: se la llamó también VESPA (la avispa) y APIS (la abeja). Pero su uso no llegó a imponerse entre los astrónomos y fue ignorada por la convención de 1928 de la IAU.

Lo más divertido de nuestra MUSCA AUSTRALIS viene también en torno a la historia de las mutaciones que sufrió su nombre. Todos los estudiantes de biología conocen a la famosa MOSCA DE LA FRUTA (la *Drosophila melanogaster*): un insecto con unos cromosomas enormes, muy apropiado para hacer experimentos simples de mutación genética. Pues bien: resulta que la MUSCA AUSTRALIS también pasó por un proceso de mutación genética en su nombre. Esta constelación fue inventada por Bayer en su Uranometría de 1603, pero allí aparece como APIS (la abeja). En 1752, Nicolas Louis de La Caille lo cambió a MUSCA AUSTRALIS (razón por la cual van a encontrar en muchos libros mal documentados que Musca fue inventada por La Caille y no por Bayer). Pero, en el medio hubo quienes le dieron un nombre mixto: así, para Halley (cuando se fue a Sudáfrica a hacer un mapeo del cielo) era MUSCA APIS (= la mosca-abeja: recuerden que Halley era de darse a la

bebida de cuando en cuando y, durante una buena borrachera, uno puede ver bichos raros). Y, como siempre, lo encontramos a Julius Schiller (el que tenía la manía de reemplazar las constelaciones por personajes bíblicos) que, como ya hemos dicho, con Musca, Chamæleon y Apus había armado la constelación de Eva. Como curiosidad adicional, podemos mencionar que las moscas también aparecen en la mitología grecorromana asociadas a Júpiter (lean alguna vez a Sartre, no sólo de Astronomía viven los astrónomos).

Musca se extiende entre las 11h 20m y las 13h 45m de Ascensión Recta, y entre los  $-64^{\circ}$  y los  $-75^{\circ}$  de declinación. Para observadores en la latitud de Buenos Aires está siempre encima del horizonte, todo el año y a cualquier hora, pero el mejor momento para verla es cuando la Hora Sidérea vale alrededor de las 12h 30m (a las 00:00 horas de HLA, a mediados de Abril).

Sus estrellas son un poco más brillantes que las que encontramos en Volans y en Chamæleon (aunque no mucho) y, por lo tanto, pueden ser fácilmente halladas a simple vista, incluso en un cielo tan contaminado como el porteño, pero igual no llegan a ser gran cosa (salvo  $\alpha$  y  $\beta$ , las demás están por debajo de magnitud aparente 3,5). Sus principales estrellas son:

$\alpha$  Mus: Se trata de una estrella doble que vemos brillar en el cielo con magnitud aparente conjunta 2,69. Sus componentes se encuentran separadas  $29,6''$  y brillan individualmente con magnitudes aparentes 2,7 (magnitud absoluta -2,3) y 12,8 (magnitud absoluta 7,8). Todo el sistema se encuentra a unos 326 años luz de distancia del sistema solar.

$\beta$  Mus: También se trata de una estrella doble que vemos brillar en el cielo con magnitud aparente 3,05. Sus componentes se encuentran separadas unos  $0,8''$  y brillan individualmente con magnitudes aparentes 3,7 (magnitud absoluta -1,0) y 4,0 (magnitud absoluta -0,7). Ambas pertenecen al tipo espectral B2 V (estrellas azules de la secuencia principal). Todo el sistema se encuentra a unos 290 años luz de distancia del sistema solar.

$\gamma$  Mus: Es una estrella que vemos brillar en el cielo con magnitud aparente 3,87 (magnitud absoluta -1,1) y que pertenece al tipo espectral B5 V (estrella azul de la secuencia principal). Se encuentra a unos 192 años luz de distancia del sistema solar.

$\delta$  Mus: Se trata de una estrella que vemos con magnitud aparente 3,62 (magnitud absoluta -0,1) y que pertenece al tipo espectral K2 III (gigante anaranjada). Se encuentra a unos 176 años luz de distancia del sistema solar.

$\epsilon$  Mus: Se trata de una estrella variable, cuyo brillo vemos variar entre las magnitudes aparentes 3,99 y 4,31, con un periodo de 40 días (su magnitud absoluta varía entre 3,6 y 3,9). Pertenecen al tipo espectral M5 III (gigante roja) y se encuentra a unos 39 años luz de distancia del sistema solar.

$\lambda$  Mus: Es una estrella doble que vemos brillar en el cielo con magnitud aparente 3,64. Sus componentes se encuentran separadas  $40,6''$  entre sí y poseen magnitudes aparentes individuales 3,6 (magnitud absoluta 2,6) y 12,6 (magnitud absoluta 11,6). Todo el sistema se encuentra a unos 52 años luz de distancia del sistema solar.

En lo referente a objetos de cielo profundo, Musca es un poco mejor que Volans y que Chamæleon y encontramos en ella algunos objetos al alcance de los aficionados (aunque se requiere cielo limpio y telescopios de más de 20cm de diámetro). El catálogo NGC sólo detalla seis objetos en Musca (aunque varios de ellos están al alcance del aficionado): dos cúmulos estelares abiertos (NGC 4463 y NGC 4815), dos cúmulos globulares (NGC 4372 y NGC 4833) y dos nebulosas planetarias (NGC 4071 y NGC 5189, difíciles de ver). El catálogo IC detalla tres objetos: una nebulosa (IC 2966), una galaxia (IC 2980) y una nebulosa planetaria (IC 4191), estos tres objetos bastante más difíciles de ver. Para quienes quieran intentar verlos, aquí van los datos:

Objeto N°	Tipo	AR (J2000.0)	dec (J2000.0)	Tamaño	Magnitud
IC 2966	Nebulosa	11h 50,4m	$-64^{\circ} 54'$	3,0'	?
IC 2980	Galaxia	11h 57,5m	$-73^{\circ} 41'$	2,0'	?
NGC 4071	Neb. Planetaria	12h 04,2m	$-67^{\circ} 18'$	1,3'	?
NGC 4372	Cúm. Globular	12h 25,8m	$-72^{\circ} 40'$	18,6'	7,8
NGC 4463	Cúm. Abierto	12h 30,0m	$-64^{\circ} 48'$	5,0'	7,2
NGC 4815	Cúm. Abierto	12h 58,0m	$-64^{\circ} 57'$	3,0'	8,6
NGC 4833	Cúm. Globular	12h 59,6m	$-70^{\circ} 53'$	13,5'	7,4
IC 4191	Neb. Planetaria	13h 08,8m	$-67^{\circ} 39'$	0,1'	12,0
NGC 5189	Neb. Planetaria	13h 33,5m	$-65^{\circ} 59'$	2,6'	10,0

Las tres nebulosas planetarias olvidenlas, requieren telescopios grandes. Los dos cúmulos globulares son bastante extensos, así que inténdenlo con cielo limpio, poco aumento (unos 40x) y telescopios de unos 30cm de diámetro. Los dos cúmulos abiertos son muy bonitos con cielo limpio y un aumento moderado (unos 100x), y pueden llegar a verse con telescopios de 20cm de diámetro. La galaxia olvidenla,

# NOTICIAS DE LA ASOCIACIÓN

## DISTINCIÓN

El Director de nuestro Observatorio, Sr. Alejandro E. Blain, ha sido distinguido como "vecino ilustre de la barriada de Parque del Centenario", en reconocimiento "al mérito a su solidaridad, compromiso social y labor esforzada por el bien público".

## OBSERVATORIO

### Filtro H $\alpha$ para Observación Solar

En el mes de febrero del corriente año, el Observatorio de nuestra Asociación ha incorporado un nuevo instrumento: se trata de un filtro H $\alpha$ , fabricado por la firma DayStar Co. de los EE.UU., especialmente para nuestros telescopios. Posee un FWHM de 0,7 Å, con sintonización de  $\pm 1$  Å.

El mismo ha sido incorporado a los programas de Observación solar en las líneas de identificación y seguimiento de la actividad de protuberancias y filamentos, regiones activas y fulguraciones. Ya se han obtenido importantes resultados que están siendo reportados al Sonne Tageskarten de Alemania. En el próximo número de REVISTA ASTRONÓMICA se incluirá un artículo sobre dichos resultados.

Los socios interesados en realizar observaciones con este nuevo instrumento pueden acercarse a nuestro Observatorio los días sábados de 16 a 17h, o ponerse en contacto con el Socio Carlos Angueira Vázquez.

### Nueva cámara CCD

Acaba de ser incorporada a nuestro Observatorio una nueva cámara CCD. Se trata de una modelo ST-7e, fabricada por Santa Barbara Instrument Group de los Estados Unidos.

El equipo adquirido posee un "chip" de mayor tamaño que el de la vieja ST-4 de la Asociación: se trata de un KAF 0400 de 710 píxeles por 510 píxeles en un "array" de 6,9 por 4,6 mm (los píxeles individuales miden 9 $\mu$ m de lado). Se trata además de un modelo mejorado en relación con la ST-7 normal, que incorpora además un mayor rango dinámico (65.536 tonos de grises), con obturador mecánico y un muy bajo nivel de ruido con respecto a los modelos anteriores. El software incorpora mayores posibilidades de procesamiento de imágenes y control del telescopio (incluye función de autoguiado, por ejemplo). Acoplada a nuestro Meade LX200 brinda un campo de imagen de 3'12 por 2'08, mucho mayor que el brindado por la ST4.

Este nuevo equipo se ha incorporado como accesorio fundamental en el telescopio Meade para los programas de astrometría. Sus posibilidades fotométricas permitirán emplearla para el trabajo con estrellas variables. Se dictará un curso de manejo de este tipo de instrumental para poner esta tecnología al alcance de todos los socios.

## RADIOASTRONOMÍA

### Reparación y ampliación de la antena parabólica

El 9 de julio del corriente año se concluyó con la ampliación de la parábola que se encuentra en la terraza de la Asociación, que de 4m pasó a ser de 4,70m. Esto no solo permite aumentar la sensibilidad de la antena, sino que también se reduce el ancho del lóbulo y al ser más cerrada se reduce la captación de señales indeseadas. Se tuvo que proceder además al enfoque, un nuevo contrapesado y reparaciones al sistema de movimiento. Los primeros resultados obtenidos son muy alentadores.

### Antena para investigación solar

Se montó en la azotea la antena helicoidal de cuatro elementos (originalmente un prototipo para el interferómetro, luego descartada) con el fin de ser utilizada para el estudio de la actividad solar, en la frecuencia de 611 MHz.

### Detección de meteoros por radio

Luego de las últimas modificaciones, también se obtuvieron resultados satisfactorios con el receptor de FM encargado de detectar la actividad meteórica, obteniéndose señales que coinciden con las señales teóricas y lo detectado por otros observadores a nivel mundial. Un futuro artículo de la revista se referirá a este tema.

## INTERNET

### Página de la Asociación

Se ha incorporado una nueva dirección de la página Web de nuestra Institución. El nuevo mnemónico (mucho más fácil de recordar) es el siguiente:

<http://www.asaramas.com.ar>

La vieja dirección de Internet de la Asociación en GeoCities sigue no obstante siendo válida:

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/8913/>

### Servicio de Internet para los Socios

Se ha contratado la provisión del servicio de Internet para la Institución. El mismo se encuentra disponible para el uso de los Socios (sin cargo) en nuestra Biblioteca, de lunes a sábados de 19 a 23 horas.

## BIBLIOTECA

### Nuevo horario

Desde mayo de 1999, nuestra Biblioteca funciona en un nuevo horario más extenso, atendiendo las solicitudes en tal sentido de los lectores:

**Martes a viernes, de 19 a 23 horas**

**Sábados, de 17 a 21 horas**

El horario de los días sábados de 17 a 19 horas es **exclusivamente** para los socios de nuestra Asociación; en el resto de los horarios, la Biblioteca es de acceso libre, tanto para socios como para público en general.

## Publicaciones en venta en Secretaría

PUBLICACIÓN	Precio Socios	Precio No Socios
La Observación del Sol, por el Dr. Angel Papetti	\$4	\$6
Apuntes del Curso de Manejo de Telescopios, Categoría Inferior	\$8	\$15
Apuntes del Curso de Manejo de Telescopios, Categoría Intermedia	\$4	\$6
Atlas para la Búsqueda de Supernovas - Tomo 1, por Manuel López Álvarez	\$15	\$20
Atlas para la Búsqueda de Supernovas - Tomo 2, por Manuel López Álvarez	\$40	\$45
Quesun, por Horacio Tignanelli	\$9	\$9
Así Funcionaba el Sol, por Horacio Tignanelli	\$9	\$9
Introducción al Estudio de la Fenomenología Solar, por Carlos E. Angueira Vázquez	\$25	\$40
Números atrasados de "Revista Astronómica"	\$2	\$3,50
Efemérides Astronómicas para el año 1999	\$2	\$3,50
Paquetes especiales de números atrasados de "Revista Astronómica": Paquete N°1: contiene los números 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 y 74. Paquete N°2: contiene los números 188/189, 190/191, 192, 193, 194/195, 196, 197, 198/199, 200/201 y 202. Paquete N°4: contiene los números 236/239, 240, 241, 242/243, 246, 247, 248, 249, 250 y 251.	\$5	\$5
Diapositivas de objetos celestes	\$1	\$1
Calcomanías de nuestra Asociación	\$0,50	\$0,50

# **CÁLCULO DE EFEMÉRIDES DE COMETAS Y ASTEROIDES USANDO EL PROBLEMA DE LOS DOS CUERPOS.**

Por José R. Carozza.

Sección Sistema Solar, AAAA.

## **Introducción.**

Desde la antigüedad los astrónomos han tratado de predecir las posiciones del Sol, la Luna y los planetas en el cielo, a veces con una precisión que hoy día es calificable de asombrosa. Sin embargo, dadas las variadas y no pocas concepciones erróneas de cómo "funcionaba" el Universo, en general la exactitud estaba muy ligada a un cálculo tedioso y complicado (teoría de los epiciclos por ejemplo).

El movimiento aparente de los planetas, asteroides y cometas en la bóveda celeste de la Tierra se puede determinar actualmente con cierta facilidad, aplicando conceptos modernos de la mecánica celeste de Newton. La ventaja de contar con una computadora alivia notablemente la tarea, y permite evaluar gran cantidad de posiciones en forma rápida y segura, dependiendo del algoritmo de cálculo que se elija.

Debido a que publicaciones típicas como el *Astronomical Almanac* brindan sólo algunas efemérides<sup>1</sup> como "ejemplos decorativos" en el caso de asteroides y cometas, y a lo incómodo de tener que interpolar valores en el caso de encontrarlas tabuladas en alguna otra fuente, se hace imprescindible encontrar un método práctico para su cálculo.

<sup>1</sup> Una efemérides equivale a una tabla de posiciones de un objeto celeste dada en una secuencia ordenada y para un número de fechas determinadas.

## **Nociones Teóricas.**

Dada la numerosa bibliografía sobre Mecánica Celeste y Astronomía Esférica que existe en la Biblioteca de nuestra Asociación (ver Referencias), decidí evitar extenderme en derivaciones teóricas. La finalidad de este artículo es cómo enlazar una limitada cantidad de fórmulas y conceptos fundamentales de estas ramas de la Astronomía. Es decir, mostrar el uso de los elementos orbitales de un objeto para no quedarnos sólo con sus definiciones. Sin embargo, sería imprescindible que el lector maneje una base mínima de conceptos que le permitan seguir los ejemplos que vendrán más adelante, en especial sobre la terminología usada.

El uso del *problema de los dos cuerpos* es el más conocido y sencillo método para generar posiciones de asteroides y cometas. Partiendo de un conjunto inicial de elementos orbitales (que por suerte abundan en muchas publicaciones y para suficientes objetos de interés), el procedimiento es casi lineal en su totalidad. Así, se puede llegar sin inconvenientes a conseguir ascensiones rectas y declinaciones para diferentes tiempos. Para resolver el problema ágilmente, partiremos de su solución analítica, dividiéndolo en dos partes. En una, *obtendremos la posición del objeto en su órbita* para un tiempo dado (a través de la *Ecuación de Kepler*). En la otra, *transformaremos las coordenadas de esa posición* para que se centren en nuestro planeta (simple rotación y traslación de vectores).

Partamos del primer punto. Ubicar un objeto en su órbita consiste esencialmente en hallar el valor de dos variables respecto al tiempo que transcurre desde el perihelio. En coordenadas polares, son:

- 1) La **anomalía verdadera**  $v$ , ángulo que se mide con centro en el Sol (foco principal de la cónica), en sentido del movimiento del astro, desde el perihelio hasta el lugar que ocupa en su trayectoria (fig. 1), sobre el plano de la misma.
- 2) El **radio vector**  $r$  del objeto, medida del segmento que lo une con el Sol.

Las relación entre ambas es:

$$r = q(1 + e) / (1 + e \cos v) \quad [1]$$

Según la segunda ley de Kepler, todo cuerpo recorre su órbita barriendo áreas iguales en tiempos iguales (fig. 2). Por lo tanto, el ángulo  $v$  no se incrementa linealmente con el tiempo, es decir varía de manera no uniforme. El corazón del problema consistirá pues, en hallar valores sucesivos de  $v$  para tiempos  $t$  elegidos.

Dados:

$$k = 0,01720209895 \quad [\text{UA, masas solares, días}]$$

$$\mu = 1 + \text{masa objeto/masa Sol.}$$

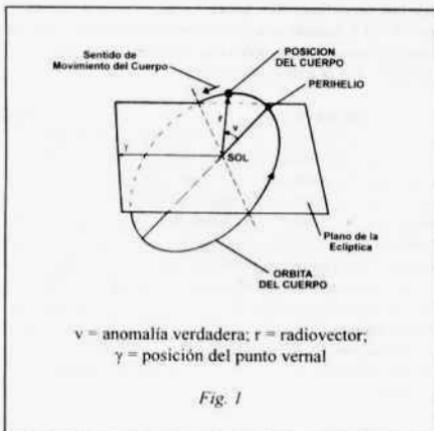
En primer término, debemos tener presente la forma de la órbita que describe el astro. Así, tenemos:

**Elipse ( $0 \leq e < 1$ ):**

$$a = q / (1 - e) \quad [2]$$

$$n = k (\mu / a^3)^{1/2} \quad [3]$$

$$M = n (t - T) \quad [4]$$



La Ecuación de Kepler para la elipse es:

$$M = E - e \sin E \quad [5]$$

donde

$$\tan (v/2) = ((1 + e) / (1 - e))^{1/2} \tan (E/2) \quad [6]$$

La expresión [5] debe ser resuelta iterativamente para despejar  $E$  (anomalía excéntrica elíptica), debido a que es una ecuación trascendente. Puede ser reordenada así:

$$f = E - e \sin E - M \quad [7]$$

El valor de  $E$  corresponderá a  $M$  cuando  $f = 0$  (en la práctica, cuando  $\text{ABS}(f) < 0,0000001$ ). Considerando a  $E_0 = M$  como primera aproximación para  $E$ , un mejor valor es  $E_1$ :

$$E_1 = E_0 - (E_0 - e \sin E_0 - M) / (1 - e \cos E_0) \quad [8]$$

Si se cumple la condición  $\text{ABS}(f) < 0,0000001$  entonces  $E = E_1$  y se termina el proceso, si no  $E_0 = E_1$ , y se vuelve a [8].

Resta ahora calcular  $v$  por medio de [6] y luego  $r$  utilizando [1]. De esta forma, tenemos las coordenadas polares orbitales de un objeto con trayectoria elíptica.

**Hipérbola ( $e > 1$ ):**

$$a = q / (1 - e) \quad [9]$$

$$n_h = k (\mu / (-a)^3)^{1/2} \quad [10]$$

$$M_h = n_h (t - T) \quad [11]$$

Para una órbita hiperbólica, la Ecuación de Kepler es:

$$M_h = e \sinh H - H \quad [12]$$

donde

$$\tan (v/2) = ((e + 1) / (e - 1))^{1/2} \tanh (H/2) \quad [13]$$

Al igual que [5] para la elipse, la expresión [12] se debe resolver por iteraciones para obtener  $H$  (anomalía excéntrica hiperbólica), y es conveniente representarla:

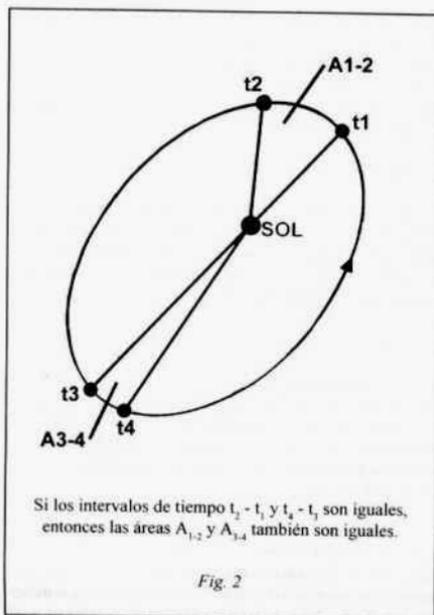
$$f = e \sinh H - H - M_h \quad [14]$$

Si  $\text{ABS}(f) < 0,0000001$  entonces  $H$  corresponde a  $M_h$ . Considerando  $H_0 = M_h$  como primer valor para  $H$ , otro más aproximado es  $H_1$ :

$$H_1 = H_0 - (e \sinh H_0 - H_0 - M_h) / (e \cosh H_0 - 1) \quad [15]$$

Si se cumple  $\text{ABS}(f) < 0,0000001$ , hemos hallado el valor de  $H$ , igual al último  $H_1$  obtenido. De lo contrario,  $H_0 = H_1$  y se sigue en [15].

Retornamos ahora a hallar el valor de  $v$  según [13] y después  $r$  con la expresión [1], para tener, al igual que en la



elipse, las coordenadas polares orbitales del astro.

Parábola ( $e = 1$ ):

En este tipo de órbita, la anomalía verdadera  $v$  es obtenida como función del tiempo en forma directa, a partir de la Ecuación de Barker:

$$k (\mu/(2 q^3))^{1/2} (t - T) = 1/3 \tan^3 (v/2) + \tan (v/2) \quad [16]$$

Llamando  $P$  al primer término de [16], entonces:

$$J = 3/2 P \quad [17]$$

$$B = ((J^2 + 1)^{1/2} + J)^{1/3} \quad [18]$$

donde

$$\tan (v/2) = B - 1/B \quad [19]$$

Una vez hallada  $v$ , se procede a calcular  $r$  por medio de [1], llegando al mismo estado de cálculo que la elipse o la hipérbola, estudiadas anteriormente.

Estamos ahora en condiciones de abordar el análisis de la segunda parte del problema: **transformar la anomalía verdadera y el radio vector a coordenadas ecuatoriales geocéntricas**. Para ello, se procede en tres etapas:

- 1) Cambiar el sistema de referencia orbital por el eclíptico, para obtener los vectores heliocéntricos rectangulares del objeto, valiéndose de tres de los elementos orbitales:  $\omega, \Omega, i$ .
- 2) Rotar un ángulo de  $-e$  (inclinación de la Eclíptica sobre el Ecuador) para pasar a ecuatoriales los componentes de estos vectores.
- 3) Por último, trasladar el centro del sistema de referencia desde el Sol a la Tierra (paseje heliocéntrico a geocéntrico).

El formuleo correspondiente es:

- 1) Dados para sucesivas fechas elegidas  $t_i$ , las anomalías verdaderas  $v_i$  y los radios vectores  $r_i$ , las coordenadas eclípticas heliocéntricas son:

$$\begin{aligned} x_i &= P_x r_i \cos v_i + Q_x r_i \sin v_i \\ y_i &= P_y r_i \cos v_i + Q_y r_i \sin v_i \\ z_i &= P_z r_i \cos v_i + Q_z r_i \sin v_i \end{aligned} \quad [20]$$

Siendo  $P_{(x,y,z)}$  y  $Q_{(x,y,z)}$  las constantes de Gauss para la órbita:

$$\begin{aligned} P_x &= \cos \omega \cos \Omega - \sin \omega \sin \Omega \cos i \\ P_y &= \cos \omega \sin \Omega + \sin \omega \cos \Omega \cos i \\ P_z &= \sin \omega \sin i \\ Q_x &= -\sin \omega \cos \Omega - \cos \omega \sin \Omega \cos i \\ Q_y &= -\sin \omega \sin \Omega + \cos \omega \cos \Omega \cos i \\ Q_z &= \cos \omega \sin i \end{aligned} \quad [21]$$

- 2) Asimismo, el pasaje a coordenadas ecuatoriales es:

$$\begin{aligned} x_i' &= x_i \\ y_i' &= y_i \cos \varepsilon - z_i \sin \varepsilon \\ z_i' &= z_i \cos \varepsilon + y_i \sin \varepsilon \end{aligned} \quad [22]$$

donde  $\varepsilon$  es la oblicuidad de la Eclíptica.

- 3) En este estado, tenemos las *coordenadas rectangulares heliocéntricas* del objeto, que deben pasarse a *geocéntricas*. Y es donde vamos a encontrar un problema: para la traslación necesitamos las coordenadas rectangulares heliocéntricas de nuestro planeta en cada instante  $t_i$ . Debemos entonces decidirnos por tomar uno de los dos caminos posibles. El primero, es aplicar todo el proceso de cálculo anterior a la Tierra, en forma paralela a la del objeto, por supuesto si contamos con sus respectivos elementos orbitales (ver sección E del *Astronomical Almanac*). Otro, es interpolar directamente para cada fecha  $t_i$  de efemérides las coordenadas  $X, Y, Z$  del Sol dadas en la sección C de tal publicación (¡cambiando el signo de cada una al final del proceso!).

Con cualquiera de los dos métodos elegidos, contaremos con un conjunto final de coordenadas  $X, Y, Z$ , de la Tierra, heliocéntricas y referidas al Ecuador, que con las homónimas del objeto, originan sus *coordenadas rectangulares geocéntricas ecuatoriales*.

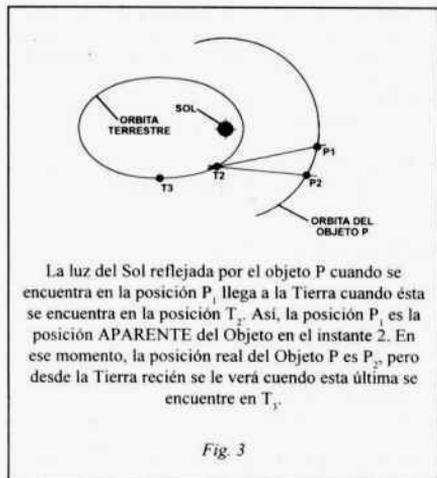


Fig. 3

geométricas del objeto. Para hallar las posiciones *astrométricas*<sup>4</sup>, debemos tener presente la corrección por tiempo luz. Tal corrección consiste en calcular la verdadera posición del astro en el momento que desde su superficie refleja la luz del Sol hacia la Tierra (fig. 3). En la práctica, obtenidas las distancias geocéntricas  $\Delta_i$ , tenemos:

$$\tau_i = 0d,005775519 \Delta_i \quad [29]$$

siendo  $\tau$  el tiempo que demora en días en llegar la luz del cuerpo hasta la Tierra. Luego, se debe repetir (sólo para el objeto) el cálculo de las posiciones heliocéntricas desde el principio del proceso (¡por suerte existen las computadoras!) para las nuevas fechas que son:

$$t_i = t_1 - \tau_i \quad [30]$$

En la repetición del bucle, nos encontraremos con nuevas cantidades finales. Por un lado, las ascensiones rectas  $\alpha_i$  y declinaciones  $\delta_i$  astrométricas. Por otro, las distancias geocéntricas y coordenadas heliocéntricas del objeto corregidas por tiempo luz, valores que deben ser usados en [27] y [28] para calcular  $E_i$  y  $P_i$ .

Hasta aquí, contamos con lo mínimo y necesario para calcular una tabla de efemérides. La diversidad de fórmulas y relaciones de la Ecuación de Kepler, así como la transformación de coordenadas a través de sistemas de referencia distintos, nos obliga a limitarnos en la elección de un proceso quizá simple, pero no por ello inflexible. Además, aunque el método se ajusta bastante bien para todo tipo de excentricidades, no en vano existen algoritmos alternativos para órbitas cuasi parabólicas ( $0,95 < e < 1,05$ ), ya que son frecuentes los problemas de convergencia al utilizar las fórmulas [8] y [15]. Así, quedaría la promesa de tratar éstos métodos en profundidad en un próximo artículo.

### Ejemplos.

Debido a la abundancia de objetos con órbitas elípticas en el Sistema Solar, trataremos de ilustrar numéricamente todo el proceso de efemérides.

El cometa 2P/Encke posee los siguientes elementos orbitales (Ref. 5):

$$\begin{aligned} T &= 1997 \text{ Mayo } 23,59506 \text{ (TT)} & \omega &= 186^\circ,27131 \\ q &= 0,3313936 \text{ UA} & \Omega &= 334^\circ,72236 \text{ (J2000,0)} \\ e &= 0,8500146 & i &= 11^\circ,92974 \\ \text{Epoca de osculación} &= 1997 \text{ Junio } 1,0 \end{aligned}$$

Vamos a calcular dos posiciones de este objeto, para los días 11 de Julio y 20 de Agosto de 1997 (ambas a las 0h TT), ya que no nos alejamos mucho de la época de osculación de los elementos. En cuanto al tipo de posición, serán astrométricas, y las coordenadas de la Tierra para las mismas las obtendremos paralelamente a las del cometa para una demostración completa.

$$\begin{aligned} \xi_i &= x_i' - X_i \\ \eta_i &= y_i' - Y_i \\ \zeta_i &= z_i' - Z_i \end{aligned} \quad [23]$$

Contando con *posiciones rectangulares*, el objetivo final es el cálculo de la ascensión recta, declinación, distancia geocéntrica y otras cantidades derivables de las mismas. El pasaje a *coordenadas esféricas* y el cálculo de estas cantidades sigue así:

$$\tan \alpha_i = \eta_i / \xi_i \quad [24]$$

$$\tan \delta_i = \zeta_i / (\xi_i^2 + \eta_i^2)^{1/2} \quad [25]$$

siendo  $\alpha_i$  la ascensión recta y  $\delta_i$  la declinación del astro para cada fecha  $t_i$ . La distancia geocéntrica es:

$$\Delta_i = (\xi_i^2 + \eta_i^2 + \zeta_i^2)^{1/2} \quad [26]$$

y la elongación<sup>2</sup>  $E$  y ángulo de fase<sup>3</sup>  $P$  del astro son:

$$\cos E_i = (-X_i \xi_i - Y_i \eta_i - Z_i \zeta_i) / (\Delta_i (X_i^2 + Y_i^2 + Z_i^2)^{1/2}) \quad [27]$$

$$\cos P_i = (\xi_i x_i' + \eta_i y_i' + \zeta_i z_i') / (\Delta_i r_i) \quad [28]$$

Con esto, hemos obtenido las posiciones geocéntricas

<sup>2</sup> Ángulo con vértice en la Tierra, entre el objeto y el Sol, medido en el plano que definen estos tres cuerpos.

<sup>3</sup> Ángulo con vértice en el astro, entre la Tierra y el Sol, medido sobre el plano formado por los tres.

<sup>4</sup> Son las comparables con las posiciones medias de estrellas de un catálogo, para una época estándar, luego de haberles aplicado las correcciones por movimiento propio y paralaje anual.

Los elementos orbitales de la Tierra<sup>1</sup>, extraídos de la sección E del *Astronomical Almanac 1997* son:

$$\begin{aligned} t_0 &= 1997 \text{ Agosto } 20,0 \text{ (TT)} & \pi &= 102^{\circ},8517 \\ a &= 1,0000200 \text{ UA} & \Omega &= 349^{\circ},2 \quad (\text{J2000},0) \\ e &= 0,0166967 & i &= 0^{\circ},00041 \\ L_0 &= 328^{\circ},40353 \\ \text{siendo:} \end{aligned}$$

$L_0$  = longitud media en la fecha  $t_0$   
 $\pi$  = longitud del perihelio,

de donde:

$$\begin{aligned} M_0 &= L_0 - \pi = -134^{\circ},44817 \quad (\text{para la fecha } t_0) \\ \omega &= \pi - \Omega = 113^{\circ},6517 \end{aligned}$$

Las constantes para la órbita del cometa son:

$$\begin{aligned} P_1 &= -0,944475163 & Q_1 &= -0,316505271 \\ P_2 &= 0,327806018 & Q_2 &= -0,926069336 \\ P_3 &= 0,022580520 & Q_3 &= -0,205475052 \end{aligned}$$

y para la órbita de la Tierra:

$$\begin{aligned} P_4 &= -0,222428318 & Q_4 &= -0,974949046 \\ P_5 &= 0,974949046 & Q_5 &= -0,222428318 \\ P_6 &= 0,000006554 & Q_6 &= -0,000002870 \end{aligned}$$

El objeto posee:

$$\begin{aligned} a &= 2,209505725 \text{ UA} \\ n &= 0,005237677 \quad (= 0^{\circ},300096808 \text{ /día}) \end{aligned}$$

y siendo la masa (Tierra + Luna) = 1/328900,5 de la masa del Sol, la Tierra tiene:

$$n = 0,017201609 \quad (= 0^{\circ},985579599 \text{ /día})$$

donde, teniendo una anomalía media  $M_0$  correspondiente a una fecha  $t_0$  inicial, para otra fecha  $t$ , la anomalía media es:

$$M = M_0 + n(t - t_0) \quad [31]$$

fórmula análoga a [4], arreglada para el caso de tener que obtener anomalías medias para distintas fechas conociendo una considerada inicial.

$$t = 1997 \text{ Julio } 11,0 \text{ TT}$$

Utilizando [31], [5] a [8] y [1] obtenemos para la Tierra la anomalía verdadera y el radio vector, siendo la diferencia  $(t - t_0) = -40$  días:

$$\begin{aligned} M &= -3,034627601 \quad (= -173^{\circ},87135396) \\ E &= -3,036381051 \quad (= -173^{\circ},97181927) \\ v &= -3,038120181 \quad (= -174^{\circ},07146405) \\ r &= 1,016624705 \text{ UA} \end{aligned}$$

Según [20] las coordenadas eclípticas heliocéntricas son:

$$\begin{aligned} X(\text{eclíp.}) &= 0,327291274 \text{ UA} \\ Y(\text{eclíp.}) &= -0,962499980 \text{ UA} \\ Z(\text{eclíp.}) &= -0,000006326 \text{ UA} \end{aligned}$$

y utilizando [22], las coordenadas ecuatoriales heliocéntricas de la Tierra para esta fecha son:

$$\begin{aligned} X &= 0,327291274 \text{ UA} \\ Y &= -0,883073950 \text{ UA} \\ Z &= -0,382866309 \text{ UA} \end{aligned}$$

En cuanto al cometa, siendo  $(t - T) = 48,40494$  días, tenemos en forma análoga:

$$\begin{aligned} M &= 0,253529459 \quad (= 14^{\circ},526168018) \\ E &= 0,939931084 \quad (= 53^{\circ},854084162) \\ v &= 2,119729579 \quad (= 121^{\circ},451558603) \\ r &= 1,101713163 \text{ UA} \end{aligned}$$

Luego, utilizando [20] nuevamente, pero para el objeto, se tiene:

$$\begin{aligned} x(\text{eclíp.}) &= 0,245462866 \text{ UA} \\ y(\text{eclíp.}) &= -1,058806424 \text{ UA} \\ z(\text{eclíp.}) &= -0,180135590 \text{ UA} \end{aligned}$$

y usando la fórmula [22], trasparamos los valores anteriores al sistema ecuatorial:

$$\begin{aligned} x &= 0,254462866 \text{ UA} \\ y &= -0,899782078 \text{ UA} \\ z &= -0,586440181 \text{ UA} \end{aligned}$$

Es ahora donde debemos evaluar la distancia geocéntrica del cometa (geométrica) para descontar la diferencia de tiempo luz, obteniendo primero las coordenadas geocéntricas ecuatoriales del mismo:

$$\begin{aligned} \xi &= -0,081828408 \text{ UA} \\ \eta &= -0,016708128 \text{ UA} \\ \zeta &= -0,203573871 \text{ UA} \end{aligned}$$

y luego, usando [26], tenemos:

$$\Delta = 0,220039476 \text{ UA}$$

Según [29] y [30]:

<sup>1</sup> En realidad, del bariocentro del sistema Tierra-Luna, lo que sin embargo no afecta el cálculo en gran medida.

<sup>2</sup> Como ejemplo demostrativo, los valores sucesivos de E que se fueron obteniendo usando [8] fueron:  
 1,456991337                      0,939985012  
 1,059695632                      0,939931086  
 0,948817651                      0,939931084

$\tau = 0d,001270841$   
 $t_1 = 1997 \text{ Julio } 10,998729159$

Ahora, contando con el verdadero instante  $t_1$  en que la luz partió del objeto hacia la Tierra, calcularemos para el mismo nuevamente su posición heliocéntrica de forma idéntica a la anterior. El valor  $(t_1 - T)$  es ahora igual a 48,403669158 días. Las cantidades siguientes son:

$M = 0,253522803$  ( $= 14^\circ,525786643$ )  
 $E = 0,939917734$  ( $= 53^\circ,853319299$ )  
 $v = 2,119715476$  ( $= 121^\circ,450750576$ )  
 $r = 1,101692917 \text{ UA}$

$x$  (eclip.) =  $0,245443271 \text{ UA}$   
 $y$  (eclip.) =  $-1,058790129 \text{ UA}$   
 $z$  (eclip.) =  $-0,180134245 \text{ UA}$

$x = 0,245443271 \text{ UA}$   
 $y = -0,899767663 \text{ UA}$   
 $z = -0,586432465 \text{ UA}$

$\xi = -0,081848003 \text{ UA}$   
 $\eta = -0,016693713 \text{ UA}$   
 $\zeta = -0,203566155 \text{ UA}$

$\Delta = 0,220038531 \text{ UA}$  (astrométrica)

Ahora, utilizando [24],[25],[27] y [28] obtenemos las coordenadas esféricas geocéntricas astrométricas del cometa 2P/Encke:

$\alpha = 12h 46m 06s,7$   
 $\delta = -67^\circ 41' 21''$

$E$  (elongación) =  $107^\circ,131207$   
 $P$  (áng. fase) =  $61^\circ,865449$

donde finaliza el cálculo de su posición para esta fecha.

$t = 1997 \text{ Agosto } 20,0 \text{ TT}$

Al igual que para la fecha elegida anteriormente, y ahora teniendo calculadas las constantes orbitales, los valores que entran en el proceso son:

Para la Tierra:

$(t - t_1) = 0^d$

$M = -2,346563239$  ( $= -134^\circ,44817000$ )  
 $E = -2,358344182$  ( $= -135^\circ,12316828$ )  
 $v = -2,370056518$  ( $= -135^\circ,79423569$ )  
 $r = 1,011851939 \text{ UA}$

$X$ (eclip.) =  $0,849162728 \text{ UA}$   
 $Y$ (eclip.) =  $-0,550242680 \text{ UA}$   
 $Z$ (eclip.) =  $-0,000002729 \text{ UA}$

$X = 0,849162728 \text{ UA}$   
 $Y = -0,504836703 \text{ UA}$   
 $Z = -0,218876472 \text{ UA}$

Para el cometa:

$(t - T) = 88^\circ,40494$   
 $M = 0,463036555$  ( $= 26^\circ,530040366$ )  
 $E = 1,276508023$  ( $= 73^\circ,13852238$ )  
 $v = 2,408626679$  ( $= 138^\circ,004143145$ )  
 $r = 1,664742730 \text{ UA}$

$x$  (eclip.) =  $0,815992248 \text{ UA}$   
 $y$  (eclip.) =  $-1,437063819 \text{ UA}$   
 $z$  (eclip.) =  $-0,200929312 \text{ UA}$

$x = 0,815992248 \text{ UA}$   
 $y = -1,238555186 \text{ UA}$   
 $z = -0,755980198 \text{ UA}$

$\xi = -0,033170479 \text{ UA}$   
 $\eta = -0,733718482 \text{ UA}$   
 $\zeta = -0,537103726 \text{ UA}$

$\Delta = 0,909903019 \text{ UA}$  (geométrica)

$\tau = 0d,005255161$   
 $t_1 = 1997 \text{ Agosto } 19,994744839$

$(t_1 - T) = 88d,399684838$

$M = 0,463009030$  ( $= 26^\circ,528463309$ )  
 $E = 1,276471490$  ( $= 73^\circ,136429071$ )  
 $v = 2,408601137$  ( $= 138^\circ,002679713$ )  
 $r = 1,664677068 \text{ UA}$

$x$  (eclip.) =  $0,815923193 \text{ UA}$   
 $y$  (eclip.) =  $-1,437027074 \text{ UA}$   
 $z$  (eclip.) =  $-0,200928522 \text{ UA}$

$x = 0,815923193 \text{ UA}$   
 $y = -1,238521788 \text{ UA}$   
 $z = -0,755964857 \text{ UA}$

$\xi = -0,033239535 \text{ UA}$   
 $\eta = -0,733685084 \text{ UA}$   
 $\zeta = -0,537088385 \text{ UA}$

$\Delta = 0,909869553 \text{ UA}$  (astrométrica)

$\alpha = 17h 49m 37s,4$   
 $\delta = -36^\circ 10' 40''$

$E$  (elongación) =  $119^\circ,956516$   
 $P$  (áng. fase) =  $31^\circ,778213$

Siendo éstas las coordenadas finales astrométricas del cometa para la segunda fecha elegida.

## Resultados.

Los errores promedio en declinación recta y declinación obtenidos con el algoritmo de este artículo, se mantienen casi siempre dentro de los 10" ó 15" de arco. Esta apreciación resulta de haber comparado una gran cantidad de efemérides de objetos elegidos al azar con fuentes fiables, como el *Astronomical Almanac*, o las M.P.C. Las diferencias se deben a que el problema de los dos cuerpos no incluye las perturbaciones planetarias, y al uso de elementos osculadores del sistema Tierra-Luna<sup>7</sup>.

El paso cercano a la Tierra del cometa 2P/Encke, produjo errores algo mayores, del orden de los 20" a 30" de arco, por una simple cuestión geométrica de distancias. Sin embargo, teniendo en cuenta que el campo de una imagen de CCD es del orden de 5 minutos de arco (!), se infiere que para fines prácticos de búsqueda en una observación, el algoritmo de cálculo es más que satisfactorio.

En general, aunque no lo parezca, emplear la solución del problema de los dos cuerpos para objetos del Sistema Planetario es un proceso no muy complicado y brinda predicciones de posiciones muy fiables. Dos precauciones a tener en cuenta son:

- 1) la validez temporal de los elementos osculadores, relegados a su respectiva época (Ref. 8).
- 2) que el astro elegido para el cálculo no tenga grandes acercamientos a ningún planeta<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Estrictamente hablando, las efemérides de los dos ejemplos aquí tratados son baricéntricas y no geocéntricas. Esto afecta al cálculo en una medida comparable a la propia paralaje diurna del astro (en la práctica carece de importancia), ya que el baricentro Tierra-Luna se encuentra dentro de nuestro planeta.

<sup>8</sup> Ya que, por perturbación gravitatoria, podría desviarse fuertemente de su hipotética trayectoria kepleriana aquí considerada (es decir, los elementos osculadores cambiarían drásticamente y rápidamente a través del tiempo, en una forma ya nada despreciable).

En el caso concreto de pasos cercanos al sistema Tierra-Luna, se suman además dos problemáticas que son muy importantes. Por un lado, la fuerza de gravedad que influye de manera especial y hasta caprichosa en el comportamiento orbital del asteroide considerado<sup>9</sup>. Y por otro, el hecho de estar observando desde muy cerca a cualquier objeto, agiganta en forma geométrica las diferencias en alguna posición.

Finalmente, quiero ponerme a disposición de los socios por cualquier duda o consulta en la Sección Observatorio de nuestra Asociación.

## Agradecimientos.

A los socios Roberto Mackintosh y Carlos E. Angueira Vázquez por sus útiles consejos y sugerencias, y a Alexia Rotzajt, quien colaboró en la edición y corrección del presente artículo.

## Referencias.

1. Herget, P. 1948. *The Computation of Orbits*.
2. Vives, T. J. 1971. *Astronomía de Posición* (1ra. Edición). Alhambra, S. A.
3. Montenbruck, O. 1989. *Practical Ephemeris Calculations*. Springer-Verlag.
4. Gil-Hutton, R. 1990. *Curso de Cálculo de Órbitas* (dictado en la AAAA).
5. Boulet, D. L. 1991. *Methods of Orbit Determination for the Microcomputer*. Willman-Bell, Inc.
6. MPC 23483. 1994
7. *The Astronomical Almanac for the year 1997*.
8. Carozza, J. R. 1997. *Los elementos orbitales. Definición y significado geométrico*. REVISTA ASTRONÓMICA N° 256: 20 - 23.

<sup>9</sup> La causa reside en que la masa de la Luna es muy significativa en comparación con la que posee la Tierra, y en una supuesta integración completa del movimiento del objeto deberían considerarse a las perturbaciones de ambos por separado.

# EL CD...

Está en preparación una versión en CD-ROM de los 256 números de *Revista Astronómica* aparecidos hasta el momento.

Son más de 7.000 páginas, en formato imagen, tomadas directamente con un scanner de alta resolución desde las revistas originales. Ocuparán 2 CD, que incluirán un software de búsqueda especialmente diseñado. Requerimientos mínimos, Windows 95, Pentium 133 o similar y lector de CD-ROM.

Por el momento solo podrá ser adquirida por los socios de la Asociación. Los interesados pueden consultar en Secretaría de lunes a sábado, de 19 a 23 horas.

# FOTOGRAFÍA DE OBJETOS DE CIELO PROFUNDO EMPLEANDO FILTROS ANTI-POLUCIÓN

Por el Lic. Alejandro Di Baja

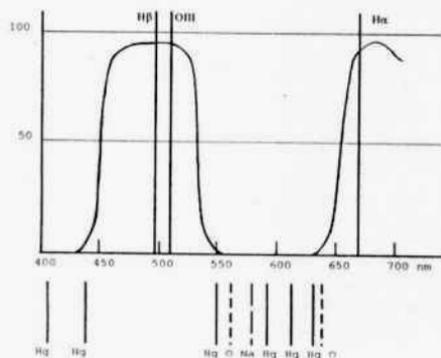
Leyendo el venerable libro "Fotografía Astronómica" de José Galli —editado en 1945— son varios los pensamientos que acuden a la mente del lector. Por un lado, la admiración por una obra que en su momento fue de un rigor científico, una actualidad técnica, y una claridad de exposición que evidentemente la colocaba a la vanguardia de todo lo editado hasta ese momento, y que coincidía con lo que fue evidentemente una era dorada de nuestra Asociación. Baste decir que aquella obra pionera fue muy superior a cualquiera equivalente que por la fecha se editara en el mundo anglosajón, colocando a nuestro país a la vanguardia en lo referente a literatura para aficionados sobre el tema. Recién en la década del '60 aparecieron en el mercado de EE.UU. libros como "Skyshooting" de Mayall & Mayall, "Outer Space Photography for the Amateur" de Henry Paul, o "Skygazing with Telescope and Camera" de George Keene, los que si bien resultaban mucho más actualizados en lo referente al material técnico citado, no obstante ninguno de ellos abordaba las cuestiones de fondo con la rigurosidad con la que lo hacia el libro de Galli. En rigor de verdad habría que esperar recién a la década del '80 para que apareciera en el mercado anglosajón "A manual of Advanced Celestial Photography" de Brad Wallis y Robert Provin, un libro excelente y actualizado que encara todos los temas relacionados con la fotografía astronómica por aficionados con rigor y profundidad.

Las otras dos reflexiones que sugiere el libro de Galli son contrapuestas, están interrelacionadas, y se refieren a las consecuencias del "progreso". En efecto, por un lado comprobamos el enorme avance técnico que ha tenido lugar en el medio siglo transcurrido desde la aparición de "Fotografía Astronómica", tanto en lo referente a lentes y cámaras fotográficas, como así también a las películas y formatos disponibles en el mercado. Los pesados y voluminosos objetivos Petzval de la época de Galli han sido superados por modernos y luminosos objetivos disponibles en una amplísima variedad de distancias focales, formatos y precios. Las propias cámaras fotográficas han sufrido un cambio dramático a partir de las viejas cámaras "de galería" de los años '40, habiéndose generalizado el formato de 35mm, y existiendo además diversos formatos medios (4,5x6, 6x6 y 6x7) que utilizan rollos tamaño 120 y proveen mayor resolución (si bien a un precio mucho mayor ya que son cámaras destinadas a los estudios fotográficos profesionales). Aún más espectacular ha sido —

y continua siendo— el avance en las emulsiones fotográficas, ya que las placas con lentas emulsiones blanco y negro han cedido lugar a modernas emulsiones color disponibles en formatos mucho más compactos y versátiles. Todos los años aparecen en el mercado nuevas películas color que superan a las anteriormente vigentes, con mayor sensibilidad, grano más fino, y excelente respuesta a exposiciones más prolongadas. Evidentemente esto constituye el lado positivo del progreso. Como contrapartida, observando algunas de las excelentes fotografías del libro de Galli (como las del centro galáctico, la región de Carina y Crux, y las nubes de Magallanes, entre otras) uno no puede dejar de sorprenderse pensando que esas tomas fueron realizadas en prolongadas sesiones, con exposiciones en algunos casos de un par de horas, desde las terrazas de la sede social de la Asociación [en pleno centro de la ciudad de Buenos Aires! Hoy en día la contaminación atmosférica y la polución luminosa, flagelos de todas las grandes metrópolis del mundo, hacen que resulte virtualmente imposible obtener desde el centro de Buenos Aires tomas similares a las obtenidas por Galli hace medio siglo, pese a contar con lentes y películas de una calidad muy superior.

Afortunadamente, en lo que podríamos llamar una "vuelta de tuerca", la innovación tecnológica ha permitido disponer de unos filtros especiales que en buena medida cancelan los efectos devastadores de la contaminación atmosférica para la fotografía astronómica. Estos filtros llamados anti-polución fueron introducidos en el mercado de EE.UU. en la década del '80, y en nuestro medio su uso pionero le correspondió al malogrado Miguel Angel Ramos, quien a fines de los '80 realizó tomas espectaculares de nebulosas y cúmulos desde la terraza de su vivienda en el centro de la localidad de Martínez en el Gran Buenos Aires, empleando para ello un reflector Newtoniano de 250mm de diámetro y 1.500mm de distancia focal y un filtro anti-polución marca Lumicon (con posterioridad a la trágica desaparición de Miguel Angel, su familia donó el instrumento a la Asociación, encontrándose en la actualidad instalado en una de las terrazas de la sede social).

Estos filtros constan de un recubrimiento multicapa dieléctrico, diseñado de modo de bloquear las líneas de emisión de las lámparas de sodio y mercurio (típicas del alumbrado público) dejando pasar en cambio las líneas de emisión de  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  y  $O_{III}$  típicas de las nebulosas difusas. De



**Figura 1:** Curva de transmisión típica de los filtros anti-polución "broadband". Las líneas de emisión  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$  y  $O_{III}$  corresponden a las nebulosas difusas y planetarias. Las líneas Hg son las de las lámparas de mercurio, las Na de las de sodio y las  $O^{+}$  corresponden al brillo del cielo natural por oxígeno ionizado. Las longitudes de onda en el eje horizontal están expresadas en nanómetros y van del violeta extremo (400) al rojo (700).

esta forma la luz de las nebulosas incide en la película, en tanto que la contaminación luminosa del alumbrado público queda bloqueada. La figura 1 muestra una curva de transmisión típica de este tipo de filtros en la que se destacan las principales líneas de emisión de las nebulosas y del alumbrado público.

El autor pudo experimentar con este tipo de filtros en 1998, con posterioridad a completar el astrógrafo con corrector de Ross cuyo sistema óptico fuera descrito en Revista Astronómica N° 255. Este instrumento fue concebido para ser instalado en un futuro cercano en una región serrana alejado de la contaminación del gran Buenos Aires, no obstante lo cual, las pruebas de enfoque, guiaje, y operatividad general del instrumento se realizaron desde su ubicación provisoria en la localidad de Martínez en el gran Buenos Aires. Las pruebas confirmaron las bondades teóricas del sistema óptico empleado, pero también pusieron de manifiesto los terribles efectos de la contaminación luminosa. Las tomas de nebulosas y cúmulos mostraban un fondo de cielo de un horrible color verde, disminuyendo el contraste y diluyendo los bordes difusos de las nebulosas. Aún en las noches más diáfanas, la contaminación luminosa (especialmente de las luces de sodio del alumbrado público) arruinaba todas las tomas. Así las cosas, el autor tomó contacto con Gabriel Giusti del Centro Astronómico Ing. Félix Aguilar (CAIFA), pequeña pero pujante asociación de entusiastas aficionados de las localidades de Olivos y Martínez, cuyo telescopio principal (un reflector Newtoniano de 330mm F/4,5) contaba entre sus accesorios

con un filtro anti-polución de 48mm de diámetro marca Orion modelo Broadband, el que había sido adquirido principalmente para uso visual, pero que había sido utilizado muy poco. El filtro le fue prestado al autor a los efectos de realizar pruebas y producir un informe técnico.

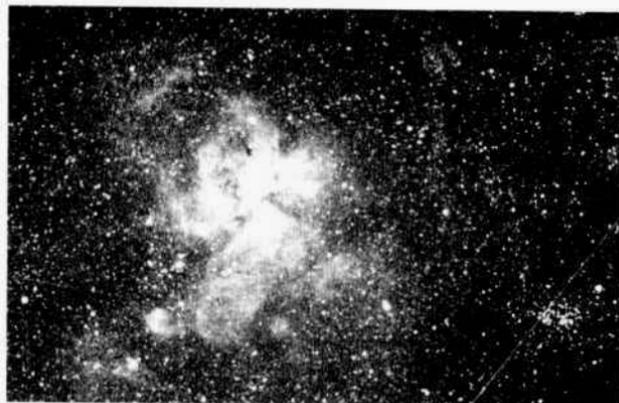
Consecuentemente, el filtro se adaptó al foco primario del astrógrafo del autor (Newton-Ross 900/3,9), y también a teleobjetivos Leitz 135/2,8 y Pentax 200/4. Todas las tomas se efectuaron desde la localidad de Martínez, en noches "buenas" (para los estándares del gran Buenos Aires), sin nubes, sin Luna y con baja humedad ambiente, pero obviamente sumergidos en la luz difusa proveniente del alumbrado público, cuya lámpara —de sodio— más cercana ¡se encontraba a escasos 30 metros! Se fotografiaron objetos situados cerca del cenit a los efectos de optimizar los resultados, y se utilizaron parasoles para disminuir la luz parásita. Se emplearon películas diapositivas color Ektachrome Elite II ISO 100, Ektachrome P1600 ISO 1600, y película para copias papel Fujicolor ISO 100.

Sin temor a caer en exageraciones, puede afirmarse que los resultados han sido extraordinarios, y superaron las expectativas más optimistas. Las tomas de las nebulosas difusas de emisión ( $\eta$  Carinae, M20, M8) resultaron excelentes, eliminándose totalmente el fondo de cielo verdoso que resulta tan negativo y antiestético cuando se encuentra presente la contaminación por el alumbrado público. Excelentes resultados se obtuvieron también en las tomas de cúmulos estelares y globulares (en especial la toma de  $\omega$  Centauri con el astrógrafo 900/3,9 mostró una resolución notable). El filtro no resultó tan efectivo en las tomas de galaxias. Aparentemente el brillo superficial de éstas es tan bajo —y además su espectro es continuo— que se requiere una exposición más prolongada la que, pese al filtro, muestra de todos modos un velo de cielo. En una toma de M83 por ejemplo, si bien se aprecia la estructura espiral, el contraste contra el fondo de cielo rojizo es muy bajo. Resumiendo entonces las conclusiones técnicas, podemos afirmar lo siguiente :

- El filtro permite realizar tomas de nebulosas, cúmulos y campos estelares desde los cielos del Gran Bs. As., pudiéndose emplear para ello tanto teleobjetivos convencionales como el foco primario de reflectores Newton.

- Como el filtro trabaja por un mecanismo interferencial multicapa, y éste está calibrado para incidencia normal, el filtro resulta más efectivo con teleobjetivos. No debe emplearse con objetivos normales o gran-angulares, ya que al alejarnos de la normal las bandas de transmisión y absorción se corren de longitud de onda y el filtro pierde efectividad fuera del centro del campo. Dada la abertura de 45mm, los teleobjetivos ideales serían los siguientes : 135/2,8; 200/4; 250/5,6 (los que en realidad trabajarían como 135/3; 200/4,5 y 250/5,6 respectivamente).

- El filtro elimina las líneas de emisión más perjudiciales de sodio y de mercurio, pero para lograrlo inevitablemente afecta el balance de color de las tomas. Ello ocurre porque una de las tres capas que contienen las emulsiones color —la



**Foto 1:**  $\eta$  Carinae, teleobjetivo Pentax 200/4, película Fujicolor ISO 100, filtro Orion Skyglow Broadband, tomada en Martínez el 30/3/98, 22h 55m, exposición 20 min (Foto A. Vallini y A Di Baja).



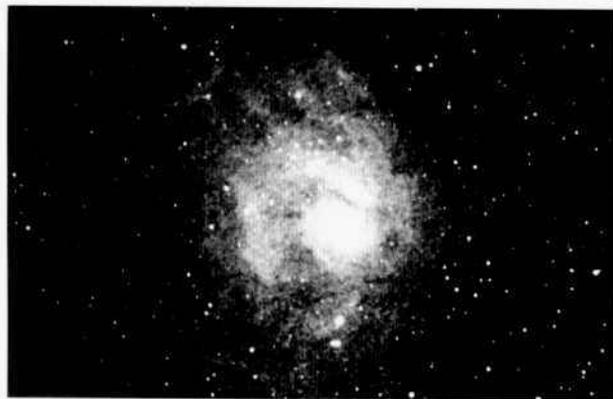
**Foto 2:**  $\omega$  Centauri, reflector Newton-Ross 900/3,9, película Ektachrome ISO 1600, filtro Orion Skyglow Broadband, tomada en Martínez el 17/5/98, 22h 05m, exposición 11 min (Foto A. Di Baja).

sensible al amarillo verdoso—queda virtualmente bloqueada. Las tomas tienen entonces un viraje al rojo que de todos modos no es antiestético. Con las películas para copias papel, esto se puede remediar en parte en el proceso de impresión. Para las diapositivas, la solución es producir un duplicado filtrando adecuadamente la luz con filtros compensadores, o empleando tecnología más de punta, escanearla y procesarla con un programa para PC como Photoshop.

- Los mejores resultados se obtuvieron con un diafragma  $F/D=4$  aproximadamente. El teleobjetivo 135/2,8 resultó demasiado luminoso, y aún con la exposición de tan solo 10 minutos, se saturó el fondo de cielo; quizás una exposición menor hubiera dado mejor resultado, pero esto no se investigó.

- Todas las películas ensayadas dieron resultados excelentes en tiempos de exposición que iban de los 5 a los 15 minutos. En particular la película Ektachrome Elite II de 100 ISO muestra una sensibilidad extendida al rojo y un grano fino

excepcionales (el reciente libro de Jack Newton "Splendors of the Universe", la recomienda como una de las mejores películas para astrofotografía del momento). Con un astrógrafo montado en forma permanente y una buena relojería que permita exposiciones prolongadas, no se justifica el uso de Ektachrome 1600 ISO, ya que el grano de la emulsión es bastante más grueso. Por el contrario, con un astrógrafo portátil, Ektachrome 1600 ISO permite exposiciones más cortas, pero en este caso es difícil que se emplee el filtro nebuloso ya que un astrógrafo portátil se lleva a lugares de cielos libres de contaminación. La exposición máxima recomendable en una buena noche en Martínez, con Ektachrome Elite II 100 ISO y un diafragma  $F/D=4$  sería de unos 20 min para nebulosas de emisión, con lo que se consigue la máxima saturación. Para cúmulos abiertos bastan 5 min, y para los globulares de 10 a 15 min dependiendo del brillo intrínseco del cúmulo.



*Foto 3: M8, reflector  
Newton-Ross 900/3,9,  
película Ektachrome ISO  
1600, filtro Orion Skyglow  
Broadband, tomada en  
Martínez el 28/7/98, 22h  
45m, exposición 13 min  
(Foto A. Di Baja).*



*Foto 4: M42, reflector  
Newton-Ross 900/3,9,  
película Ektachrome ISO  
100, filtro Orion Skyglow  
Broadband, tomada en  
Martínez el 19/11/98, 4h  
17m, exposición 10 min  
(Foto A. Di Baja).*

• El ejemplar de Julio de 1995 de *Sky & Telescope* trae un análisis comparativo de los diferentes filtros nebulares que ofrece el mercado (Orion, Lumicon, Celestron, Meade y Daystar). Si bien el artículo está más orientado a la efectividad visual (y por lo tanto analiza también los filtros Narrowband que no sirven para fotografía color), concluye que el de Orion modelo Broadband es el mejor, seguido muy de cerca por el de Lumicon.

Las fotografías en blanco y negro que ilustran este artículo constituyen lamentablemente un pálido reflejo de la riqueza de detalles que contienen las diapositivas originales, ya que el proceso de impresión monocromo de nuestra revista inevitablemente produce una apreciable degradación de las mismas. De todos modos, lo importante es brindar una idea de lo que puede realizarse con estos modernos filtros anti-polución, los que abren todo un abanico de posibilidades para

los aficionados interesados en la fotografía de objetos de cielo profundo y que tengan la desgracia de vivir en ciudades con cielos fuertemente contaminados. Sin ellos, directamente no sería posible intentar ninguna toma si lo que se pretende son buenos resultados, y uno debería simplemente añorar los cielos que disfrutaba José Galli hace medio siglo e imaginar las tomas que podría haber realizado de contar con las modernas cámaras y películas disponibles en la actualidad. Para asociaciones como la AAAA o el CAIFA que cuenten con telescopios reflectores instalados en forma permanente y de diámetro apreciable, el empleo de los filtros anti-polución permite encarar interesantes proyectos de fotografía de objetos NGC, barriendo a lo largo del año las diversas constelaciones observables. Se podría así acumular a lo largo de unos pocos años una interesante colección de fotografías similares por ejemplo a las que conforman el excelente "Atlas of Deep-Sky Splendors" del desaparecido Hans Vehrenberg.

