

REVISTA ASTRONOMICA



JULIO
DICIEMBRE
1987
N° 242/243

REVISTA ASTRONOMICA

N° 242/243

Julio-Diciembre 1987

TOMO LVIII

AG ISSN 0044-9253

REGISTRO NACIONAL

DE LA PROPIEDAD

INTELLECTUAL N° 86109

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

Patricias Argentinas 550

1405 Buenos Aires

Tel. 88-3366

DIRECTOR:

Sr. Carlos Manuel Rúa

SECRETARIOS:

Srta. Susana Aiello

Sr. Juan Carlos Albenga

REDACTORES:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

Sr. Manuel López Alvarez

Srta. Patricia Olivella

TRADUCTORES:

Lic. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

Prof. Mónica Silvia Ugobono

TIPEADO Y CORRECCION:

Srta. Silvia Temporetti

DIAGRAMACION:

Srta. Patricia Olivella

CANJE:

Prof. Mónica Silvia Ugobono

EFEMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

COMISION DIRECTIVA

PRESIDENTE:

Sr. Ariel Otero Estrada

VICEPRESIDENTE:

Sr. Carlos Manuel Rúa

SECRETARIO:

Prof. Luciano Ayala

PRO-SECRETARIO:

Sr. Alejandro Blain

TESORERO:

Sr. Eduardo De Tommaso

PRO-TESORERO:

Ing. Benjamín Trajtenberg

VOCALES TITULARES:

Sr. Bernardo Lupiáñez

Sr. Eduardo Inza

Dr. José C. Caldararo

Sr. Luis Ferro

Sr. Carlos Manuel Rúa

Sr. José María Requeijo

Dra. María Susana Cánepa

VOCALES SUPLENTES:

Sr. Osvaldo Moreno

COMISION REVISORA

DE CUENTAS

Dr. Angel Papetti

Lic. Carlos Castiñeiras

Sr. Adolfo Breman

Impreso en:

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2° Bs. As.

Tel. 30-2471



REVISTA ASTRONOMICA

Fundador: CARLOS CARDALDA

Organo de la Asociación Argentina

Amigos de la Astronomía

SUMARIO

ESTUDIO DE CUMULOS GLOBULARES CON PROCESAMIENTO DE IMAGENES

por el Dr. Juan Carlos Forte

Pag. 2

VELOCIDADES MAYORES A LA DE LA LUZ EN LOS CUASARES

por el Dr. Homero G. Luna

Pag. 6

EL EFECTO "WILSON"

por el Dr. Angel Papetti

Pag. 10

CALCULOS DE COSMOGRAFIA

por el Sr. Alejandro Eduardo Russo

Pag. 13

OPTICA E INSTRUMENTOS ASTRONOMICOS

Conducido por la Subcomisión de Optica

Pag. 17

MICROCOMPUTACION Y ASTRONOMIA

Conducido por la Subcomisión de Cálculo

Pag. 23

ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

Conducido por la Comisión de Observatorio

Pag. 29

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

Pag. 30

NOTICIERO ASTRONOMICO

Pag. 31

NOTICIAS DE LA ASOCIACION

Pag. 32

Nuestra Tapa

*Manchas solares cerca del
Limbo. Puede apreciarse el
"Efecto Wilson" (Ver artículo en
pág. 10)*



Julio-Diciembre de 1987 • 1



Estudio de Cúmulos Globulares con Procesamiento de Imágenes

Por el Dr. Juan Carlos Forte

Basado en la conferencia dictada en nuestra Asociación el 22/08/1987. Los originales han sido corregidos por el autor, quien además proveyó las ilustraciones.

Dos temas en los que se centra nuestro interés en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio y el Observatorio de La Plata, son el estudio de las galaxias activas y los cúmulos globulares; este artículo versará sobre algunos logros obtenidos en relación con estos últimos.

Tanto en el estudio de las galaxias como de los cúmulos globulares se hace uso de las técnicas de procesamiento de imágenes, relativamente nuevas en Astronomía. No vamos a entrar en detalles pero se debe destacar que su empleo ha acarreado cambios muy importantes en la forma en que los astrónomos analizan la información que se puede obtener con un telescopio, un satélite u otro instrumento capaz de generar imágenes. Esto se inició hace unos veinte años en el Jet Propulsion Laboratory, donde se procesaba la información recibida de las primeras sondas espaciales Mariner que llegaron a Marte, cuya señal llegaba a la Tierra superpuesta con ruido, y debía ser "limpiada". Por ese entonces, las computadoras capaces de ese proceso eran inaccesibles al astrónomo promedio, pero la situación ha cambiado totalmente con el advenimiento de las máquinas pequeñas y relativamente baratas, pero de alta capacidad.

El otro punto en el que se apoya esta revolución es la aparición de algunos detectores completamente nuevos; hasta no hace mucho el astrónomo sólo contaba con la placa fotográfica, que es poco costosa y fácil de usar, pero muy ineficiente, ya que sólo el 4 ó 5% de la radiación recibida es aprovechada. En los años 75-80 empiezan a aparecer una serie de dispositivos electrónicos que pueden reemplazar con ventaja a la placa, como los tubos de imagen, los reticones y los CCD (Charge-Coupled Devices), estos últimos con una alta eficiencia cuántica, que puede llegar al 60%. Estos dispositivos no entregan una imagen, sino una serie de números en forma de matriz, en que cada número da la cantidad de luz recibida en cada punto del plano focal del telescopio, in-

formación que puede ser procesada directamente por una computadora.

El procesamiento de imágenes tiene múltiples aplicaciones, y de resultados de su empleo en el caso de los cúmulos globulares hemos obtenido resultados no esperados que nos han venido a involucrar en una polémica de antigua data.

El interés por este tipo de objetos nació hace seis o siete años, cuando estudiamos una galaxia muy particular que está en el centro del cúmulo de galaxias de Virgo, M87, que de ella se trata, es una elíptica gigante, que tiene una masa equivalente a 10 billones de masas solares, y se halla en las proximidades del centro del cúmulo. Lo que se puede ver en la *Fig. 1* es la apariencia típica



Fig. 1: Messier 87, galaxia elíptica gigante en el cúmulo de Virgo. Posee una de las mayores poblaciones conocidas de cúmulos globulares.

de una galaxia elíptica; la gran cantidad de imágenes puntuales que la rodean no son estrellas sino cúmulos globulares, cada uno de los cuales contiene de 10.000 a 500.000 estrellas, a las que no vemos resueltos debido a la gran distancia que nos separa.

Nos interesaba determinar la composición química de los cúmulos; el procedimiento usual involucra el uso del espectroscopio, pero aquí era inaplicable porque la luz que nos llega es sumamente débil. Pero hay una manera de salir del paso: un cúmulo es tanto más azul cuanto menos metálico es, o sea cuanto más simple es su composición (en Astronomía se ha tomado la costumbre de llamar "metales" a los elementos más pesados que el helio, sean o no metales). El problema nos interesaba porque al medir los colores de estos objetos hallamos que eran totalmente similares a los de los cúmulos de nuestra propia Galaxia, es decir, que los cúmulos globulares se parecen más entre sí que a la galaxia a la cual pertenecen, lo que lleva a la conclusión de que probablemente son los objetos más viejos del Universo, de algo así como 12.000 a 15.000 millones de años, tal vez anteriores a las mismas galaxias, ya que son mucho más pobres que éstas en elementos pesados, que son formados en etapas posteriores, en el interior de las estrellas.

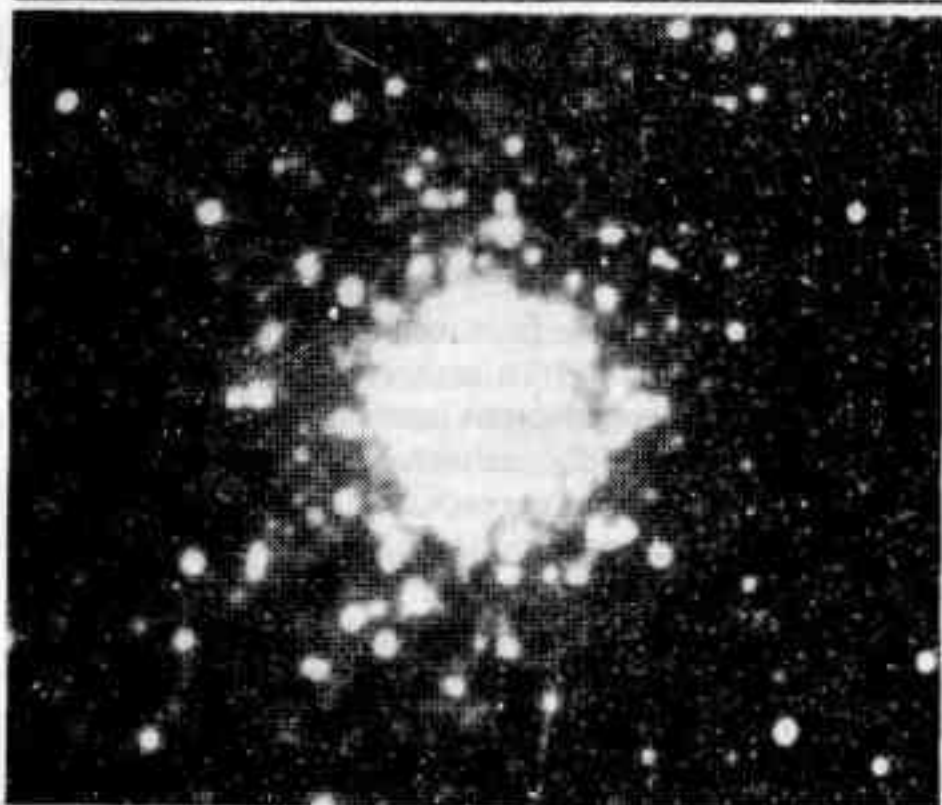


Fig. 2: Imagen CCD (visual) de NGC 362, un cúmulo globular típico.

Pero si queremos estudiar con comodidad un cúmulo globular y entender sus propiedades, debemos echar mano a uno de nuestra propia Galaxia, mucho más cercano. En la Fig. 2 tenemos un cúmulo típico; alguien ha dicho que "son objetos sumamente aburridos, ya que el que ha visto uno los ha visto todos". Presentan una fuerte concentración central, y el número de estrellas va cayendo gradualmente hacia afuera. El estado de las órbitas es de mezcla total, y son objetos aparentemente en equilibrio, aunque más adelante veremos que esto no es totalmente cierto.

Queríamos medir los colores de estos objetos para relacionarlos con la composición química de sus estrellas, que aquí sí podemos determinar espectroscópicamente debido a su mayor brillo aparente.

Pero en la medición del color integrado del cúmulo se presenta el problema de la casual superposición de estrellas de campo de nuestra propia Galaxia, y el fotómetro no puede discriminar cuáles estrellas pertenecen

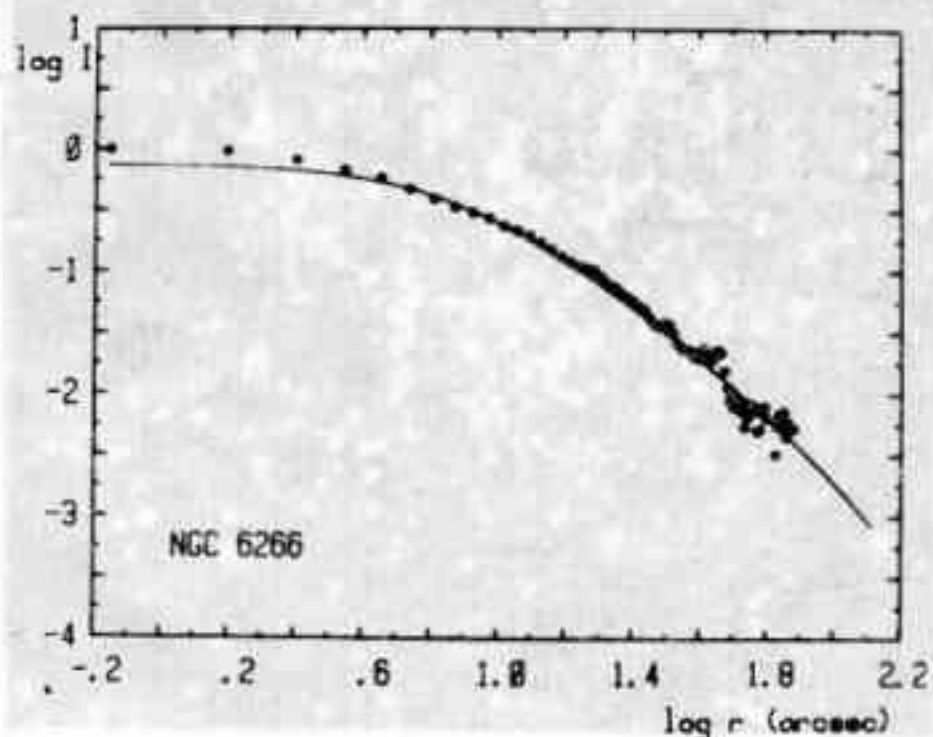


Fig. 3: Distribución de brillo superficial para NGC 6266, en función de la distancia al centro del cúmulo. La línea continua es el perfil analítico de King.

al cúmulo y cuáles no. Para resolver esta ambigüedad, enfocamos el problema de otra manera: no tomamos el color integrado del cúmulo, sino el del modelo teórico que más se ajusta a la distribución global de brillo obtenida, y ello nos libera de las estrellas de campo.

Pero vimos que no todos los cúmulos se comportan de la misma manera, no todos seguían el mismo perfil de luz como decían los trabajos "canónicos" sobre el tema. La labor de muchos años con placas fotográficas indicaba que todos los cúmulos seguían la misma distribución de luz, y eso era cierto en la medida de las limitaciones de la placa. Cuando nosotros estudiamos a NGC 6266 (Fig. 3), encontramos una sutil diferencia en escala logarítmica entre el brillo medido y el que predice nuestro modelo dinámico teórico.

Pero esta pequeña diferencia se hace mucho más notable si uno pasa a escala lineal, como se ve en la Fig. 4, ya que la escala logarítmica es muy engañadora; como vemos, afuera de 10" del núcleo, la distribución de la luz sigue el modelo teórico, pero hacia adentro hay un exceso de luz muy notable. No fuimos los primeros en

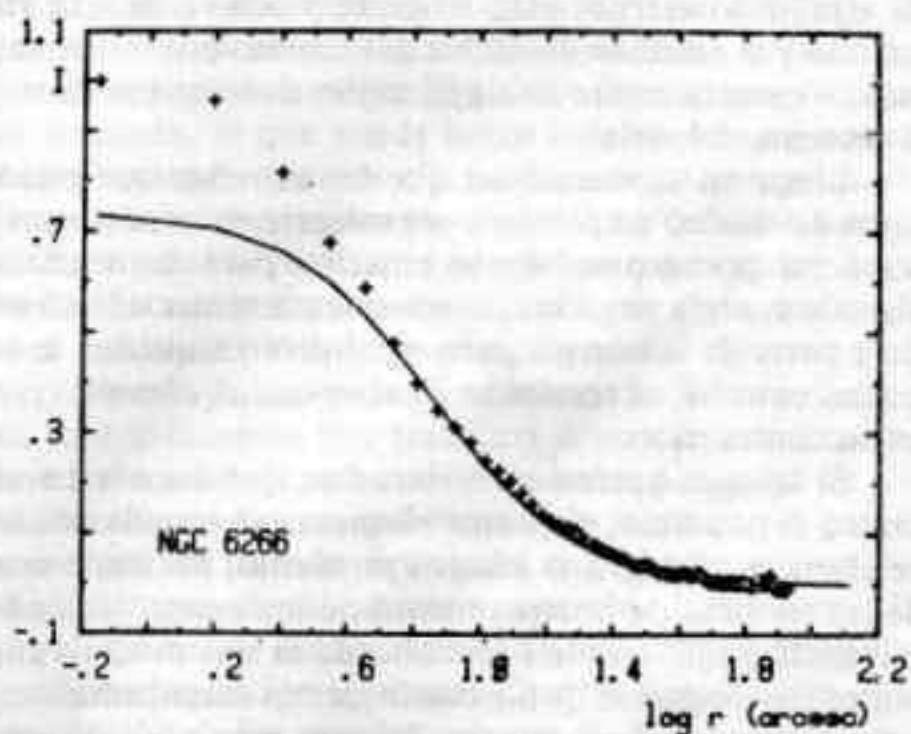


Fig. 4: Idem Fig. 3, pero en escala de brillo lineal; nótese el exceso de la luz en la parte central.

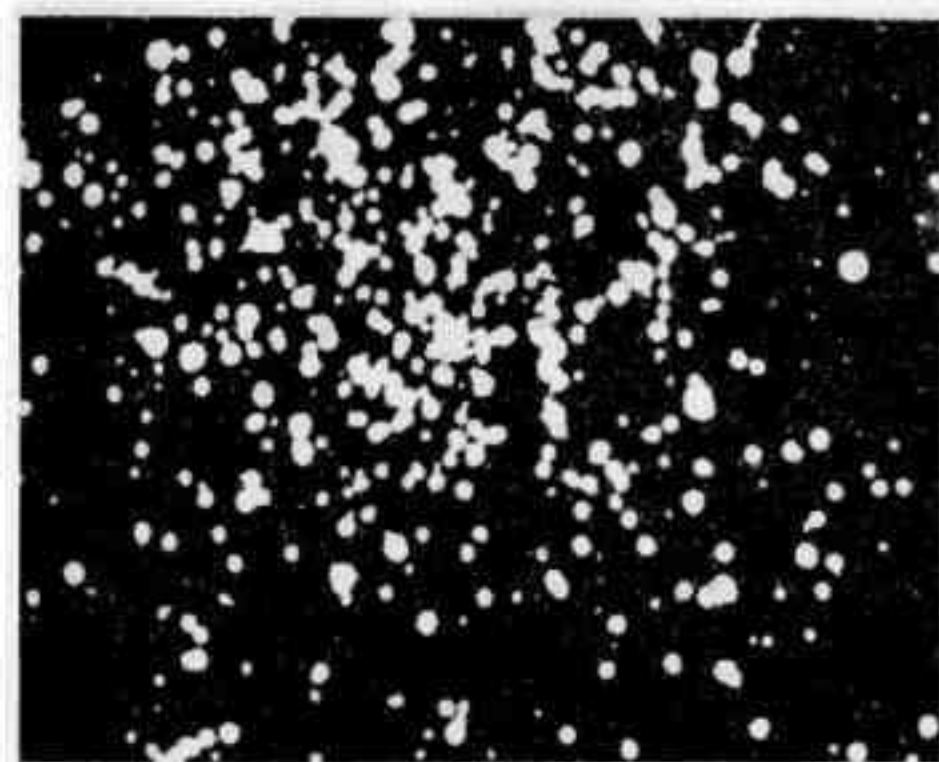


Fig. 5: Apariencia del cúmulo globular NGC 6723 una vez extraído el "background" en forma digital. Las imágenes individuales son principalmente estrellas subgigantes y gigantes.

notarlo; hace alrededor de diez años se halló que M15 presentaba este efecto. Nosotros vimos que de diez cúmulos investigados, en ocho de ellos se presentaba el mismo fenómeno.

¿Cuál es el origen de este exceso de luz en el centro? En un principio se lo relacionó con la presencia de un objeto supermasivo en el centro, un agujero negro o algo que se le parezca, que obliga a las estrellas a concentrarse más de lo que lo haría el potencial gravitatorio de las estrellas solamente. Pero la presencia de un agujero negro se revelaría por emisión de rayos X, lo que no se observa; los cúmulos globulares parecen ser objetos sumamente tranquilos. Se han detectado pulsos de rayos X, pero estos pueden explicarse por la presencia de estrellas binarias en las últimas etapas de su evolución.

Veamos qué pasa en la evolución mecánica de un cúmulo. Las estrellas que lo forman están relativamente lejos unas de otras, pero eventualmente dos de ellas pueden encontrarse e intercambiar energía de movimiento; si esto sucede, alguna de ellas puede salir despedida hacia afuera. Luego, el cúmulo no está en estado de equilibrio eterno, este fenómeno ocurre de vez en cuando y la reacción dinámica del cúmulo es contraerse; esto es esencialmente una aplicación de lo que se llama el teorema del virial.

Llega un momento en que las estrellas que están cerca del núcleo empiezan a organizarse en subsistemas, o sea que primero se forman binarias, para eso necesita algo de energía negativa, o sea que un tercer objeto se lleve parte de la energía para que los otros queden asociados entre sí; el resultado final es que el cúmulo cesa en su contracción.

Si lo que queremos es estudiar qué sucede en el centro del cúmulo, debemos eliminar las estrellas de la periferia, restando una imagen promedio, haciendo uso de las técnicas de procesamiento de imágenes. Una característica interesante e inexplicada es que muchos cúmulos tienen exceso de luz con la misma magnitud absoluta integrada, alrededor de -3,5 con muy poca dispersión.

Y aquí comienza la historia prometida acerca de la famosa polémica. Cuando estábamos trabajando en es-

te problema, extraer la imagen promedio para enfatizar lo que sucede en el núcleo, nos encontramos con algunas sorpresas. Si uno resta el "fondo" del cúmulo, la apariencia cambia en forma notable, y estamos viendo las imágenes individuales de muchísimas estrellas, que son las gigantes y subgigantes rojas (Fig. 5).

Pero así como aparecen zonas donde hay un exceso de luz, también encontramos regiones subluminosas dentro de la estructura del cúmulo (Fig. 6); ¿qué es esto? Básicamente, pueden ser dos cosas: o agujeros en la distribución de las estrellas, o una nube de polvo absorbiendo la luz del cúmulo globular.

La historia acerca de las nubes de polvo en los cúmulos globulares comienza hace más de cien años, cuando Lord Rosse los observa con su gran telescopio de 1,60 m, y dibuja a M13 con una apariencia más o menos normal, pero cruzado con una sombra en forma de Y. Eso quedó siempre como una curiosidad; una posible explicación es la superposición casual de una nube de polvo de la Galaxia. Pero alrededor de 1960, un radioastrónomo, M. Roberts, pensó que había demasiadas de estas estructuras delante de los cúmulos globulares; en ellas había algunas estrellas, que no podían pertenecer a la Galaxia, porque en muchos casos se los observaba en zonas pobres en estrellas: esas estrellas superpuestas debían pertenecer al cúmulo, y las estructuras oscuras estar en el interior de ellos. Sin embargo, no se le prestó mucha atención, y el problema quedó sin resolver.

Hay un escepticismo bastante generalizado entre los astrónomos en torno a la posibilidad de que haya material nebuloso dentro de los cúmulos globulares; pero cuando aplicamos este proceso de sustracción a NGC 362 que está cerca de 47 Tucana, encontramos varias zonas oscuras. Como nosotros impusimos que el nivel de negro de la imagen debía estar diez veces por encima del ruido, podíamos estar seguros que lo que aparecía era una señal verdadera.

Hicimos el cálculo de qué número de estrellas debíamos eliminar para lograr un "agujero" tan oscuro, y resultó una cifra del orden del 80%, algo bastante poco probable, no hay mecanismo capaz de crear un túnel a través del cúmulo de esa magnitud. Se nos ocurrió en-

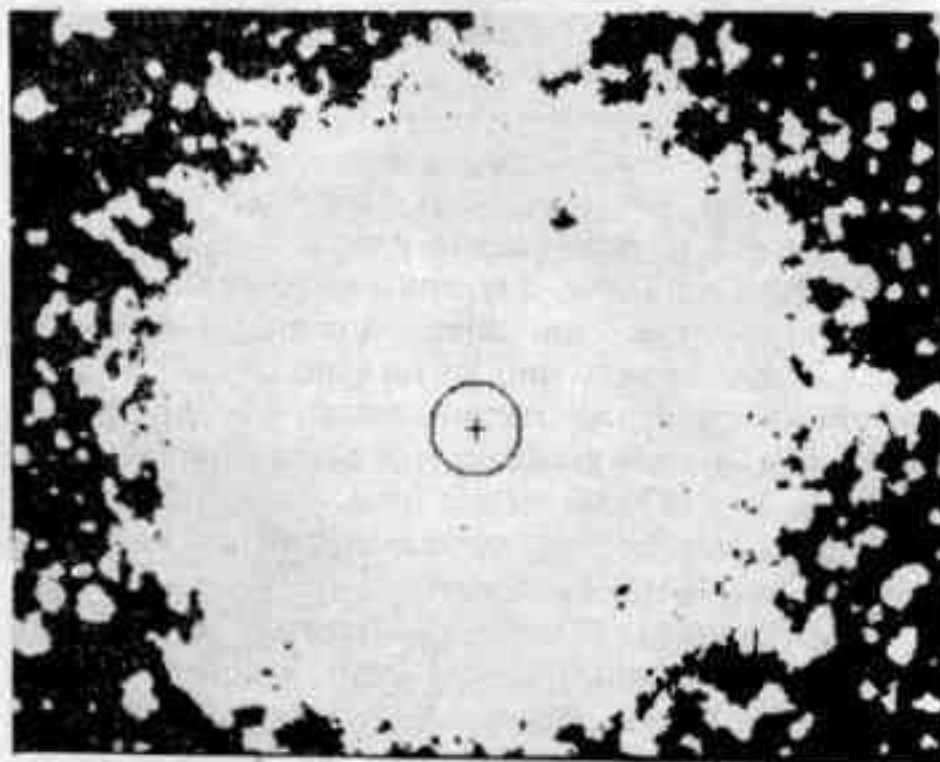


Fig. 6: Imagen compuesta de NGC 6388, uno de los cúmulos globulares más masivos de la Vía Láctea; las pequeñas manchas negras son las nubes a que hace referencia el texto.

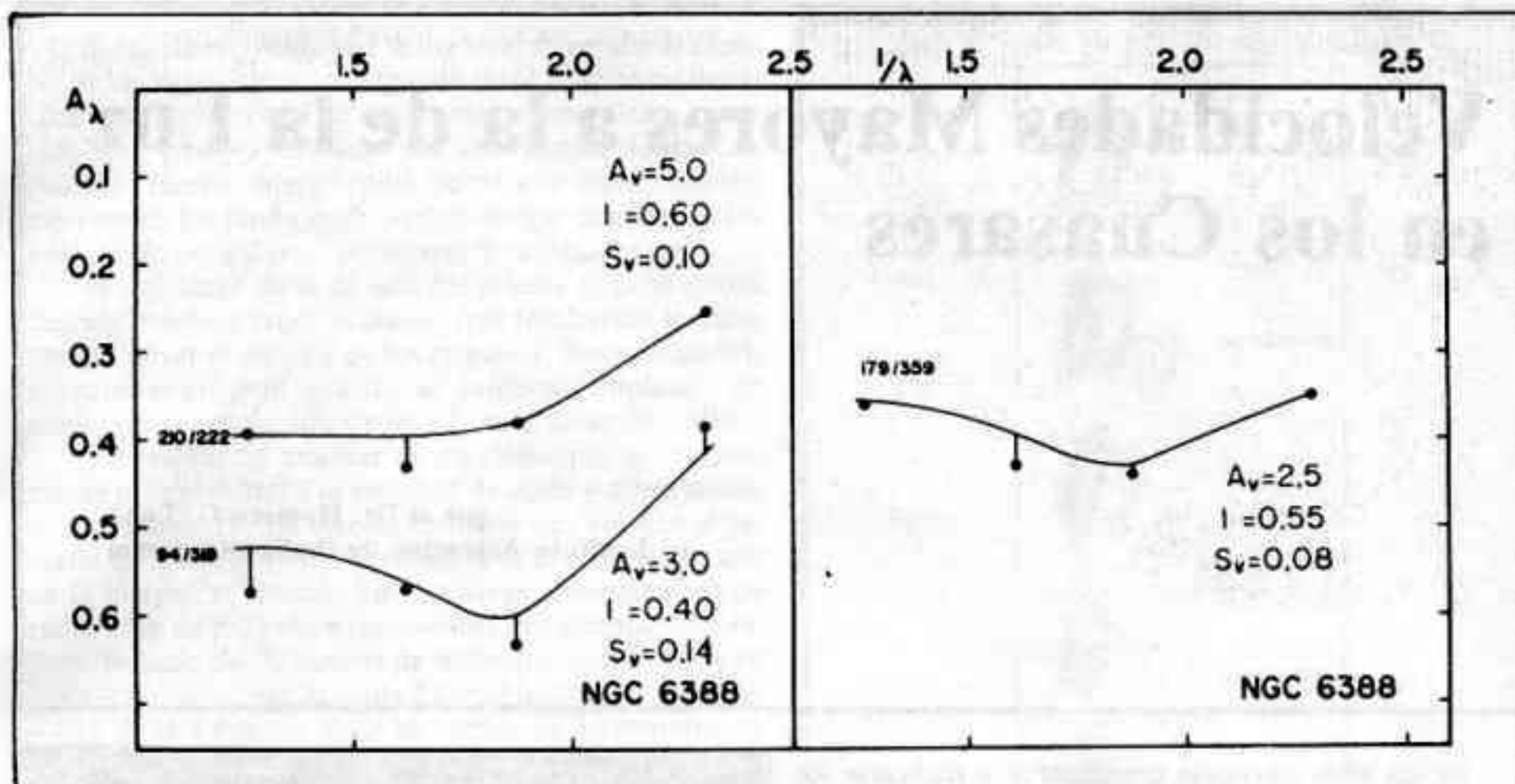


Fig. 7: Comportamiento de la extinción aparente en función de la inversa de la longitud de onda para tres nubes de NGC 6388. Los cuatro puntos por curva

corresponden (de izquierda a derecha) al infrarrojo, rojo, visual y azul. Las curvas continuas son modelos teóricos.

tonces un test sumamente trivial: si la causa fuera polvo, debería ser más transparente a las longitudes de onda más largas, que es el comportamiento típico del material interestelar.

Para verificarlo, usamos cuatro filtros, que permitían fotometrar en tres longitudes de onda del visible y una del infrarrojo. Lo que esperábamos ver, eran curvas normales, típicas, pero en realidad se observó lo que aparece en la Fig. 7, para tres nubes NGC 6388: la extinción en el azul resulta ser menor que en el IR, y de todas maneras con una variación en función de la longitud de onda de poca magnitud.

Esto fue sorprendente para nosotros, completamente diferente de lo esperado; encontrar la explicación nos llevó un tiempo, y es bien obvia: la nube extingue la luz de las estrellas que se hallan detrás de ella, pero no las que están adelante, de manera que una nube de extinción infinita en el medio del cúmulo sólo ocasiona una reducción del 50%; en cuanto a la menor extinción en el azul, ella se debe a que la nube es a su vez iluminada por las estrellas que la rodean, la luz es dispersada, y la eficacia dispersiva aumenta al reducirse la longitud de onda (es el mismo fenómeno que hace azul al cielo diurno). Si las partículas de la nube tienen alrededor de 0,1 micrones, el comportamiento teórico coincide con lo por nosotros hallado; si lo aplicamos a este caso, resulta que es suficiente una nube de cinco magnitudes de extinción, ubicada algo más atrás de la mitad del cúmulo.

La Fig. 6 pertenece a NGC 6388, que es el cúmulo globular más masivo de la Vía Láctea (si exceptuamos Omega Centauri, que parece ser más bien una elíptica enana que un cúmulo), y que contiene la nube más oscura y masiva que hemos encontrado, lo que aparece natural ya que se trata del cúmulo más grande, con suficiente gravedad como para retenerla.

Algunos cúmulos merecen comentarios individuales. NGC 6624 es un cúmulo muy particular, debido a la enorme cantidad de nubéculas que incluye; curiosa-

mente, este objeto contiene en su interior una nebulosa en rápida expansión, como si una nova hubiera explotado; probablemente la interacción de la energía del material eyectado ha producido esos fragmentos sueltos. NGC 6723 es el cúmulo más cercano que hemos observado; debido al gran diámetro angular de la nube que encontramos, pensamos efectuar estudios polarimétricos con el telescopio de 2,15 m de el Leoncito.

Lo interesante es que hemos podido explicar el comportamiento fotométrico de todas las nubes encontradas, en los casos que pudimos medir la extinción. Las estadísticas calculadas nos demuestran que el factor de descubrimiento es del orden del 50%.

El problema que nos queda por tratar es el del origen de estas nubes, y para ello debemos recurrir a las teorías de evolución estelar, que establecen que al llegar a cierta etapa de su vida, las estrellas pasan a la categoría de gigantes, condición en la que suelen perder parte de sus capas más exteriores, expulsando masa hacia el espacio; aproximadamente 10 al 20% del material original es eyectado, el que puede luego condensarse en nubes. Los cálculos que hemos efectuado indican que un cúmulo globular debería contener entre 0,5 y 1 masas solares en forma de polvo, lo que está de acuerdo con lo observado. Estaríamos así en condiciones de decir que tenemos la última palabra en esta polémica.

Pero hay algo que aún no hemos podido explicar, y en lo que tenemos que trabajar: si un cúmulo contiene una masa solar de polvo, debería haber alrededor de 150 masas solares de gas, que es emitido junto con el polvo, y ese gas no ha sido detectado, a pesar de que un radiotelescopio usual debería hacerlo fácilmente. El problema reside entonces en cuál ha sido el mecanismo que le ha permitido al cúmulo librarse de su gas; hay varias posibilidades, y esperamos poder exponerlo en otro artículo, tal vez en un par de años.

¿Quién se atrevería a repetir que los cúmulos globulares son aburridos?

Velocidades Mayores a la de la Luz en los Cuasares

por el Dr. Homero G. Luna
del Instituto Argentino de Radioastronomía

En los años cincuenta comenzaron a realizarse los primeros relevamientos sistemáticos del cielo para detectar la emisión continua en las longitudes de onda de radio. A diferencia de la emisión debida al hidrógeno neutro, que es radiación principalmente de una sola longitud de onda, la emisión continua se detecta en todas las frecuencias.

Se encontró que nuestra galaxia es una fuente importante de emisión continua y, al igual que la emisión del hidrógeno neutro, está confinada especialmente sobre el plano galáctico. En base a su función con respecto a la frecuencia y al hecho de ser polarizada, esta emisión es interpretada como producto de electrones que giran rápidamente alrededor del campo magnético de la galaxia. Este mecanismo de emisión se denomina radiación *synchrotron* y es el responsable de la mayor parte de la emisión continua del universo.

Las primeras observaciones también revelaron que algunas galaxias mostraban una muy fuerte emisión *synchrotron*, y se las denominó radiogalaxias. Lo sorprendente de las radiogalaxias era que esta emisión provenía de dos zonas muy extensas a ambos lados de la imagen óptica. En el momento de su descubrimiento, la naturaleza de estas zonas de emisión no tenía explicación alguna.

Otras radiofuentes, de donde la emisión parecía provenir de un solo punto, no estaban identificadas con nada conocido. Posteriormente, algunas de ellas fueron asociadas a imágenes estelares en las placas fotográficas, lo cual dió origen al descubrimiento de los cuasares.

Los cuasares revolucionaron a la astronomía de la década del sesenta, modificando la concepción que hasta entonces se tenía del Universo. Según la ley de expansión del universo, las velocidades de alejamiento de los cuasares son tales, que resultan los objetos más distantes y que mayor energía liberan en todas las longitudes de onda.

Muchas de sus propiedades observacionales eran inexplicables. Algunos mostraban características espectaculares. Sumamente luminosos, con variaciones de la energía y de la polarización en todo el rango de longitudes de onda.

Como el tamaño de la fuente no puede ser superior

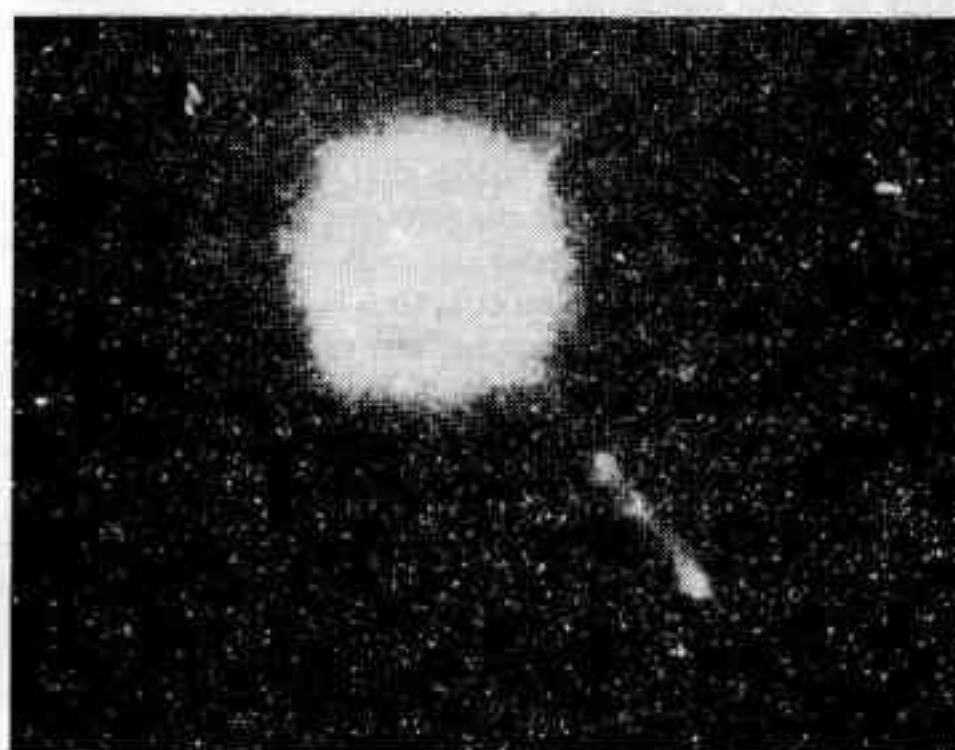
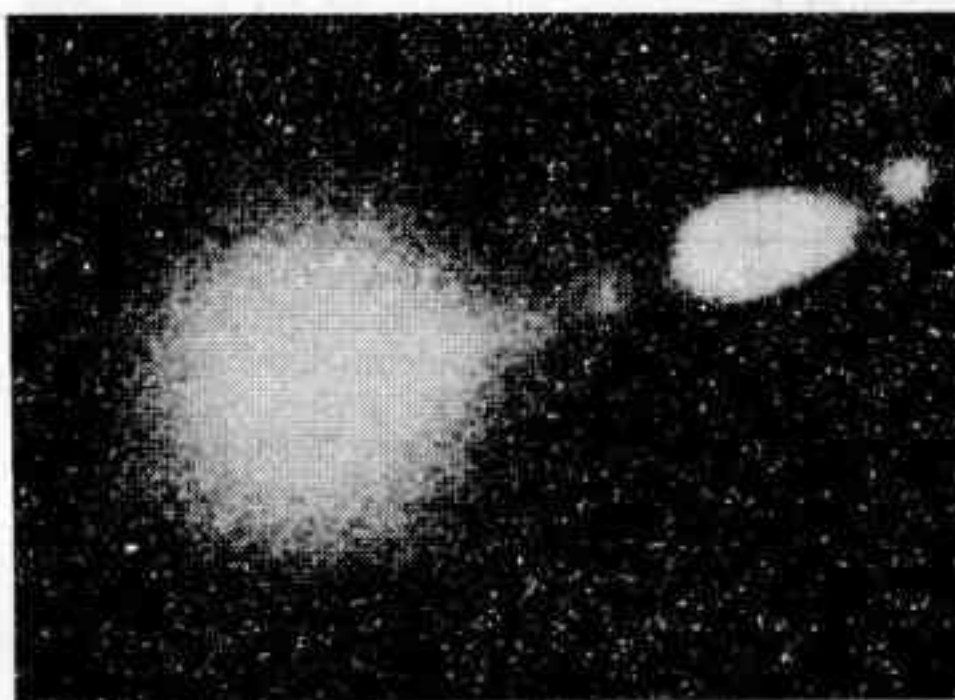


Figura 1

Los cuasares muestran las manifestaciones más extremas de la actividad generada en los núcleos de las galaxias. Estas imágenes evidencian la similitud entre el jet de la galaxia elíptica gigante Messier 87 (arriba) y el jet del cuasar 3C273 (abajo). La fotografía de la galaxia fue tomada con muy poca exposición para revelar la existencia del jet. La de abajo es una fotografía común, en donde puede apreciarse la forma cuadrangular de la imagen del cuasar, típica de las imágenes puntuales.

a la distancia recorrida por la luz en el intervalo de tiempo de las variaciones, en algunos casos el tamaño resultaba tan pequeño que no existía mecanismo físico conocido que pudiera explicar tan alta luminosidad. Los cuasares fueron interpretados como una manifestación extrema de los fenómenos explosivos que ocurren en los núcleos de las galaxias peculiares y radiogalaxias.

A comienzo de la década del setenta se produjeron descubrimientos espectaculares, que resultarían la clave para resolver el enigma de los cuasares. Estos descubrimientos ocurrieron gracias al esfuerzo empleado en aumentar la resolución de las observaciones de radio.

La resolución angular de un telescopio es inversamente proporcional a la longitud de onda y directamente a su diámetro. La resolución tiene que ver con el tamaño de la imagen. Si la resolución es mayor, el tamaño de la imagen es menor. Las primeras observaciones de radio eran de muy poca resolución. Por ejemplo, un radiotelescopio de 30 metros de diámetro que observa en 1420 MHz (longitud de onda 21 cm.) la imagen es del tamaño de la Luna, es decir alrededor de 30 minutos de arco.

Para aumentar la resolución de las observaciones de radio, se construyeron radiotelescopios mayores, y también interferómetros, los que consisten en la unión de varios radiotelescopios, y cuya resolución equivale a la de uno de diámetro igual a la separación.

El mayor interferómetro del mundo está en EEUU. Los astrónomos lo denominan VLA (en inglés Very Large Array) y está integrado por veintisiete radiotelescopios de treinta metros de diámetro cada uno, distribuidos a lo largo de varios kilómetros. Se puede alcanzar una resolución de algunos segundos de arco, es decir la misma que se obtiene en un telescopio óptico. Otros interferómetros consisten de radiotelescopios ligados por microondas, como por ejemplo el de Inglaterra, que equivale a un radiotelescopio casi del tamaño de ese país.

El más extraordinario de los interferómetros se conoce con las letras VLBI (Very Large Baseline Interferometry), y está integrado por una red de radiotelescopios distribuidos en diferentes países y diferentes continentes. Este interferómetro equivale a un radiotelescopio casi del tamaño de la Tierra y alcanza una resolución del milésimo de segundo de arco. La técnica empleada es diferente al de otros interferómetros; los datos se graban en cada estación independientemente y luego se juntan para reconstruir la imagen por medio de un proceso especial.

Los experimentos con el sistema VLBI comenzaron a realizarse a fines de la década del sesenta y tenían como uno de sus principales objetivos el de intentar resolver la emisión puntual que provenía de los cuasares. Los resultados de las primeras observaciones fueron sorprendentes.

En 1971 dos grupos de investigadores anunciaron en forma separada el descubrimiento de que los cuasares 3C273 y 3C279 podían resolverse en dos componentes separadas por solo algunos milésimos de segundo de arco. Las medidas realizadas durante apenas un año mostraban que las componentes se alejaban unas de otras, de modo que las velocidades tangenciales eran varias veces superior a la velocidad de la luz. Un año después se descubrió el mismo fenómeno en el cuasar 3C345 y en el núcleo de la galaxia 3C120.

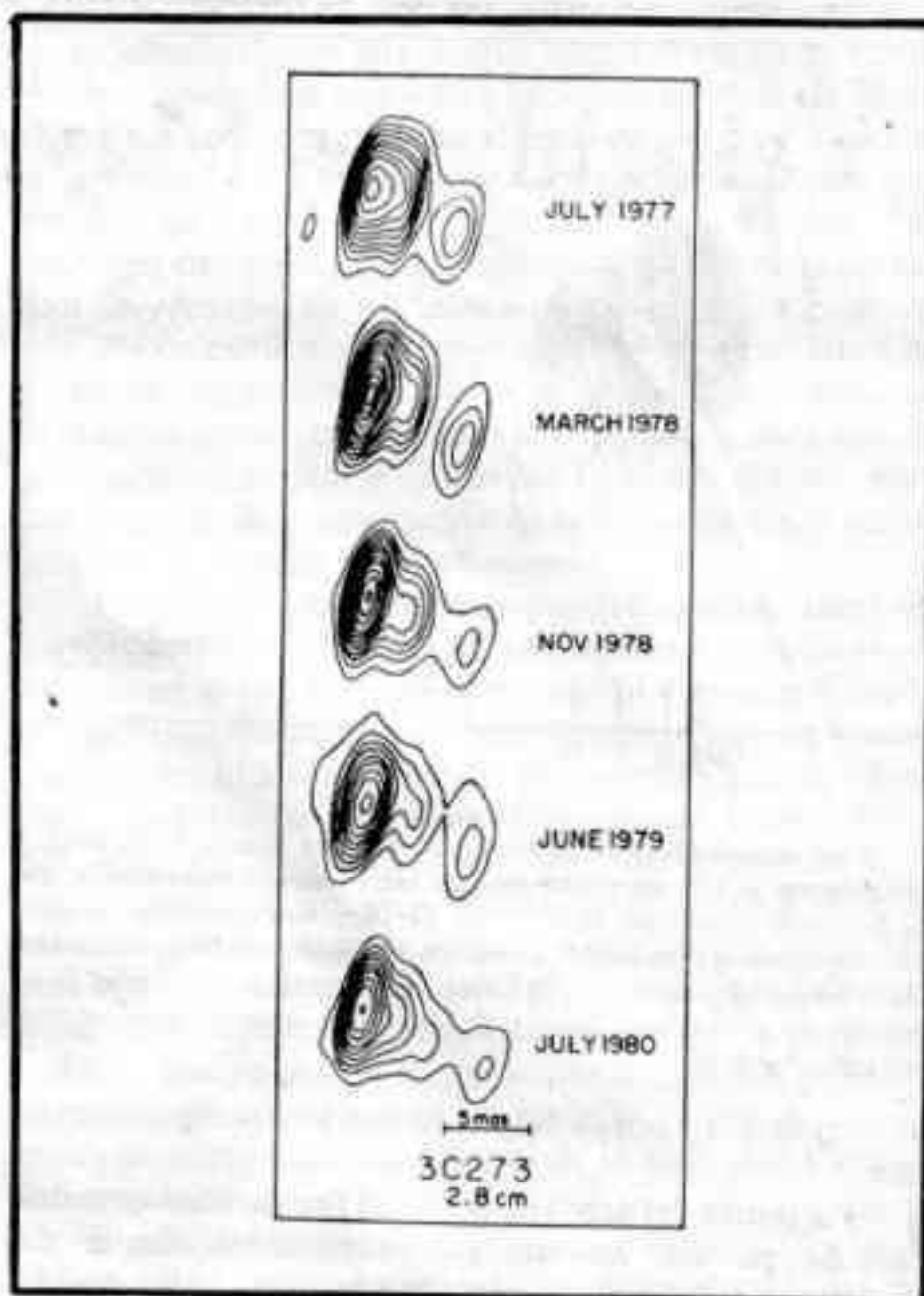


Figura 2

La composición de imágenes del cuasar 3C273, realizadas durante tres años con el sistema VLBI, revela una expansión continua que corresponde a siete veces la velocidad de la luz. Las líneas continuas corresponden a igual intensidad (isofotas). Las imágenes están deformadas debido a que se utilizaron radiotelescopios distribuidos en Estados Unidos y Europa, de modo que la resolución es mayor en sentido este-oeste ($0.001''$ de arco). La dirección del movimiento es coincidente con la del jet óptico (Figura 1).

Como es bien conocido desde que Einstein en 1905 postulara su famosa teoría de la relatividad, los cuerpos materiales no pueden superar la velocidad de la luz. El hecho de que esto no era cumplido por las componentes observadas en los cuasares, dejó perplejo al mundo astronómico de comienzos de la década pasada.

Algunos aseguraban que se estaba ante la primer evidencia de que las leyes físicas conocidas por el hombre son incompletas. Las viejas dudas en torno a la distancia de los cuasares volvieron a evidenciarse, ya que si se suponía eran objetos más cercanos, las velocidades deducidas resultaban menores. Sin embargo, en aquella época existían suficientes argumentos en favor de asegurar que las distancias de los cuasares son cosmológicas, lo cual hoy es aceptado sin ambigüedad.

Desde el descubrimiento de lo que en la actualidad se conoce como velocidades superlumínicas, se han dado diversas interpretaciones para explicar uno de los fenómenos más controvertidos y apasionantes de la astronomía contemporánea.

La primer explicación de las velocidades superlumínicas fue sugerida por sus descubridores. Prudentemente arriesgaron una muy sencilla: las componentes observadas son en realidad muchas, que se "apagan" y se "prenden" independientemente, simulando ser dos cuerpos que se separan. Esta teoría fue llamada del ár-

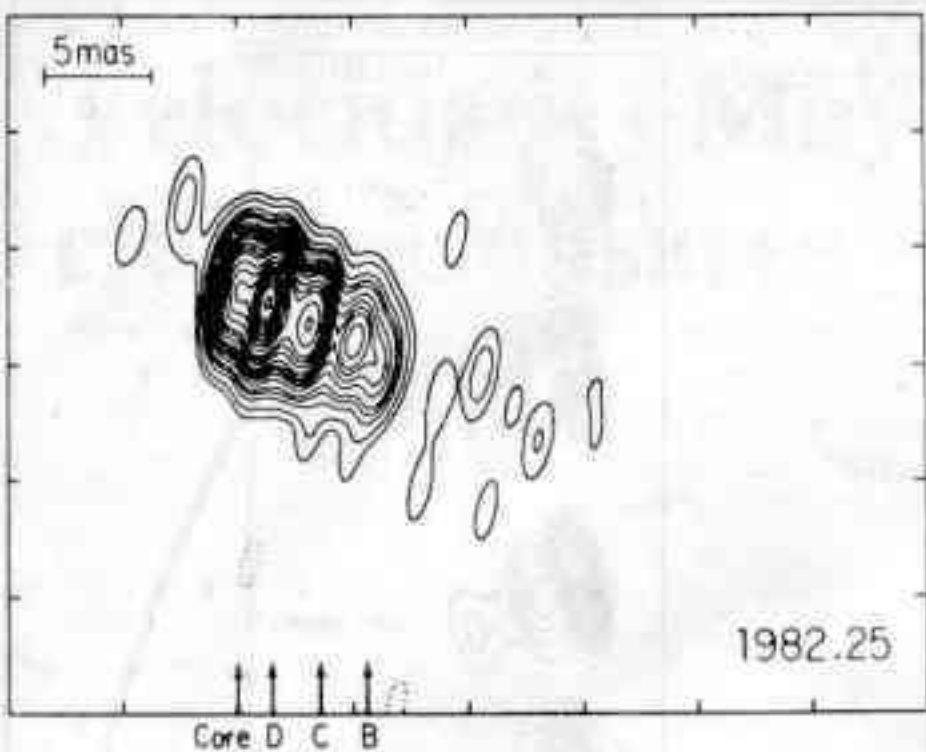


Figura 3

Una imagen obtenida en marzo de 1982 con el sistema VLBI de la radiofuente 3C120, en donde pueden verse cuatro componentes, una de las cuales (izquierda) es el núcleo. De derecha a izquierda, las componentes fueron expulsadas del núcleo en febrero de 1980, noviembre del mismo año, y junio de 1981, respectivamente. La velocidad de expansión es similar para todas y de aproximadamente cuatro veces la velocidad de la luz.

bol de navidad por la similitud con la descripción anterior.

La teoría del árbol de navidad fue rápidamente descartada ya que las observaciones subsiguientes demostraron que la expansión era continua, con velocidades constantes y en una misma dirección. Más aún, varios cuasares mostraron nuevas componentes en la misma dirección de movimiento de las anteriores. La teoría del árbol de navidad predecía, como es claro, que no habría tales efectos, sino que las componentes aparecían al azar, en cualquier dirección, y admitía también movimientos de contracción.

Posteriormente se realizaron modelos en los cuales se incluyeron los efectos de pantalla. En estos modelos las componentes son el resultado de una interacción en lugar de un cuerpo material, producto de una onda de choque o electromagnética. Es bien conocido el ejemplo de una linterna iluminando una pared, donde la velocidad de rotación de la linterna, que es el cuerpo material, nada tiene que ver con la velocidad de la mancha de luz en la pared.

A medida que fueron obteniéndose datos observacionales, se descubrieron otros objetos con velocidades superlumínicas, encontrándose ciertas propiedades que eran comunes a todos ellos. En la actualidad se conocen más de una docena de casos. En ninguno se ha detectado componentes moviéndose en sentido opuesto a las ya observadas. Los mapas de alta resolución muestran siempre la estructura de un núcleo brillante y una o varias componentes en una misma dirección y sentido, y con velocidad constante. La distribución espectral es diferente para el núcleo y las componentes, pudiéndose explicar como de radiación synchrotron.

Estas propiedades no pueden ser explicadas en su totalidad por los modelos de pantalla que, por otra parte, predicen que en general deberían observarse movimientos acelerados.

Otra de las explicaciones de las velocidades superlumínicas es la de la lente gravitacional. Aquí las diferentes componentes son imágenes de un mismo cuerpo,

producto de que en la línea de la visual habría otro, responsable de la lente.

De la misma manera que la luz se desvía de su trayectoria cuando atraviesa un vidrio, también lo hace cuando pasa por la cercanía de una masa. Las leyes de la relatividad general predicen que la luz se intersecta detrás de la masa en una línea focal, y no en un punto, originando dos imágenes que pueden moverse con una velocidad aparente mayor a la de la luz, dependiendo de la velocidad relativa entre ambos cuerpos.

La teoría de la lente gravitacional no puede explicar la diferencia espectral entre el núcleo y las demás componentes, y peor aún, predice rotaciones de las dos imágenes, lo cual no es detectado en ningún caso observado.

La explicación que se acepta actualmente, es la que supone que las componentes son cuerpos que se mueven hacia el observador con velocidades muy próximas a la velocidad de la luz. En este caso tenemos la ilusión de observar velocidades superiores a la de la luz. El porque de esto es muy sencillo de entender y se basa en el hecho de que la velocidad de la luz no es infinita. Con un ejemplo puede verse fácilmente.

Supongamos que queremos medir la velocidad de un automóvil que se aproxima hacia nosotros. El automóvil se encuentra en la posición x_0 en el instante t_0 ; la luz transmite este dato a velocidad c llegando a nosotros



Figura 4

Simulador de una lente gravitacional. El dibujo de un círculo sobre un papel blanco se descompone en dos imágenes, como las que se ven en la figura, cuando atraviesa una lente cuya forma es semejante a la de un pie de copa. El movimiento horizontal de la lente produce variaciones de la separación de las imágenes y rotaciones. La lente fue construida en el Laboratorio de Óptica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.

en el instante t_1 , cuando el automóvil está en la posición x_1 , lo cual es transmitido a nosotros en el instante t_2 . Erróneamente, tomamos la velocidad del automóvil como $x_1 - x_0$ dividido $t_2 - t_1$, cuando en realidad debería ser $t_2 - t_0$.

Los intervalos de tiempo no son iguales; la diferencia es lo que emplea la luz en recorrer la distancia $x_0 - x_1$. Es inmediato llegar a la expresión $v = V/(1 - V/c)$, donde v es la velocidad observada y V es la velocidad real. Si la real es comparable a la velocidad de la luz, la observada puede ser ilimitada. Este efecto es nulo cuando el movimiento es perpendicular a la línea de la visual.

Esta explicación de las velocidades superlumínicas fue tomada muy en serio desde comienzos de esta década, cuando los astrónomos se dieron cuenta que también de esta manera podían entenderse otras propiedades de los cuasares, y englobar en un único esquema muchos de los fenómenos observados también en galaxias peculiares y radiogalaxias.

En la actualidad, se cree que desde el centro de las galaxias se expulsa gran cantidad de materia en forma de jets a muy alta energía, en una dirección y en dos sentidos opuestos. En el lenguaje científico se los conoce como jets ultrarrelativistas.

La luz es enfocada y amplificada en la dirección y

en el sentido de los jets. Según como el eje de eyección esté orientado con respecto a nosotros se observan diferentes propiedades. Así los objetos cuyo eje de eyección es próximo o coincidente con la visual, muestran los efectos de expansión superlumínica, rápidas variaciones de brillo y alta luminosidad. Los restantes serían objetos que no presentan características violentas.

Puede explicarse también el porqué en los mapas de VLBI, las componentes con velocidades superlumínicas se mueven en un solo sentido. Las que están dirigidas en sentido opuesto son muy débiles para detectarlas, porque el efecto de la aberración de la luz aumenta la intensidad en el sentido del movimiento.

Los jets ultrarrelativistas pueden explicar también los lóbulos extendidos de las radiogalaxias, como el resultado en gran escala de la expulsión de materia desde el núcleo. Observaciones interferométricas realizadas durante los últimos años han demostrado que los lóbulos extendidos de todas las radiogalaxias están unidos por delgados filamentos que parten desde el centro.

La observación de velocidades mayores a la de la luz en los cuasares es la única prueba directa de la existencia de jets ultrarrelativistas y por lo tanto, indispensable en el esquema mencionado más arriba. Resulta paradójico que lo que en un principio fue considerado como un hecho observacional indeseado, hoy es entendido como una consecuencia natural de la actividad nuclear de las galaxias.

En 1983, durante el Simposio número 110 que la Unión Astronómica Internacional organizó en Italia, especialmente sobre este tema, la noticia de que las componentes de una radiofuente no observada hasta entonces, mostraba velocidades de contracción, amenazó derrumbar toda la hipótesis de los jets, y paralizó a la concurrencia allí presente. Afortunadamente fue una falsa alarma, ya que observaciones recientes demostraron que las componentes en realidad se mantienen en una posición fija.

La cuestión, sin embargo, no termina de resolverse. Ahora la pregunta es por qué existen jets en los núcleos de las galaxias, y que es lo que origina tremenda liberación de energía en una región tan pequeña del espacio.

Parece ser que la única posibilidad es la de un agujero negro.

Trabajos teóricos modernos predicen que el colapso de materia en el campo gravitatorio del agujero negro origina la formación espontánea de los jets en el sentido de rotación del agujero. Lo increíble es que para dar cuenta de la alta energía observada, el agujero negro debe ser de miles de millones de masas solares. Esta explicación, sin embargo, no es fácil de ser comprobada experimentalmente, y las especulaciones teóricas parecen estar a la espera de nuevas evidencias observacionales.

No deberemos esperar mucho tiempo para ser testigos de nuevos descubrimientos, cuando pueda resolverse directamente el núcleo de los cuasares más brillantes, con el sistema VLBI satelitario. El sistema VLBI satelitario, también llamado QUASAT, es un proyecto internacional que prevee, en poco tiempo más, lanzar al espacio radiotelescopios diseñados especialmente, con el objeto de conformar un interferómetro gigante de varios diámetros terrestres. Como hace quince años, cuando se obtuvieron las primeras observaciones de VLBI, las consecuencias que traerán los resultados obtenidos con los radiotelescopios orbitales son impredecibles.

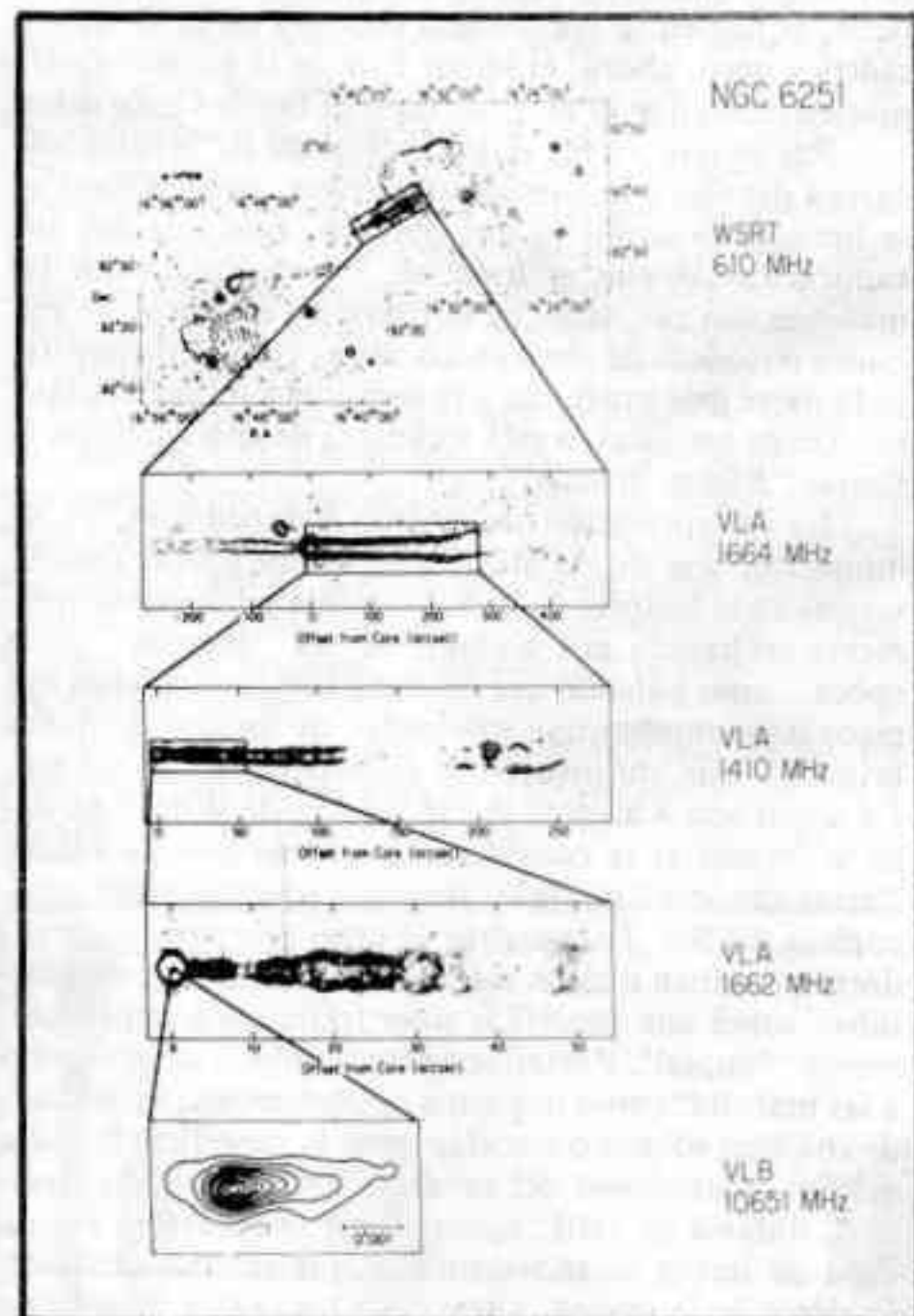


Figura 5

Composición fotográfica de la radiogalaxia NGC 6251, en la cual se demuestra que los lóbulos extendidos de emisión continua de radio son la consecuencia del flujo de materia proveniente del núcleo. Los mapas fueron obtenidos con diferentes sistemas instrumentales aumentando la resolución desde arriba hacia abajo. Puede verse el extraordinario alineamiento del jet a lo largo de toda la galaxia.

El efecto "Wilson"

por el Dr. Angel Papetti.

Aun los principiantes en la observación solar advierten pronto el cambio de forma de las manchas a medida que transitan por el disco aparente del Sol como resultado de la rotación del mismo, cambio de forma que es consecuencia, evidentemente, de un efecto de perspectiva al proyectarse las manchas bajo distintos ángulos al observador.

Así, por ejemplo, si para esquematizar esas apariencias, imaginamos una mancha de contorno circular, se presentará como una línea al aparecer por el borde Este del Sol y se convertirá en los días subsiguientes en elipses cuyo eje menor, orientado según un paralelo solar, irá progresivamente aumentando, mientras que el mayor, a lo largo de un meridiano heliográfico, se mantendrá de dimensiones invariables. De ese modo, al proyectarse la mancha sobre el meridiano central del Sol, su contorno será tanto más circular cuanto más próxima se encuentre al centro del disco. Al seguir luego la mancha su trayectoria hacia el borde Oeste del Sol arrastrada por la rotación del mismo, las sucesivas apariencias se invertirán si la vida de la mancha es suficientemente prolongada.

El primer registro conocido de estas apariencias se atribuye a Domingo Cassini, que las observó el 13 de Agosto de 1671, según consta en una Memoria que presentó a la Academia de Ciencias de París en la cual, no solo consignó los cambios que hemos descripto, sino que también comentó que, al desplazarse la mancha observada hacia el borde Oeste, su penumbra parecía contraerse en el sentido de su desplazamiento.

En el mes de Diciembre de 1719, Santiago Cassini o Cassini II, hijo del anterior, observó una mancha tan grande que, cuando estuvo cerca del borde solar, "produjo una excavación". Por lo que parece, ninguno de los Cassini ni de los astrónomos de la época intentó, entonces, explicar las apariencias observadas.

El 22 de Noviembre de 1769 un médico escocés observó desde Glasgow una gran mancha que, por otra parte, resultaba visible a simple vista y cuyo aspecto cambiaba de un día a otro de modo muy notable y particular. A esta primera observación de Wilson siguieron otras, realizadas todas desde Glasgow, que, básicamente, presentaron secuencias similares que podían sintetizarse en la siguiente descripción (*Fig. 1*): cuando la mancha aparecía por el borde Este del Sol, el núcleo de la misma era excéntrico con respecto a la penumbra y,

precisamente, el sector de penumbra próximo al limbo. Este solar era más extenso que el opuesto que, a veces, resultaba totalmente invisible. Después de una semana, cuando la mancha proyectaba en las proximidades del meridiano central, el núcleo y la penumbra eran sensiblemente concéntricos. Después de aproximadamente otra semana, cuando debido a la rotación del Sol la mancha se encontraba próxima al borde Oeste del mismo, se presentaba un fenómeno opuesto al descripto, es decir, el núcleo se encontraba otra vez en posición excéntrica pero, ahora, el sector Este de la penumbra era más estrecho que el más próximo al borde Oeste solar.

Por lo que parece, esta descripción de Wilson solo agrega detalles a la anterior de Cassini; pero Wilson no se limitó a describir lo que observó, sino que dió una explicación de esas apariencias, interpretando que las manchas son cavidades de la fotosfera en forma de embudos o troncos de cono en los cuales el núcleo constituye la parte más profunda y la penumbra un declive lateral. Desde entonces, a esta secuencia de apariencias se la llama: "Efecto Wilson".

La interpretación de Wilson desencadenó, en su momento, una de las más ásperas y duraderas controversias en la historia de la Astronomía y fué vehementemente rechazada por algunos de los "grandes" de la época, como Lalande que opinaba que las manchas son picos de montañas que sobresalen de un mar de nubes brillantes que constituyen la superficie visible del Sol. La resistencia a aceptar la explicación de Wilson no debe asombrar si se consideran las ideas que ya venían "arrastrándose" desde las primeras observaciones telescópicas del Sol. La mayoría de estos primeros observadores pensaban que las manchas eran nubes que transitaban sobre una superficie solar tranquila e impecablemente "limpia". Posteriormente, también se interpretó a las manchas como impactos de meteoritos, eyecciones de volcanes solares o escorias sobre la superficie fundida del Sol. Astrónomo del prestigio de Sir William Herschel, todavía en 1801, opinaba que la fotosfera es una capa de nubes incandescentes y que las manchas son agujeros de la misma, a través de los cuales vemos una superficie solar inferior, más fría y oscura, que probablemente está habitada por seres cuyos organismos se han adaptado a las condiciones físicas allí reinantes.

El "efecto Wilson" fué estudiado prolija y metódicamente durante todo el siglo pasado y las primeras de-

cadras del presente con resultados contradictorios pero que, en su mayoría, parecieron confirmar la interpretación del médico escocés.

Warren de la Rue, Balfour Stewart, Loewy, Secchi, Tacchini, Chevalier y Hale, entre otros, se ocuparon de este problema. El primero de los nombrados, en 1859, examinó con el estereoscopio fotografías de manchas tomadas con 26 minutos de intervalo, y, de 694 manchas analizadas, encontró que el 78% se presentaban como depresiones de la fotosfera y el 22% estaban en su mismo nivel. E. Stephani, en 1907, también mediante estudios estereoscópicos, llegó a la conclusión que, en un mismo grupo de manchas, algunas estaban por encima y otras por debajo del nivel de la fotosfera. Conviene aquí advertir que los resultados obtenidos con el estereoscopio están afectados por cierta subjetividad y, por lo tanto, deber ser considerados con precaución. En fin, Hale estimó más probable que, aun estando el núcleo por debajo del nivel de la penumbra, su nivel es, no obstante, superior al de la fotosfera.

Si las manchas son depresiones de la fotosfera en forma de cono y la penumbra constituye la superficie lateral de éste, midiendo la extensión angular de la penumbra cuando una mancha se encuentra en el centro del disco solar y conociendo luego el ángulo al centro del Sol de esa mancha cuando desaparece la parte de su penumbra más alejada del limbo, puede calcularse por simple trigonometría la profundidad de la mancha. (1)

Esto es, precisamente, lo que hicieron algunos de los astrónomos ya mencionados, comenzando por Wilson, con resultados completamente discordantes. Mientras que Wilson calculó profundidades que llegaban hasta 3000 Km., el Padre Chevalier, en 1919, indicaba que ellas raramente superaban los 700 Km., y otras determinaciones posteriores arrojaron profundidades de apenas unos 50 Km.

En síntesis, hasta hace una veintena de años, se consideraba que ciertas manchas, tal vez la mayoría, son reales depresiones de la fotosfera, de profundidades muy variables, mientras que el nivel de otras no difiere mayormente del de la fotosfera. Se aceptaba, por consiguiente, que en las manchas que presentaban el "efecto Wilson", éste quedaba explicado por la estructura geométrica de las mismas.

Pero en los últimos 20 años la Física Solar ha progresado enormemente gracias, fundamentalmente, a los vehículos espaciales y al estudio detallado y sistemá-

tico de las diferentes manifestaciones de la actividad del Sol. Podemos, así, decir que en estas dos últimas décadas hemos aprendido sobre el Sol más que en todo el lapso anterior desde la invención del telescopio.

Al respecto, recordemos, particularmente, la Operación Skylab que se desarrolló desde Mayo de 1973 hasta Febrero de 1974, tripulada por tres diferentes equipos de científicos y astronautas, llevando a su bordo una batería de 8 telescopios solares e instrumentos menores que pesaban, en total, más de 900 Kg. Durante su periodo operativo, el Skylab describió 3900 órbitas alrededor de la Tierra a una altura promedio de 435 Km., es decir, prácticamente en la Exosfera. Pudo estudiarse, así, la emisión del Sol en regiones de su espectro inaccesibles desde niveles más bajos, que se origina en las capas más activas de la atmósfera solar: la alta cromosfera, la corona y el estrato de transición entre ambas.

Recordemos, también, los satélites norteamericanos de la serie OSO (Orbiting Solar Observatory), en particular el OSO 7 (1971-74) y el OSO 8 (1975-78), que permitieron por primera vez alcanzar desde el espacio resoluciones de imagen de 1 segundo de arco. Más recientemente, otro operativo similar en equipo al del Skylab, conocido como: SMM (Solar Maximum Mission), se lanzó en 1980 en ocasión del último máximo del ciclo de actividad solar. Uno de los instrumentos que equipan la SMM, el ACRIM, está midiendo la intensidad de la energía emitida por el Sol en diferentes rangos de su espectro, lo que permite calcular la llamada: "constante solar" que, hasta comienzos de 1985, parecía estar experimentando una disminución anual de 0,018%.

Por otra parte, estudiando las características observacionales de las manchas, por ejemplo, sus propiedades radiativas en función de sus distancias angulares al centro del disco solar, se pueden deducir algunas informaciones sobre ciertos parámetros físicos de esas manchas. Resulta, así, tal vez contrariamente a lo que indicaría nuestra intuición, que la transparencia de la atmósfera solar sobre el núcleo de una mancha es mayor que sobre su penumbra, la cual, a su vez, es mayor que la transparencia de la fotosfera. Esa menor opacidad del núcleo de las manchas permite penetrar sobre el mismo, mediante la observación visual o fotográfica, a profundidades mayores que en la fotosfera no perturbada. Se sabe que las mayores profundidades fotosféricas de las que recibimos directamente energía radiante no superan los 500 Km.; en cambio, dentro del núcleo, podemos

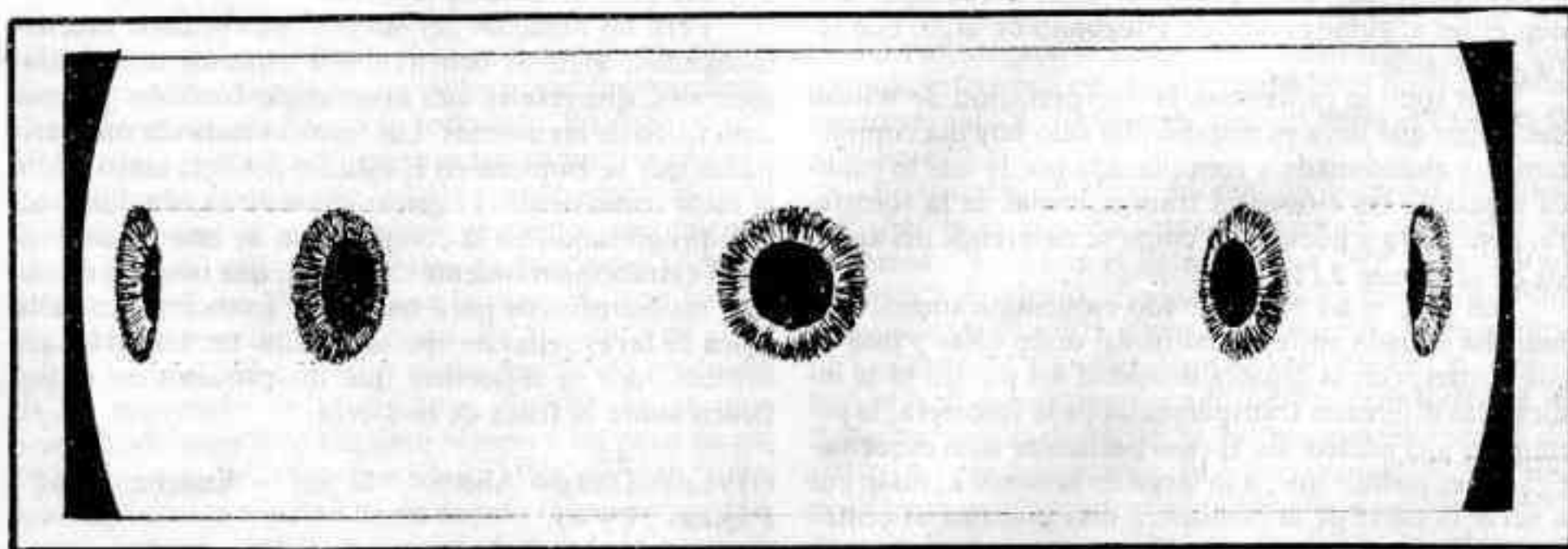


Figura 1

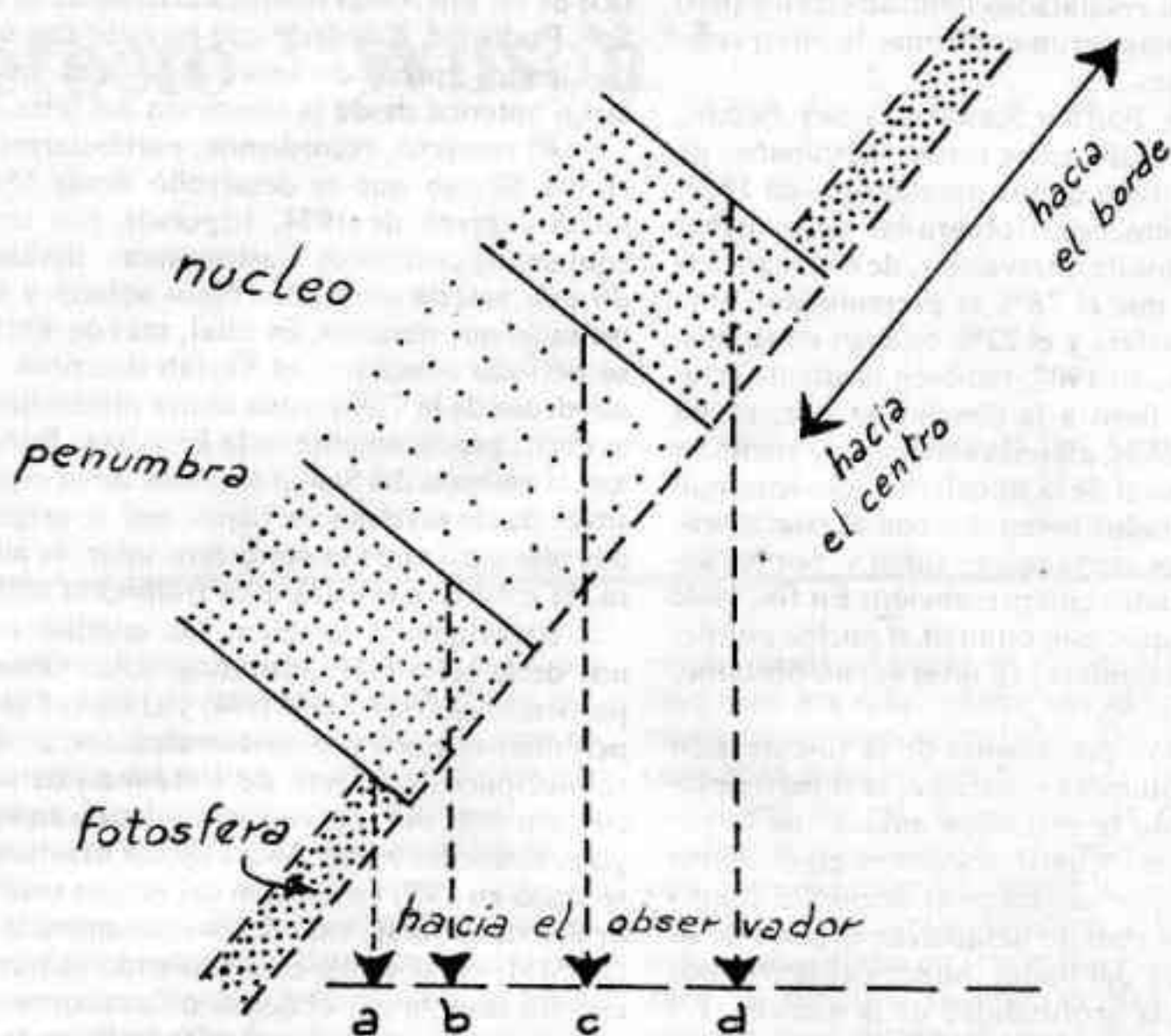


Figura 2

observar o fotografiar algunos detalles hasta unos 2000 o 3000 Km. Sin extendernos sobre el particular, porque no es el objeto del presente artículo, digamos que, con exposiciones suficientemente prolongadas, pueden fotografiarse en el núcleo de las manchas estructuras similares a las de la granulación fotosférica, así como fenómenos brillantes que duran algunas decenas de minutos y de muy pequeño diámetro, unos 150 Km.

Además, las más prolijas observaciones del borde solar realizadas en las últimas décadas con las mejores imágenes telescópicas, no confirman la existencia de depresiones asociadas a las manchas, ni aún en las mayores. Tengamos en cuenta que una supuesta depresión fotosférica de unos 800 Km., valor que, según el Padre Chevalier, correspondería al promedio de las profundidades calculadas, debe presentar en el borde solar una depresión angular mayor de 1 segundo de arco, que sería detectable.

Por todo lo expresado, la interpretación de Wilson del efecto que lleva su nombre, ha sido hoy día completamente abandonada y reemplazada por la que lo explica mediante las diferentes transparencias de la fotosfera, penumbra y núcleo, tal como se desprende del análisis de la Figura 2.(2)

En ella, se ha representado esquemáticamente una mancha situada entre el centro del disco solar y uno de sus bordes; con la distinta densidad del punteado se indican las diferentes transparencias de la fotosfera, la penumbra y el núcleo. En el caso particular aquí esquematizado, es posible que, a lo largo de la visual a, no llegue a verse la parte de la penumbra más próxima al centro del disco solar, dada la gran opacidad de la fotosfera; en cambio podrá, tal vez, en la dirección b, observarse par-

te de esa penumbra, así como también el núcleo de la mancha, por la mayor transparencia de la penumbra. Según la visual c, es muy probable que ya pueda distinguirse la parte de la penumbra más próxima al limbo, dado que el núcleo es aún más transparente que la penumbra; obviamente, también a lo largo de d podrá verse esta porción de la penumbra. Resulta, así, que las fracciones de penumbra de esta mancha más próxima y más alejada del centro del disco solar, se observarán desde la Tierra, respectivamente, según las proyecciones ab y cd que, evidentemente, son desiguales.

Queda, así, explicado el efecto Wilson en base tanto a resultados observacionales como a mediciones recientes, sin recurrir a la estructura geométrica de las manchas. Este problema solar, por lo menos, parece hoy día definitivamente resuelto.

Pero las manchas del Sol plantean todavía muchas incógnitas; algunas conciernen a aspectos tan fundamentales, que resulta aún aventurado formular un modelo físico de las mismas. Las técnicas cada día más refinadas que se emplean en el estudio del Sol, tanto desde el suelo como desde el espacio, permitirán, sin duda, seguir progresando en la comprensión de una fenomenología extraordinariamente compleja, que interesa no sólo a los astrofísicos para un mayor conocimiento de la física de las estrellas de tipo solar, sino también a los geofísicos, por la influencia que los procesos en el Sol tienen sobre la física de la Tierra.

(1) Véase: Giorgio Abetti - "El Sol" - Eudeba - 1962 - Páginas 39 y 40.

(2) Adaptada de R.J. Bray y Loughhead - Sunspots - Chapman and Hall - London - 1964.

Cálculos de Cosmografía

CAMBIO DE COORDENADAS

Por Alejandro Eduardo Russo

Introducción:

Como podrá notar en la siguiente introducción, el autor ha redactado este artículo especialmente para aquellas personas cuyos conocimientos de Trigonometría y Cosmografía sean prácticamente nulos. Por ende, su deseo más ferviente es que las mismas puedan encontrar en estas líneas una base para iniciarse en los cálculos que versa este artículo.

Antiguamente, hace más de 2000 años, con excepción del Sol, la Luna y los 5 Planetas (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, dado que no existían instrumentos ópticos en aquella época como para poder distinguir entre las miríadas de estrellas el resto: Urano, Neptuno y Plutón, debido a su escaso brillo) los griegos imaginaban que todos los astros se encontraban a una distancia desconocida de la Tierra, fijos sobre una superficie esférica y rígida denominada "esfera celeste" (véase "Historia de la Astronomía" por Miguel Ruffo, en Revista Astronómica N° 234 y 240). En la actualidad este concepto es completamente absurdo pero, a pesar de ello, resulta conveniente para designar la posición de un objeto en el cielo. En efecto, así como en la superficie terrestre se utilizan las coordenadas geográficas (latitud y longitud) para fijar la situación de ciudades, barcos, etc., se han ideado, para el cielo, 5 sistemas de **coordenadas celestes** para el fin ya mencionado, pero de los cuales uno depende del tiempo y de la ubicación geográfica del observador, otro varía por acción de la rotación terrestre y otros por influencia gravitacional del Sol, la Luna y los planetas. Por estas razones, es muy frecuente, en problemas de Astronomía, la conversión de un sistema de coordenadas celestes a otro. Este tipo de cálculo puede resolverse con el estudio del triángulo astronómico (triángulo de posición o triángulo náutico, que se describirá más adelante) y dicho estudio puede realizarse mediante la aplicación de las fórmulas fundamentales de la **trigonometría esférica**.

Es entonces la Trigonometría, como puede apreciarse, la parte de las Matemáticas que estudia la resolución de triángulos mediante el cálculo. Desde ya, aclaro que es menester la utilización de una calculadora científica, microcomputadora o en todo caso, las conocidas "tablas trigonométricas", que pueden adquirirse en cualquier librería a un precio relativamente económico. Si decidiera comprar este último elemento, recomiendo una: tabla de valores naturales de funciones trigonométricas de 1' en 1', dado que la precisión con la cual operaremos será, como mínimo, de 1 minuto de arco, que es la precisión que exige cualquier círculo graduado de un telescopio de aficionados. Su uso no es muy complicado pues solo requiere tiempo y un poco de paciencia en buscar lo que se necesita. Por ejemplo, si deseamos hallar la **función de un ángulo (θ)** menor de 45° , la misma se encuentra en la intersección de la columna encabezada por el nombre de la función (parte superior)

con la fila del número de grado y minutos de dicho ángulo a la izquierda; pero si es mayor de 45° , el nombre de la función se busca en la parte inferior y la fila del número de grado y minutos a la derecha de la tabla.

Evidentemente, con una calculadora científica nos ahorramos todo este trabajo.

En el presente artículo, me limitaré a describir en forma concisa cada uno de los sistemas de coordenadas celestes, a suministrar las ecuaciones que nos permiten el pasaje entre ellos y a explicar algunos detalles que presentan.

Sistemas de coordenadas

Como ya se explicó anteriormente, existen 5 sistemas de coordenadas celestes, los cuales se pasan a describir a continuación. El sistema horizontal adopta como coordenadas a la altura h , que se mide desde el horizonte del observador hasta el cenit Z (punto situado en la bóveda celeste exactamente sobre la cabeza del observador), de 0° a 90° , (+) sobre el horizonte y (-) por debajo de él, y al azimut A , medido sobre el horizonte, desde el punto cardinal Sur y en dirección hacia el Oeste, de 0° a 360° . Adelantándonos a las próximas coordenadas, conviene recalcar que el meridiano del observador es el círculo máximo que contiene al cenit y que corta al horizonte en los puntos cardinales Norte y Sur.

Si imaginamos la proyección del Ecuador y los polos terrestres en la esfera celeste, tendremos un Ecuador Celeste y polos Norte y Sur Celeste donde, en estos dos últimos, todos los astros giran aparentemente en torno a ellos. La altura h de los polos celestes en dirección a su correspondiente punto cardinal es igual a la latitud del lugar. El sistema ecuatorial local adopta: la declinación δ (delta), medida desde el Ecuador hasta los polos celestes, de 0° a 90° , (-) en el hemisferio sur y (+) en el norte, y el ángulo horario t , sobre el Ecuador Celeste, desde el semimeridiano que contiene al cenit (meridiano local) hacia el Oeste, de 0 a 24 horas ($1h = 15^\circ$).

El sistema ecuatorial celeste utiliza la declinación δ , similar a la del sistema local, y a la ascensión recta α (alfa), sobre el Ecuador Celeste, desde la intersección del mismo con la Eclíptica (camino aparente del Sol sobre la esfera celeste, a lo largo del año) lugar llamado punto vernal γ (gamma), medido hacia el Este de 0 a 24 horas.

El sistema eclíptico adopta: la longitud eclíptica λ (lambda), medida sobre la Eclíptica, desde el punto vernal γ hacia el Este, de 0° a 360° , y la latitud eclíptica β (beta), desde la Eclíptica hasta los polos eclípticos, de 0° a 90° , (-) en el hemisferio eclíptico sur y (+) en el norte. La oblicuidad de la Eclíptica ϵ (épsilon) es la distancia angular entre el Ecuador Celeste y la Eclíptica, que es de $23^\circ 26' 53,24''$ para el equinoccio de 1950.0 y varía lentamente. El punto vernal γ presenta un lento desplazamiento hacia el Oeste a razón de $50''$ anuales llamado **precesión**, que modifica la ascensión recta, la declinación y la longitud eclíptica conti-

nuamente.

Por último, el sistema galáctico adopta: la longitud galáctica L , medida sobre el Ecuador Galáctico (plano que divide a nuestra Galaxia en dos mitades de igual masa, que coincide aproximadamente con esa faja luminosa que se observa en el cielo en una noche clara y que se denomina "Via Láctea"), a partir del centro de la Galaxia, situado en dirección a la constelación de Sagitario, hacia el Este, de 0° a 360° , y la latitud galáctica b , desde el Ecuador hasta los polos galácticos, de 0° a 90° , (-) en el hemisferio sur galáctico y (+) en el norte. Para un mayor entendimiento de las ideas ya expuestas, se acompaña este artículo con tres gráficos ilustrativos de los distintos sistemas de coordenadas celestes.

Consejos útiles: quisiera aclarar, ante todo, que trabajaremos con los valores reales de los ángulos y no, como indican algunos libros, con sus valores absolutos, por lo tanto, deberemos tener especial cuidado con su correspondiente signo porque las funciones trigonométricas de un ángulo negativo tienen diferente signo que las funciones de uno positivo, a saber: el seno tiene signo opuesto al del ángulo positivo del mismo valor absoluto, el coseno tiene el mismo signo y la tangente y cotangente (al igual que el primero) son opuestas a su correspondiente positivo. El valor absoluto del resultado que se obtendrá en las fórmulas será el suplemento de los ángulos que queremos encontrar, o sea, el arco que le falta a éstos para valer 180° , 270° o 360° , excepto si el ángulo buscado pertenece al 1º cuadrante (2), porque ese es directamente dicho ángulo. Para la determinación del cuadrante correspondiente al objeto utilizaremos, en el azimut, el ángulo meridiano t (ver Fig. 1) medido sobre el Ecuador Celeste, que será (+) si el astro se halla al Oeste del meridiano local ya definido y (-) si se encuentra al Este del mismo. Ahora bien, como a cada lado del meridiano hay dos cuadrantes, vale decir, al Oeste el 1º y 2º y al este el 3º y 4º, para saber en cual de estas dos posibilidades se sitúa el astro, deberemos tener presente el signo de la función con la cual operamos pues este varía con el cuadrante: el seno tiene signo (+) en el 1º y 2º y (-) en el 3º y 4º cuadrante; el coseno (+) en el 1º y 4º y (-) en el 2º y 3º cuadrante; la tangente y cotangente tienen signo (+) en el 1º y 3º y (-) en el 2º y 4º cuadrante. Teniendo en cuenta el valor del ángulo meridiano y habiendo determinado luego el cuadrante con un simple cálculo: para hallar un ángulo cuyo suplemento pertenezca al 2º cuadrante, éste se lo restamos a 180° , si se halla en el 3º cuadrante se le suma 180° y si está en el 4º, éste se lo restamos a 360° .

Si la tabla es de $10'$ en $10'$, para hallar la función de un ángulo con precisión de $1'$, buscamos dos funciones correspondientes a un ángulo mayor y menor que el obtenido, las restamos y esa diferencia la dividimos por 10 y luego la multiplicamos por la cantidad de minutos deseados; este último resultado se lo sumaremos o restaremos a la función del menor ángulo de acuerdo a lo siguiente: si la función es seno o tangente se le suma porque a mayor función mayor ángulo y si es coseno o cotangente se le resta porque a mayor función menor ángulo. Si la tabla es de 1° en 1° o $1'$ en $1'$ (en todo caso, luego de haber seguido el paso anterior en una de $10'$) para tener precisión de $1'$ o de $1''$ se busca en la tabla una función de igual nombre de un ángulo mayor que el obtenido, se saca la diferencia entre ésta y la de dicho ángulo, se la multiplica por la cantidad de minutos o se-

gundos deseados y se la divide por $60'$ o $60''$ respectivamente; ese resultado se sumará o restará de acuerdo a la función según la regla anterior. Si, en cambio, conocemos la función de un ángulo que, por su precisión de $1'$ (o $1''$) no figura y queremos hallar su ángulo, se buscan dos funciones de igual nombre mayor y menor que la obtenida; se saca la diferencia "x" entre ellas y la diferencia "m" entre la menor y nuestro valor; luego se multiplica $60'$ (o $60''$) por "m" y se divide por "x"; esos son los minutos (o los segundos) que se sumarán o restarán según lo dicho anteriormente respecto a la función. Por supuesto, nuestros formuleos no estarán exentos de los efectos de la refracción atmosférica cuyo máximo valor se advierte en el horizonte y alcanza alrededor de $35'$; a los 45° de altura sobre el mismo es de $1'$ y a los 90° (cenit) de $0''$.

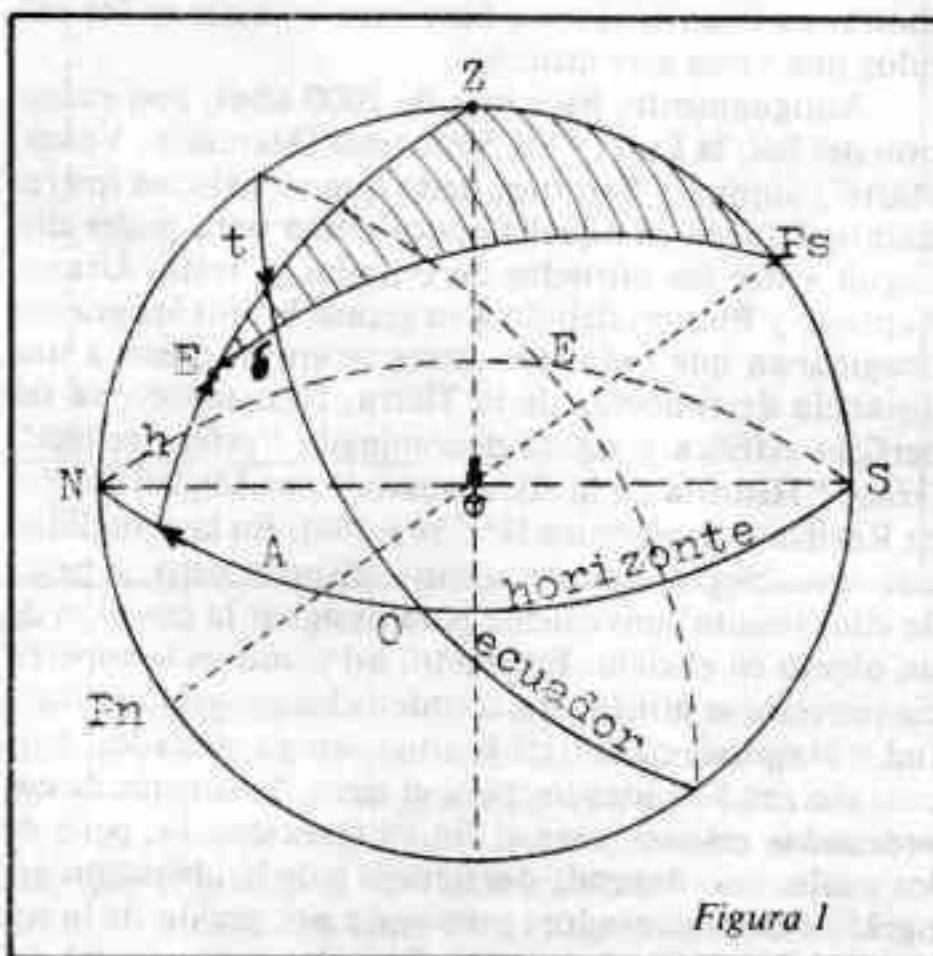


Figura 1

Conversión de coordenadas horarias a horizontales:

En este caso, conocemos las coordenadas ecuatoriales local u horizontal de un objeto: la declinación δ y el ángulo horario t , además de la latitud φ (fi) del lugar de observación, pero desconocemos la altura h y el azimut A del mismo. En la **Figura 1** se ha representado al cielo mediante la "esfera celeste" vista desde afuera, o sea, el aspecto geométrico que presentaría, en el ejemplo, a un observador situado en la ciudad de Buenos Aires, y en ella a sus elementos componentes, como el triángulo astronómico (zona rayada) que tiene por vértice al polo celeste elevado P , al cenit Z y al astro E ; sus lados son los arcos que unen dichos vértices. También se encuentra, indicado con la letra σ , el observador. Cabe destacar que el aspecto de la "bóveda celeste" para una región determinada de la Tierra, depende de su posición geográfica (según lo dicho en la descripción del sistema ecuatorial con referencia a la altura h de los polos celestes). Las ecuaciones que nos dan los pasajes de coordenadas son:

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos t \quad (1)$$

$$\sin A = (\cos \delta \cdot \sin t) / \cos h \quad (2)$$

$$\cos A = (-\sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t) / \cos h \quad (3)$$

$$\tan A = \sin t / (\cos t \cdot \sin \varphi - \tan \delta \cdot \cos \varphi) \quad (4)$$

$$\cot A = (\tan \delta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos t) / \sin t \quad (5)$$

A continuación se da un problema a modo de

ejemplo para hacer más comprensible dichas fórmulas:

- Supongamos que el día 15 de septiembre de 1988, a las 21 Hora Oficial Argentina, deseamos observar por telescopio al séptimo planeta (en orden de su distancia al Sol) de nuestro Sistema Solar, el planeta Urano, que se presenta a nuestra vista como un pequeño disco verde-azulado, pero del que solo conocemos su ascensión recta $\alpha = 17h 45m 17,04s$ y su declinación $\delta = -23^\circ 34' 43,55''$, además de nuestra situación geográfica, que es indispensable, dado que la posición de un astro en el cielo varía con la posición geográfica del observador (que puede determinarse fácilmente con un mapa graduado): $\varphi = -34^\circ 36' 18,9''$ (3) y $L = 58^\circ 26' 04,5''$ W. Por otro lado, es necesario hallar el ángulo meridiano t de Urano (operaremos con éste y no con el horario para facilitar las deducciones), pero como el mismo varía con el correr de la noche, deberemos establecerlo para el momento exacto de la observación, en este caso a las 21 Hora Oficial Argentina. Para ello utilizamos la fórmula de la hora o tiempo sidéreo θ (deta): $\theta = t + \alpha$ y haciendo pasaje de términos nos queda $\theta - \alpha = t$; siendo la hora sidérea local θ de $19h 46m 53,95s$ (obtenida de las Efemérides y siguiendo el procedimiento allí indicado para nuestra longitud geográfica y para esa fecha y horario), al restarle la ascensión recta de Urano, el ángulo meridiano es igual a $+2h 01m 36,91s$, o sea, $+30^\circ 24' 13,65''$ (4), esto significa que dicho planeta se encuentra al oeste del meridiano (5). Aplicando la fórmula 1 para la altura h tenemos:

$$\begin{aligned} \text{sen } h &= \text{sen } \delta \cdot \text{sen } \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos t \\ \text{sen } h &= \text{sen}(-23^\circ 34' 43,65'') \cdot \text{sen}(34^\circ 36' 18,9'') + \cos(-23^\circ 34' 43,65'') \cdot \cos(-34^\circ 36' 18,9'') \cdot \cos 30^\circ 24' 13,65'' \\ \text{sen } h &= (-0,400091) \cdot (-0,5679156) + 0,9165127 \cdot 0,8230865 \cdot 0,8624782 \\ \text{sen } h &= 0,2271714 + 0,6506269 \\ \text{sen } h &= 0,8777983 \end{aligned}$$

y el ángulo cuyo seno equivale a 0,8777983 es $61^\circ 22' 42,12''$ aproximadamente, que es la altura buscada, y como tiene signo (+) se halla sobre el horizonte (si tuviera signo (-) se encontraría por debajo de él). Para hallar el azimut A , podemos utilizar las fórmulas 2, 3, 4 o 5 pero pienso que la 4 es la más segura y efectiva:

$$\begin{aligned} \tan A &= \text{sen } t / (\cos t \cdot \text{sen } \varphi - \tan \delta \cdot \cos \varphi) \\ \tan A &= \text{sen } 30^\circ 24' 13,65'' / (\cos 30^\circ 24' 13,65'' \cdot \text{sen}(34^\circ 36' 18,9'') - \tan(-23^\circ 34' 43,65'') \cdot \cos(34^\circ 36' 18,9'')) \\ \tan A &= 0,5060868 / (0,8624782 \cdot (-0,5679156) - (-0,4364473) \cdot 0,8230865) \\ \tan A &= 0,5060868 / (-0,4898148 + 0,3592338) \\ \tan A &= 0,5060868 / (-0,130581) \\ \tan A &= -3,8756541 \end{aligned}$$

y el ángulo cuya tangente equivale a 3,8756541 es $75^\circ 31' 55,40''$ aproximadamente, pero como esa función tiene signo negativo, puede estar en los cuadrantes 2º y 4º y como el ángulo meridiano t es (+) (el objeto se encuentra al oeste del meridiano), el astro se halla entonces, en el segundo cuadrante, por lo que procederemos a realizar la correspondiente reducción al 1º cuadrante: a 180° le restamos el valor obtenido previamente, $75^\circ 31' 55,40''$ y nos da que el azimut es igual a $104^\circ 28' 04,60''$.

Cabe destacar que estos cálculos fueron hechos con tablas, por ello, a pesar de que los resultados se dan hasta con segundos, considero que son "aproximados".

Conversión de coordenadas horizontales a horarias:

Aquí, en cambio, conocemos además de nuestra

posición geográfica, la altura h y el azimut A , y debemos hallar la declinación δ y el ángulo horario t del astro.

Las fórmulas que nos suministran el pasaje inverso serán:

$$\begin{aligned} \text{sen } \delta &= \text{sen } h \cdot \text{sen } \varphi - \cos h \cdot \cos \varphi \cdot \cos A \quad (6) \\ \text{sen } t &= (\cos h \cdot \text{sen } A) / \cos \delta \quad (7) \\ \cos t &= (\text{sen } h \cdot \cos \varphi + \cos h \cdot \text{sen } \varphi \cdot \cos A) / \cos \delta \quad (8) \\ \cot t &= (\tan h \cdot \cos \varphi - \text{sen } \varphi \cdot \cos A) / \text{sen } A \quad (9) \end{aligned}$$

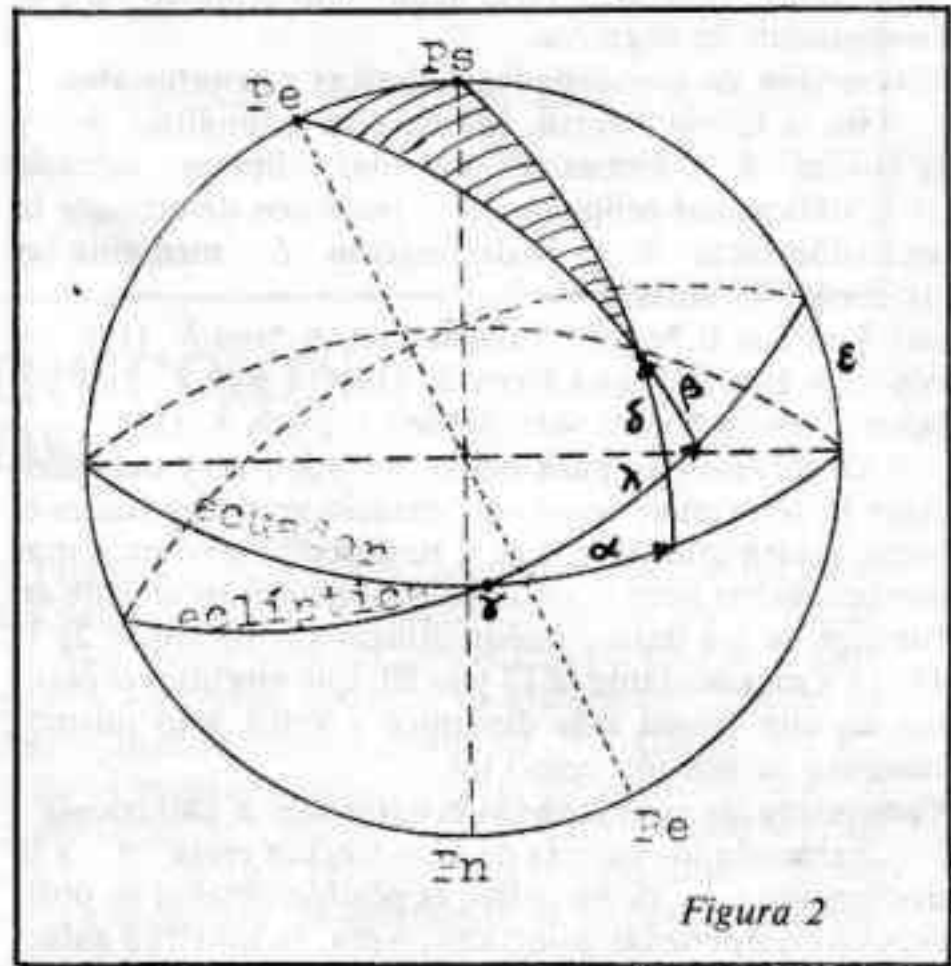


Figura 2

Conviene tener presente que el azimut (o longitudes de las otras coordenadas), no siempre serán menor o igual a un cuadrante. Por eso, si el ángulo supera el límite de nuestras tablas, para obtener sus funciones trigonométricas, deberemos reducirlo al primer cuadrante con un método parecido al descrito para suplementos, pero siempre, respetando el signo de función según el cuadrante donde se sitúe: si pertenece al 2º cuadrante, hallamos su suplemento restándole a 180° dicho ángulo y el valor absoluto de su función es igual al de la función del mismo nombre de su suplemento; si pertenece al 3º cuadrante, a dicho ángulo le restamos 180° y si pertenece al 4º, a 360° le restamos ese ángulo (para estos dos últimos, vale lo dicho en el caso del 2º cuadrante con respecto a su valor absoluto). Por ejemplo seno de 340° : como se halla en el 4º cuadrante, a 360° le restamos 340° y da 20° ; seno de 20° es 0,34202 y como 340° pertenece al último cuadrante, dicha función tiene signo (-): seno de $340^\circ = -0,34202$. Si 340° fuera negativo (-340°) su seno sería positivo o sea, $+0,34202$ (según lo expuesto al comienzo en la parte de consejos útiles). Estas reducciones también son aplicables a la ascensión recta, al ángulo horario y al ángulo meridiano, en caso de que los tres sean mayores que 90° . Si el seno de la declinación tiene signo (+), la declinación es positiva y el astro se halla en el hemisferio norte, y si tiene signo (-), como es lógico, es negativa y se encuentra en el hemisferio sur.

Conversión de coordenadas ecuatoriales a eclípticas:

Conociendo la ascensión recta α y la declinación δ del astro, junto con la oblicuidad ϵ de la Eclíptica, podremos obtener los valores de la longitud eclíptica λ y la latitud eclíptica β . El triángulo astronómico (Fig. 2) tiene por vértices al polo celeste elevado P,

al polo eclíptico P_e y al astro E ; sus lados son los arcos que unen estos tres puntos. Las ecuaciones que nos permiten el pasaje de coordenadas son:

$$\sin \beta = \sin \delta \cdot \cos \epsilon - \cos \delta \cdot \sin \epsilon \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

$$\cos \lambda = (\cos \delta \cdot \cos \alpha) / \cos \beta \quad (11)$$

$$\tan \lambda = (\sin \alpha \cdot \cos \epsilon - \tan \delta \cdot \sin \epsilon) / \cos \alpha \quad (12)$$

Conviene recalcar que, si el seno de β tiene signo (+), el objeto se encuentra en el hemisferio eclíptico norte, o sea, la latitud es positiva, y si tiene signo (-) se halla, por el contrario, en el hemisferio eclíptico sur por consiguiente es negativa.

Conversión de coordenadas eclípticas a ecuatoriales:

En la forma inversa, conociendo la longitud λ y la latitud β , ambas coordenadas eclípticas, además de la oblicuidad eclíptica ϵ , podemos determinar la ascensión recta α y la declinación δ mediante las siguientes fórmulas:

$$\sin \delta = \sin \beta \cdot \cos \epsilon + \cos \beta \cdot \sin \epsilon \cdot \sin \lambda \quad (13)$$

$$\cos \alpha = (\cos \beta \cdot \cos \lambda) / \cos \delta \quad (14)$$

$$\tan \alpha = (\sin \lambda \cdot \cos \epsilon - \tan \beta \cdot \sin \epsilon) / \cos \lambda \quad (15)$$

Obsérvese que para hallar A , t , λ , α y más adelante L , se prestan dos o más ecuaciones de las cuales el lector podrá utilizar la que, a su parecer, le ofrezca mayor precisión; pero si no desea trabajar enteramente en función de los datos, puede utilizar las fórmulas 2, 7, 11, 14 y más adelante la 17 y la 20, que ejecutan el planteo en una forma más dinámica y veloz y lo mismo, cumplen su función como tal.

Conversión de coordenadas ecuatoriales a galácticas:

Sabiendo los valores de la ascensión recta α y la declinación δ de un astro, es posible obtener su posición en coordenadas galácticas, o sea, su longitud galáctica L y su latitud galáctica b . El triángulo astronómico correspondiente en este caso (Fig. 3) tiene por vértices al polo celeste elevado P , al polo galáctico P_g y al objeto E ; su lados, como es obvio, son los arcos que unen esos tres puntos. Las ecuaciones que nos permiten el cambio de coordenadas son:

$$\sin b = \sin \delta \cdot \cos 62^\circ 36' - \cos \delta \cdot \sin 62^\circ 36' \cdot \sin(\alpha - 282^\circ 15') \quad (16)$$

$$\cos(L - 33^\circ) = (\cos \delta \cdot \cos(\alpha - 282^\circ 15')) / \cos b \quad (17)$$

el término de la derecha, nos quedará, según la ecuación, $\sin(L - 33^\circ) = x$ o $\cos(L - 33^\circ) = x$, donde x es el seno o coseno de un ángulo que, de acuerdo a un signo,

se reducirá o no al primer cuadrante; hecho esto, nos queda que $L - 33^\circ = xx^\circ$ y despejando L (o sea, pasando 33° al otro miembro) resulta que $L = xx^\circ + 33^\circ$. Como en el caso de la altura, la declinación y la latitud eclíptica, si el seno de la latitud galáctica tiene signo(-), el astro se halla en el hemisferio galáctico sur y si tiene signo (+), en el hemisferio galáctico norte.

Conversión de coordenadas galácticas a ecuatoriales:

Recíprocamente, teniendo como datos la longitud galáctica L y la latitud galáctica b de un objeto, podremos obtener la posición del mismo en coordenadas ecuatoriales utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\sin \delta = \sin b \cdot \cos 62^\circ 36' + \cos b \cdot \sin(L - 33^\circ) \cdot \sin 62^\circ 36' \quad (19)$$

$$\cos(\alpha - 282^\circ 15') = (\cos b \cdot \cos(L - 33^\circ)) / \cos \delta \quad (20)$$

$$\sin(\alpha - 282^\circ 15') = (\cos b \cdot \sin(L - 33^\circ) \cdot \sin 62^\circ 36' - \sin b \cdot \sin 62^\circ 36') / \cos \delta \quad (21)$$

Si prestamos un poco de atención en estas dos últimas series de fórmulas y en las referidas a las eclípticas, notaremos que hay cifras angulares iguales que se repiten y que, efectivamente, son constantes y corresponden "por orden de aparición": $62^\circ 36'$ es el complemento de $27^\circ 24'$, siendo este último la declinación δ del polo galáctico, (+) si es el polo norte y (-) si es el polo sur; aprovecho esta oportunidad para denotar que su ascensión recta α es = 12h 49m y 0h 49m para el polo norte y polo sur galáctico respectivamente; el punto C es el origen de las coordenadas galácticas, corresponde al centro de nuestra Galaxia, por lo tanto allí L y $b = 0$, y sus coordenadas ecuatoriales son $\alpha = 17h 42m 24s$ y $\delta = 28^\circ 55'$; la distancia angular entre éste último punto y el Ecuador Celeste equivale a 33° (más precisamente $33^\circ 00' 43.2''$) y por último, $282^\circ 15'$ es la ascensión recta del punto n , intersección del plano de la Vía Láctea con el Ecuador Celeste y equivale a 18h 49m.

Por supuesto, todas estas constantes están calculadas para el equinoccio de 1950.0 por lo que, en un futuro no muy lejano, nos veremos obligados muy a nuestro pesar, a modificar estos valores para adaptarlos a los atlas estelares referidos al equinoccio del 2000.0.

Bibliografía:

- Geometría III, Alcántara-Lomazzi-Mina
- Elementos de Trigonometría, Cabrera y Medici
- Elementos de Cosmografía, Cabrera y Medici
- Astronomical formulae for calculators, Jean Meeus
- Astronomía de posición, Teodoro J. Vives
- Astronomía Elemental, Carlos M. Varsavsky
- Astronomía Elemental, Alejandro Feinstein

- (1) Razón o cociente entre dos de los tres lados de un triángulo, teniendo en cuenta un ángulo interior determinado; son 6 a saber: seno, coseno, tangente, cotangente, secante y cosecante.
- (2) Como su nombre lo indica, es la cuarta parte de una circunferencia, o sea 90° , y se enumera a partir de un punto de origen. Por ejemplo, en el azimut, el 1º cuadrante comprende el ángulo formado por el Polo Sur, el observador y el Oeste, siendo el observador en los cuatro casos su vértice; en el 2º el ángulo es: Oeste, observador y Polo Norte; etc.
- (3) Nota: al igual que \sin , tiene signo (-) por lo que sus funciones trigonométricas tendrán el signo que le corresponde a un ángulo negativo.
- (4) Como el ángulo meridiano se obtiene en horas, minutos y segundos, deberemos pasarlos a grados, minutos de arco y segundos de arco con una regla de tres simple, teniendo en cuenta que: $1h = 15^\circ$, $1m = 15''$, $1s = 15'''$.
- (5) Puede ocurrir, por ejemplo, que el ángulo meridiano es negativo pero supera las 12h (el astro se hallaría al Oeste del meridiano); si no deseamos trabajar con ángulos negativos muy grandes podemos restar a 24h dicho ángulo y nos da el equivalente positivo.

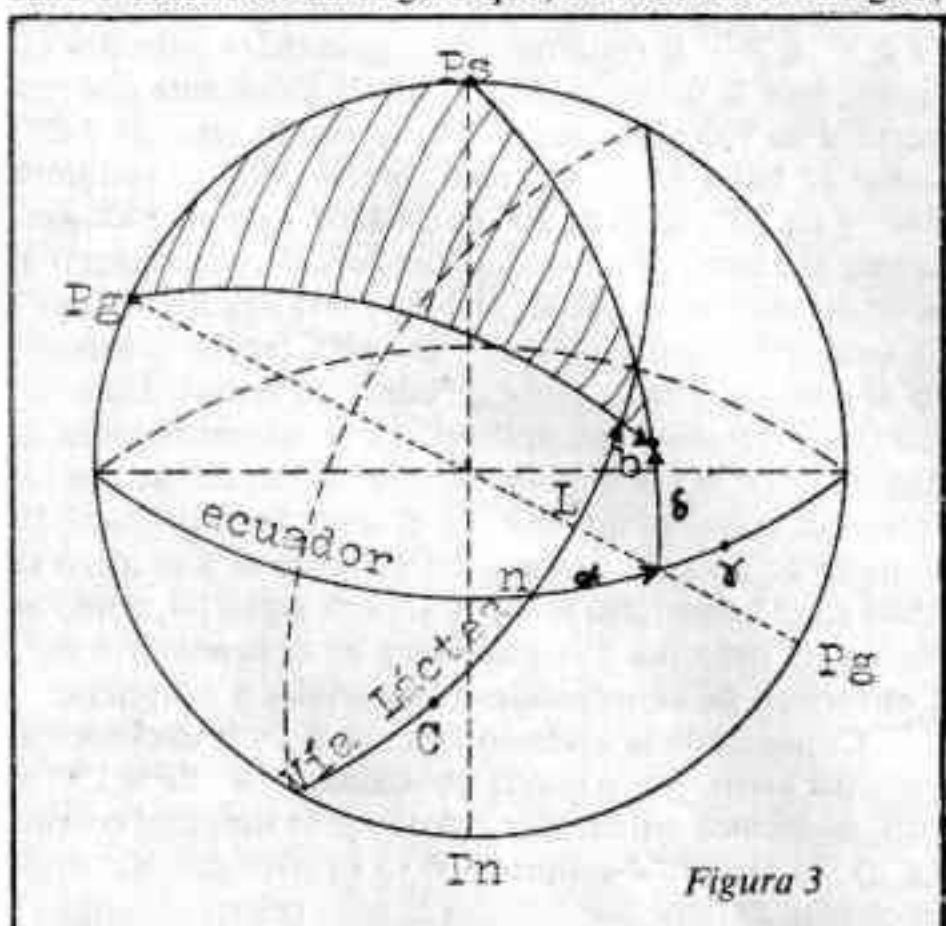


Figura 3

Optica e Instrumentos Astronómicos

Conducido por la Subcomisión de Optica

CRITERIOS DE USO Y CONSTRUCCION DE ASTROGRAFOS SENCILLOS

En estos últimos años he tenido la satisfacción de dictar el curso de Fotografía Astronómica en la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía, circunstancia que me ha permitido estar en contacto con personas que muy bien representan a los aficionados a la Astronomía de nuestro país.

Dadas las características de la Asociación, entre los alumnos que han tomado el curso pueden hallarse a aquellos que han terminado sus estudios terciarios como a las personas que, por los más diversos motivos, o no los iniciaron o debieron abandonarlos. Pero el denominador común ha sido la escasa disponibilidad de recursos económicos y tiempo libre, situación que es un fiel reflejo de los malos tiempos por los cuales atraviesa nuestro país.

Al estado de cosas anteriormente citado debe sumarse el pequeño desarrollo de las industrias que en el país se dedican a la construcción de instrumentos astronómicos (telescopios, astrógrafos, accesorios, etc.). Que tampoco pueden pretender desarrollarse si no cuentan con el mercado necesario para ubicar sus productos.

Frente a estos abatares, son muy pocas las personas que a pesar de haber terminado los cursos que se dictan en la Asociación cuentan con el equipo necesario para dedicarse en forma activa a su afición (realización de trabajos observacionales, toma de fotografías, etc.).

En el número anterior de Revista Astronómica, un artículo sobre un "astrógrafo" de construcción sencilla inicia la que podría resultar una inmejorable solución (por lo menos para los amantes de la fotografía). Continuando esta senda creo conveniente publicar una serie de artículos en Revista Astronómica que cumplirán con objetivos bien determinados:

1) Contarán con datos constructivos de equipos y accesorios de construcción económica y simplicidad técnica.

2) Apoyar estos artículos con explicaciones teóricas que permitan a los lectores comprender los principios de funcionamiento de tales equipos, facilitándole así la posibilidad de rediseñar los modelos presentados para adecuarlos a eventuales necesidades particulares (no existencia de un determinado elemento en la localidad del constructor, por ejemplo).

3) Cumplir con los aficionados del interior del país, publicando en Revista Astronómica este tipo de información que tanto reclaman.

INTRODUCCION

El modelo presentado en el artículo (*Foto 1*) utiliza el sistema mecánico de construcción más sencilla. En él, el movimiento de relojería solo consta de un tornillo, dos tuercas y al menos dos bisagras. Este sencillo mecanismo permitirá al constructor obtener fotografías con distancias focales y tiempos de exposición que se verán limitados principalmente por un problema físico, que será planteado en este artículo, y una no correcta orientación del eje polar del astrógrafo; aparecerán otros errores que pueden cuantificarse, de menor incidencia como por Ej. fallas de construcción o falta de pericia del operador.

Con un diseño gráfico muestro las condiciones que deben cumplirse para obtener un correcto guiado de la cámara en el cual no puedan ser observados desplazamientos sobre el fotograma de los objetos celestes fotografiados.

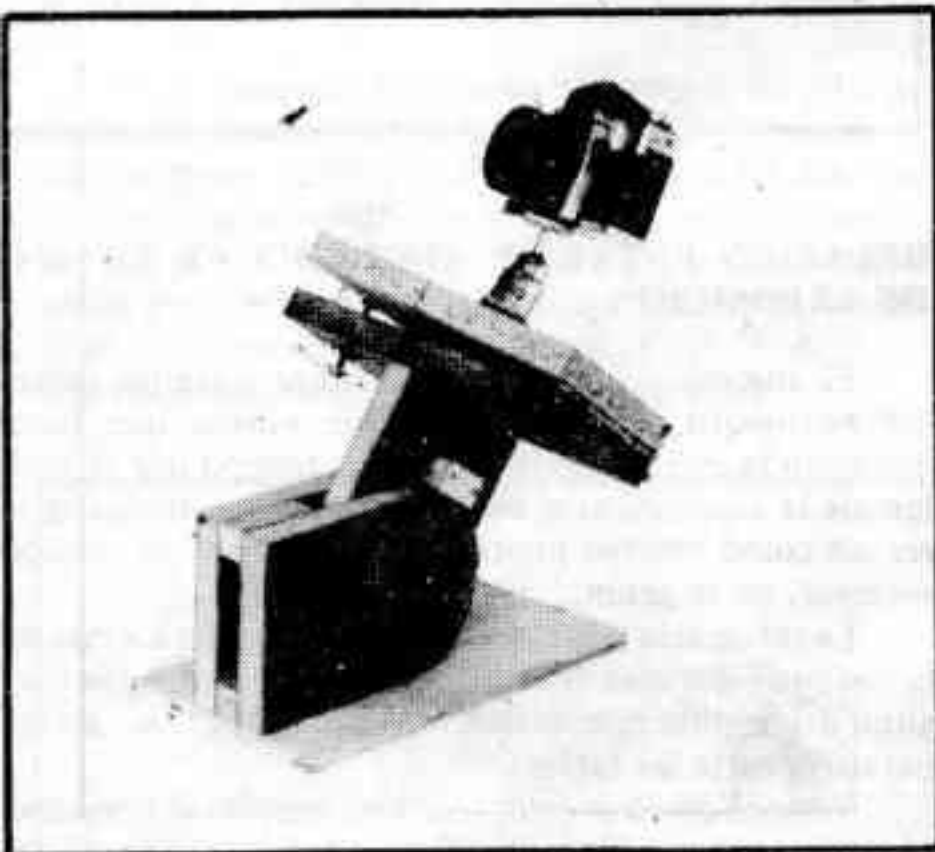
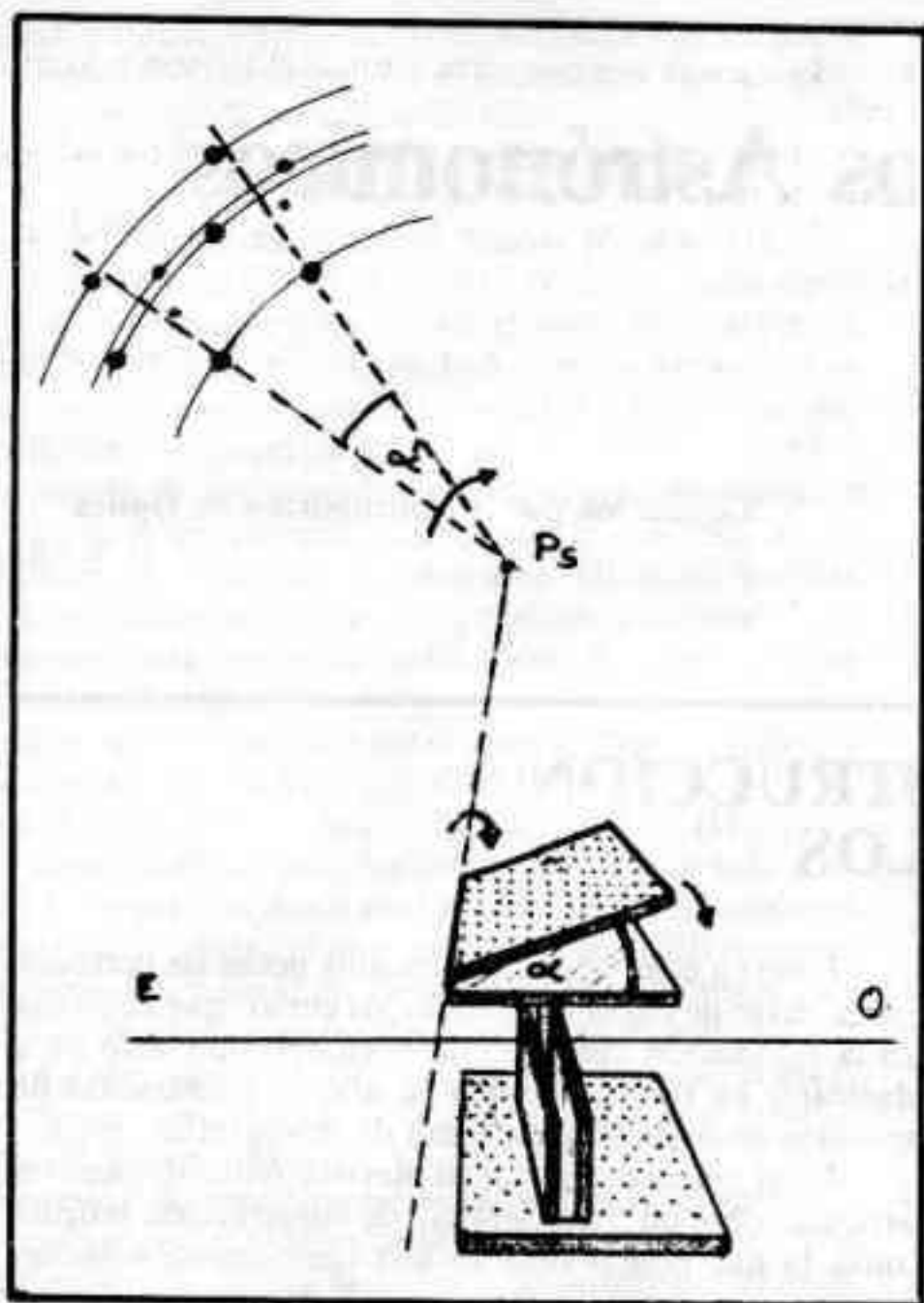


Foto 1



La gran mayoría conoce que el eje mayor de la Cruz del Sur indica aproximadamente la dirección en la que se encuentra el polo Sur Celeste, punto alrededor del cual parece girar la esfera celeste y por tal razón, debemos dirigir a él el eje polar del astrógrafo. Una vez lograda la alineación se habrá cumplido con una de las condiciones necesarias par el guiado de la cámara, la otra será la de dar al eje polar el mismo módulo de la velocidad de rotación de la esfera celeste; para que ambos describan el mismo ángulo durante el tiempo que se prolongue la exposición.

El cálculo del módulo de la velocidad lo desarrollaré en este artículo, dejando pra otro el de la orientación polar.

ANÁLISIS INTUITIVO

En la Fig. 1 se ve una representación esquemática del "mecanismo de relojería", que como se dijo se reduce a dos tablas, un tornillo, dos tuercas y dos bisagras.

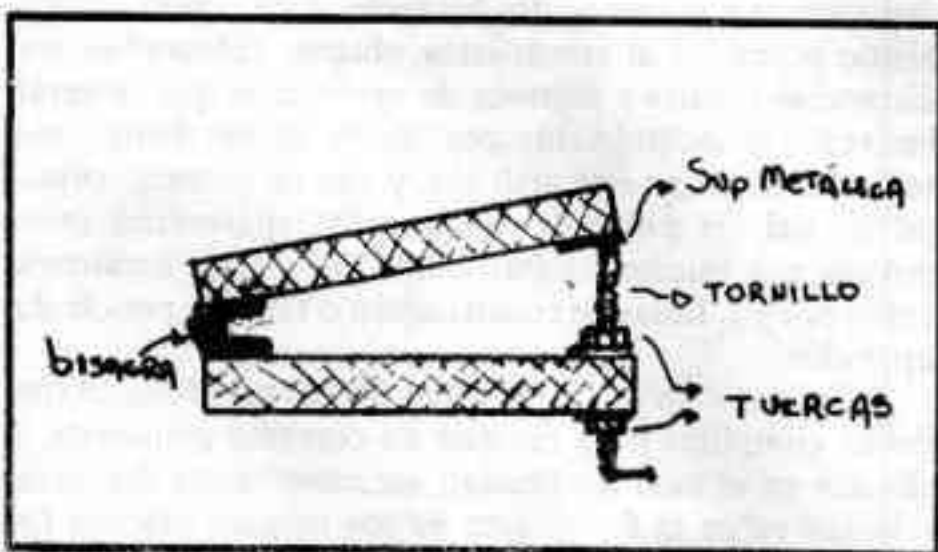


Fig. 1

Imaginemos las posiciones que adoptarán las tablas y el tornillo en los instantes inicial y final de una exposición. No es difícil darse cuenta que el punto "A" ha descrito un arco de circunferencia, correspondiente a un determinado ángulo α . Debemos darnos cuenta también que la longitud del tornillo crece de manera diferente a la longitud del arco \widehat{AB} , marcándose cada vez más esta diferencia cuanto mayor resulte el ángulo. (En el modelo de la fotografía se invierten las posiciones inicial y final). Figs. 2a, 2b y 3.

Concluyendo podemos decir que para ángulos pequeños también serán pequeños los segmentos AN, AB y MB y las diferencias entre sus longitudes. Fig. 4.

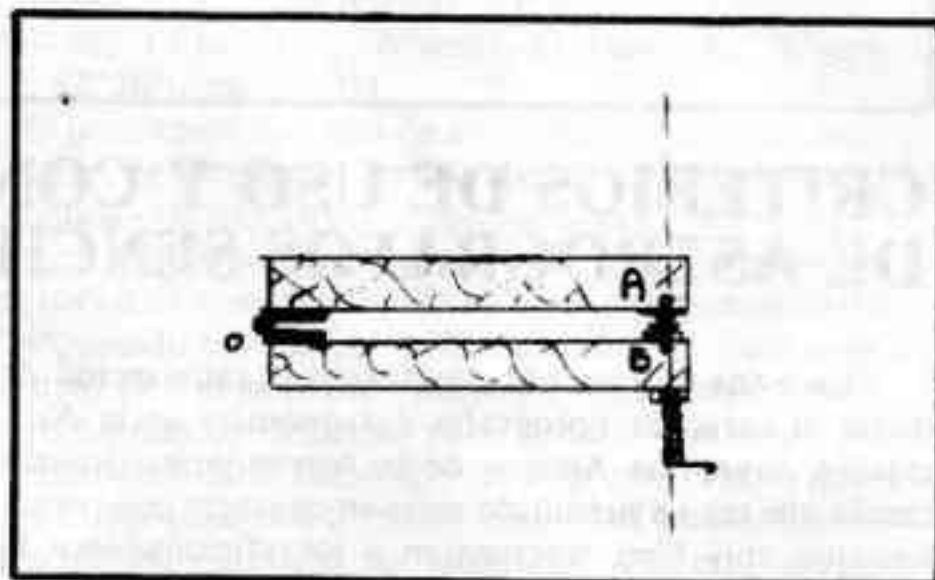


Fig. 2a

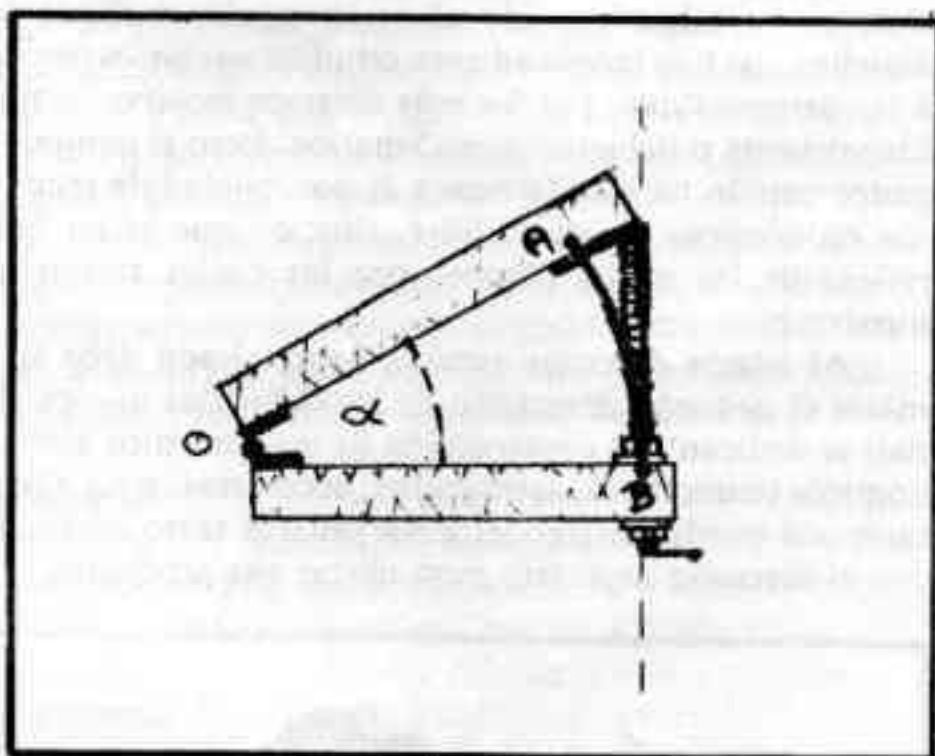


Fig. 2b

RELACION ENTRE EL ANGULO Y EL TIEMPO DE EXPOSICION

El ang. α , que debería medirse entre las tablas del astrógrafo, tendría que ser el mismo que haya descrito la esfera celeste durante el tiempo que se prolongue la exposición, si deseamos que las estrellas aparezcan como objetos puntuales. Pero como ya se dejó entrever, no lo serán.

La diferencia entre estos ángulos se genera a raíz de la distinta velocidad de crecimiento del arco \widehat{AB} y la longitud del tornillo (que es quien genera el ang. α de separación entre las tablas).

Veamos como es esto; resultará sencillo al operador imprimirle al tornillo una velocidad de rotación de un giro por minuto, pues podrá fácilmente estar seguro que

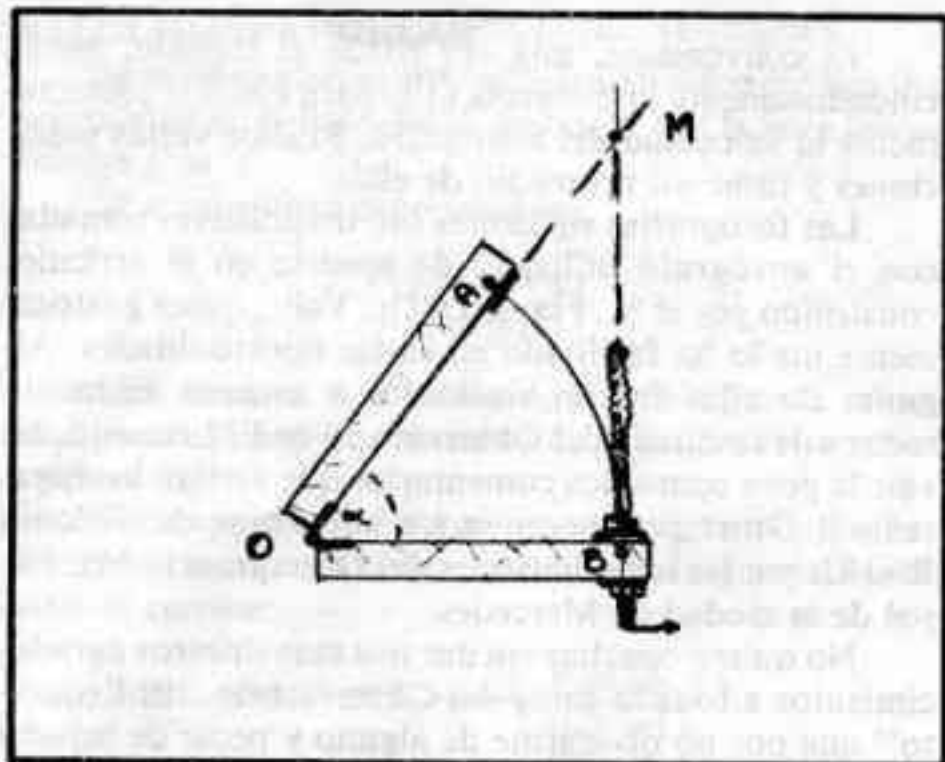


Fig. 3

la está cumpliendo, si durante la exposición coloca comodamente a la vista de un reloj analógico y copia la marcha de su segundero, determinando entonces la velocidad de crecimiento de su longitud que corresponderá a su paso (avance de giro). Esta necesidad operativa será la causante real de la diferencia entre el ang. α de separación entre las tablas, y el α' descrito por la esfera celeste.

Los lectores con conocimientos de Matemáticas ya se habrán percatado que la longitud del tornillo representa la tg del ángulo por el mismo engendrado y que los segmentos AN y ON hacen lo mismo respectivamente con el sen y el cos de dicho ángulo (Fig. 5).

De acuerdo con una sencilla identidad trigonométrica $\text{sen } \alpha / \text{cos } \alpha = \text{tg } \alpha = \overline{AN} / \overline{ON}$ y como los triángulos OAN y OBM son semejantes (fácil de demostrar) la relación entre los lados $\overline{AN} / \overline{ON}$ y $\overline{MB} / \overline{OB}$ son iguales entre si y por lo tanto también a la $\text{tg } \alpha$. Entonces si conozco la distancia \overline{OB} entre el eje de la bisagra, y el tornillo y la longitud del tornillo podré calcular la tg del ángulo de separación entre las tablas.

TIEMPO MAXIMO DE EXPOSICION

Ya se sabe que el movimiento sidéreo del astrógrafo comete un error respecto del desplazamiento de la esfera celeste. Nuestro interés se centra ahora en determinar cuál será el máximo tiempo de exposición para el cual los trazos producidos por las estrellas, (cuyas longitudes serán proporcionales a la Declinación de Cada una de ellas y a la diferencia entre los ang. ($\alpha' - \alpha$)), resulten visibles al observador de la fotografía.

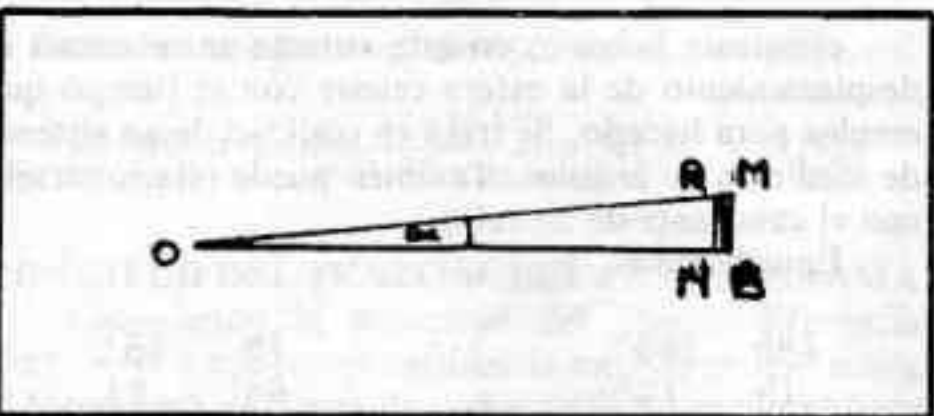


Fig. 4

Los pasos a seguir para estimar el tiempo máximo son:

- 1) Calcular el desplazamiento de la esfera celeste durante la exposición.
- 2) Calcular el desplazamiento de las tablas del astrógrafo.
- 3) Hallar la diferencia entre estos ángulos.
- 4) Calcular la longitud de los trazos sobre el fotograma.

Debemos tener en cuenta que estos valores son supuestos para una correcta orientación del astrógrafo.

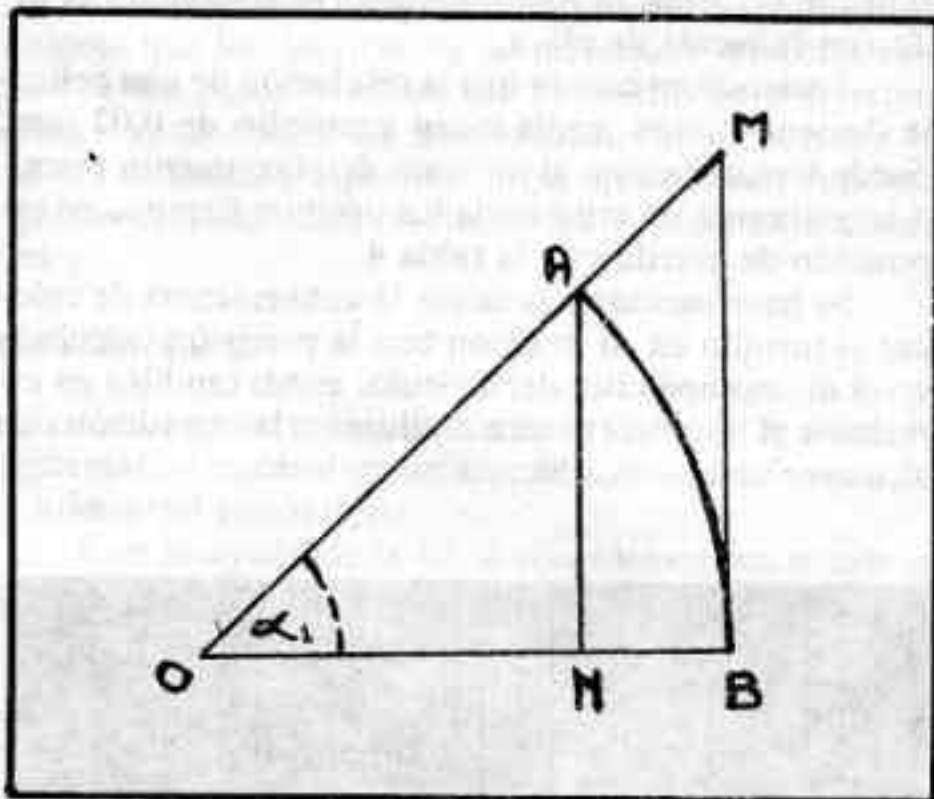


Fig. 5

En las tablas siguientes puede apreciarse, comparando valores de las funciones sen , cos , tg y long. de arco, la variación de su crecimiento a medida que crece el ang. α .

En los apéndices, al final del artículo, se ejemplifican estos cálculos dando una breve introducción teórica.

1) Desplazamiento de la esfera celeste

t (m)	sen	arco	tg
5	0,02187564	0,02187739	0,02188088
10	0,04374081	0,04375477	0,04378272
15	0,06558505	0,06563216	0,06572656
20	0,08739779	0,08750954	0,08773361
25	0,10916892	0,10938693	0,10982532
30	0,13088769	0,13126432	0,13202346

2) Desplazamiento de las tablas del astrógrafo

t (m)	sen	arco	tg
5	0,0218722	0,0218740	0,0218774
10	0,0437130	0,0437269	0,0437548
15	0,0654914	0,0655383	0,0656323
20	0,0871766	0,0872874	0,0875097
25	0,1087390	0,1089540	0,1093870
30	0,1301480	0,1305180	0,1312640

3) Diferencia entre los ángulos ($\alpha' - \alpha$)

t (m)	arco	arc tg
5	0,00000339	1"
10	0,0000278	6"
15	0,0000938	19"
20	0,000222	46"
25	0,000433	89"
30	0,00113	154"

4) Longitud de los trazos sobre el fotograma

t(m)	50 mm	135 mm
5	0,00024	0,00065
10	0,0014	0,0038
15	0,0046	0,012
20	0,011	0,030
25	0,021	0,056
30	0,037	0,10

En la última tabla puede apreciarse que el tiempo máximo de exposición también se encuentra comprometido con la distancia focal del objetivo empleado, es decir con la escala de placa.

Teniendo en cuenta que la resolución de una película de sensibilidad media es en promedio de 0,02 mm, puede tomarse como el máximo desplazamiento permitido y obtener un criterio de los posibles tiempos de exposición de acuerdo con la tabla 4.

Se hace necesario recalcar la conveniencia de colocar el tornillo en su posición con la precisión calculada en el último apéndice del artículo, como también en esmerarse al impulsar el tornillo durante la exposición con el mayor acierto posible.

Es conveniente, una vez fijado el tornillo, medir cuidadosamente la distancia \overline{OB} , para estimar correctamente la velocidad del astrógrafo. Realice varias mediciones y tome un promedio de ellas.

Las fotografías siguientes son diapositivas tomadas con el astrógrafo utilizado de modelo en el artículo, construido por el Sr. Flavio D. Del Vall, quien gustosamente me lo ha facilitado en varias oportunidades. Algunas de ellas fueron realizadas a escasos cincuenta metros de la cúpula del Observatorio de El Leoncito, no vale la pena contar los comentarios que vertían los lugareños!! Otras pertenecen a los suburbios de Colonia R.O.U. y a las inmediaciones del Observatorio Municipal de la ciudad de Mercedes.

No quiero concluir sin dar mis más sinceros agradecimientos a toda la gente del Observatorio "El Leoncito" que por no olvidarme de alguno y pecar de injusto no nombraré aquí, y a la gente del Observatorio Municipal de Mercedes, en especial a su Director Ing. Di Palma y a mi buen amigo Miguel de Laurenti, Subdirector del Observatorio.

por Alejandro Emilio Blain



APENDICES

APENDICE A

SISTEMAS DE MEDICION DE ANGULOS Y PASAJES DE UN SISTEMA A OTRO

a) Sistema Sexagésimal, la unidad es el grado sexagésimal, también se le llama grado angular (1°). Se le define como $1/90$ del ángulo recto.

Sus submúltiplos son:

El minuto angular ($'$) de manera que $60' = 1^\circ$

El segundo angular ($''$) de manera que $60'' = 1'$

Y se puede escribir que $360'' = 1'$

Pueden expresarse mediante la notación sexagésimal o la decimal que respectivamente se escriben:

$$1^\circ 30' 12'' = 1,503^\circ$$

Y se lee un grado treinta minutos doce segundos en la forma sexagésimal y un grado con cincuenta y dos centésimas en la decimal.

b) Sistema circular, la unidad es el radián, definido como el ángulo central correspondiente a un arco cuya

longitud es igual a un radio. De tal manera suele escribirse π radianes = 180° y debe entenderse que cuando la longitud del arco es igual a media circunferencia el ángulo central es de 180° angulares.

Fórmula de paso:

$$\alpha(\text{radianes}) = \frac{\pi \cdot \alpha(\text{angular})}{180^\circ}$$

c) Sistema horario, en este sistema se relaciona el desplazamiento de la esfera celeste con el tiempo que emplea para hacerlo. Se trata en realidad de un sistema de medición de ángulos. También puede relacionarse con el cuadrante de un reloj.

Equivalencias

24h	360°	1m	$15'$
1h	15°	4s	$1'$
4m	1°	1s	$15''$

VELOCIDAD ANGULAR

Se define como velocidad angular al ángulo barrido por unidad de tiempo. Se la simboliza con la letra griega Omega (ω).

Se acostumbra expresarla en

$$\frac{(\text{radianes})}{(\text{seg})}$$

Utilizaremos esta forma de expresión de la velocidad para calcular la velocidad de rotación de la esfera celeste.

Sabemos que la esfera celeste completa un giro en 24 hs. de tiempo sidéreo que de acuerdo con la definición se escribe:

$$\begin{aligned} V_{\text{rot esf. cel.}} &= \frac{2\pi \text{ radianes}}{1440 \text{ min}} \\ &= 0,00436332 \text{ rad/min} \end{aligned}$$

Puede hacerse una mejor aproximación si considero 1436 min. en lugar de 1440 como el tiempo que emplea la esfera celeste para completar un giro, esta diferencia proviene de utilizar el tiempo solar medio para la medición del tiempo legal (el que marcan nuestros relojes y por lo tanto el que usaremos para medir la exposiciones y guiar el astrógrafo). Pudiendo despreocupar esta diferencia si se utiliza cortas distancias focales y cortos tiempos de exposición.

Dado que nos excederemos de estos límites tomaremos:

$$\omega = \frac{2\pi \text{ radianes}}{1436 \text{ min}} = 0,00437548 \text{ rad/min}$$

Una vez conocida la velocidad de rotación de la esfera celeste, puede calcularse el áng. α' barrido para un determinado tiempo de exposición.

$$\alpha(\text{rad}) = \omega \cdot t$$

si $t = 5 \text{ min}$ tendremos

$$\begin{aligned} \alpha(\text{rad}) &= 0,00437548 \text{ rad/min} \cdot 5 \text{ min} \\ &= 0,02187739 \text{ rad} \end{aligned}$$

ESCALA DE PLACA

Se define como escala de placa a la cantidad de segundos de arco de la esfera celeste abarcados por mm lineal en el plano focal.

La expresión que permite calcularla es la siguiente:

$$\text{Esc de placa} = \frac{206265''/\text{rad}}{F}$$

Donde F es la distancia focal del objetivo de la cámara.

Para un objetivo de 50 mm de F será:

$$\text{Esc de placa} = \frac{206265''}{50 \text{ mm}} = 4125,3''/\text{mm}$$

LONGITUD DEL TRAZO SOBRE EL FOTOGRAMA

Conociendo la magnitud del ángulo diferencia ($\alpha' - \alpha$) podremos calcular la medida en mm sobre el fotograma del trazo de una estrella (para simplificar sólo calcularemos los trazos que produciría una estrella

ubicada sobre el ecuador celeste, donde deben producirse los trazos de mayor longitud).

Para ello razonaremos de la siguiente manera:

si 4125,3 corresponden a 1mm
entonces $(\alpha' - \alpha)''$ corresponderán a:

$$\frac{(\alpha' - \alpha)'' \cdot 1 \text{ mm}}{4125,3''}$$

5) Criterio de la máxima longitud del trazo sobre el fotograma.

Solo puede ser tomado en forma arbitraria pues los valores que los fabricantes de materiales sensibles exhiben en sus datos técnicos, son obtenidos bajo determinadas condiciones en sus laboratorios (contraste y ancho de líneas y espacios) razón que permite suponer que no se daran tales resultados en la práctica astronómica.

APENDICE B

Con una sencilla y breve incursión por el Análisis matemático puede demostrarse la validez del sistema de relojería del astrógrafo.

Con la ayuda de la Fig.5 recordemos los nombres de los segmentos útiles para este propósito.

$$\overline{MB} = \text{tg } \alpha$$

$$\widehat{AB} = \text{arco correspondiente al áng. } \alpha$$

$$\overline{AN} = \text{sen } \alpha$$

$$\overline{ON} = \text{cos } \alpha$$

$$\overline{OB} = \text{dist. del tornillo a la bisagra}$$

Habíamos señalado que cuando un áng. α es pequeño, poco se diferencian las longitudes de los segmentos \overline{AN} , \widehat{AB} y \overline{MB} siendo por esta razón imperceptibles los trazos producidos por las estrellas.

Es fácil de ver que la longitud del arco \widehat{AB} está comprendida entre la de los segmentos \overline{AN} y \overline{MB} , entonces solo con demostrar que la longitud del segmento \overline{AN} es equivalente a la del \overline{MB} , la del segmento \widehat{AB} también lo será.

Si esto es cierto deberá cumplirse que:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\overline{MB}}{\overline{AN}} = 1 \text{ que puede escribirse}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\text{tg } x}{\text{sen } x} = 1$$

(Se acostumbra usar la letra x para designar argumentos de funciones trigonométricas cuando se los expresan en radianes o intervienen en ecuaciones trigonométricas)

Utilizando el castellano, diré que cuando trabaje con ángulos pequeños la diferencia de longitud entre los segmentos \overline{AN} , \widehat{AB} y \overline{MB} son ínfimas y por lo tanto el cociente entre números equivalentes, en este caso, debe aproximarse a 1 cuando el ángulo se aproxima a cero.

Resolviendo el límite tenemos:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\text{tg } x}{\text{sen } x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\text{sen } x}{\text{cos } x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{\text{cos } x}$$

que como se trata de una función continua puede

calcularse el límite reemplazándolo por el valor de la función en dicho punto.

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{\cos x} = \frac{1}{\cos(0)} = 1$$

Que es lo que queríamos mostrar.

APENDICE C

1) Determinación de la distancia OB

Para calcular a que distancia debe colocarse el tornillo del eje de la bisagra, utilizaremos la expresión que define la función tg:

$$\text{Tga} = \frac{\overline{MB}}{\overline{OB}} \quad \text{de donde} \quad \overline{OB} = \frac{\overline{MB}}{\text{tga}}$$

En este cálculo supondremos que $\alpha' = \alpha$, razón por la cual, resulta imperioso tomar a t muy pequeño. Siendo suficiente no utilizar t mayores de 1min. Pues permite conocer la distancia \overline{OB} con precisión de una milésima (precisión excesiva e imposible de conseguir en la práctica con herramientas de mano).

Ej.: Para un tornillo de 1mm de avance y t = 1min.

$$\overline{OB} = \frac{1\text{mm}}{0,00437548} = 228,546 \text{ mm}$$

2) Es conveniente redondear o colocar una esfera en una punta del tornillo y una superficie metálica sobre el punto de contacto del tornillo para reducir al mínimo posible los rozamientos que podrían generar perjudiciales vibraciones en la marcha de la "relojería".

3) Para eliminar cabeceos del tornillo es conveniente colocar dos tuercas para guiar su marcha (una a cada lado de la tabla, por ejemplo).

4) Otro juego perjudicial lo ocasiona la bisagra, se lo reduce considerablemente colocando dos o tres bisagras cortas en lugar de una sola larga.

5) Copiar lo mejor posible la velocidad del segundo.

6) Es posible conocer la exactitud con que deben ser medidos los catetos \overline{OB} y \overline{MB} y cual de ellos tiene mayor incidencia sobre la marcha de la "relojería". Para tal fin definiré dos conceptos que serán de gran utilidad:

a) **ERROR ABSOLUTO LIMITE**, es el valor absoluto de la diferencia entre un número dado y su valor aproximado. Se lo simboliza con la letra Delta mayúscula (Δ).

$$|x-a| < \Delta a$$

b) **ERROR RELATIVO LIMITE**, es el cociente entre el error absoluto límite y el valor aproximado. Se lo simboliza con la letra delta minúscula. Acostumbrase expresarlo en porcentajes.

$$\delta a = \frac{\Delta a}{a}$$

El punto en cuestión es saber con que exactitud se debe medir a los catetos \overline{OB} y \overline{MB} (conocemos a priori sus longitudes $\overline{OB} = 228,546 \text{ mm}$ y $\overline{MB} = 1\text{mm}$ de donde $\overline{OB} = 228,546 \overline{MB}$), para que el error del ángulo definido por su tangente no se aleje del valor esperado en más de 45". La expresión que nos permitirá dar con este dato es la siguiente:

$$\Delta \alpha = \frac{\overline{OB} \cdot \Delta \overline{MB} + \overline{MB} \cdot \Delta \overline{OB}}{\overline{OB}^2 + \overline{MB}^2}$$

Que luego de unas transformaciones algebraicas y tomando a $\Delta \overline{MB}$ equivalente a $\Delta \overline{OB}$ puede escribirse.

$$\Delta \alpha = \frac{229,546 \cdot \Delta \overline{MB} \cdot \overline{MB}}{(228,546 \overline{MB})^2 + (\overline{MB})^2}$$

Ej.: de la expresión anterior obtuvimos el valor $\Delta \overline{MB}$

$$\Delta \overline{MB} = 0,05 \text{ mm}$$

De tal manera el valor aproximado de este segmento puede tomarse como $\overline{MB} = 1,05$. Calculando nuevamente la tg α con esta longitud del segmento \overline{MB} y tomando el valor absoluto de la diferencia con los catetos estimados a priori, daremos con la tg. del ángulo de desviación.

$$\text{tga} = \frac{1,05 \text{ mm}}{228,546 \text{ mm}} \approx 4,59 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{arc tg } 4,59 \cdot 10^{-3} \approx 0^\circ 15' 47''$$

$$\text{arc tg } 4,38 \cdot 10^{-3} \approx 0^\circ 15' 04''$$

$$\alpha(\text{desv.}) = 0^\circ 00' 43''$$

valor que se mantiene dentro de la cota fijada.

Hagamos el mismo procedimiento pero con el cateto \overline{OB}

$$\text{tga} = \frac{1\text{mm}}{228,596 \text{ mm}} \approx 4,37 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{arc tg } 4,38 \cdot 10^{-3} = 0^\circ 15' 04''$$

$$\text{arc tg } 4,37 \cdot 10^{-3} = 0^\circ 15' 02''$$

$$\alpha(\text{desv.}) = 0^\circ 00' 02''$$

Queda entonces claro y a la vista la mayor incidencia de la longitud del cateto \overline{MB} en la marcha de la relojería, sobre el cual nada podemos hacer, pero es de esperar que la calidad de construcción del tornillo supera la precisión requerida, para una buena marcha de la relojería.

Solo nos resta medir cuidadosamente, y si es posible con un calibre, la distancia \overline{OB} .

Estimado Consocio:

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

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

Microcomputación y Astronomía

Conducido por la Subcomisión de Cálculo.

CALCULO DE ACIMUTES Y ALTURAS

Presentamos aquí el programa ALAZ. Este permite, dadas tres o cinco posiciones de un planeta, un cometa o la Luna a 0h de TU o TD, determinar el acimut y altura a una hora local determinada; como debemos efectuar una interpolación, y además entrar datos de ubicación del observador, fecha, hora, etc. varias secciones son bastante parecidas a las correspondientes del programa SPP ya descrito. En lo que sigue, los números de línea citados, corresponden al listado adjunto.

Líneas 10 a 260: prácticamente idénticas a las del programa SPP, dimensionan las variables, fijan constantes y permiten la entrada de las coordenadas locales, la diferencia de tiempo y la modalidad de interpolación. En las líneas 270 a 300, si se ha decidido tener en cuenta la corrección por paralaje, se calculan los valores (simplificados) de $\rho \cdot \cos LAT$ y $\rho \cdot \sin LAT$, que permiten la conversión de coordenadas geocéntricas a topo-

céntricas (ρ es el radio terrestre). Luego en las líneas 310 a 450 se entra la fecha y el programa calcula sucesivamente la fecha juliana y la hora sidérea aparente a las 0h locales.

Entre las líneas 460 y 660 se halla el lazo de entrada de datos de AR y DEC; si se ha optado por corregir por paralaje, esta puede ser entrada en la línea 690. Entre 730 y 940 se calculan los coeficientes de interpolación, y en la 960 se entra la hora. Se interpolan luego los valores de tabla suministrados, se calcula el ángulo horario del astro (línea 1030), se corrigen éste y la declinación por paralaje, si corresponde, y en 1110 se calcula la altura.

Para el cálculo del acimut debemos tomar una precaución, en la línea 1150: si la altura es de 90° , el acimut carece de sentido, y el intentar calcularlo causaría un error. En las líneas 1160-1170 se calcula el arco tangente del acimut, pero el uso de la función ATN nos trae una indeterminación, ya que ATN da siempre ángulos del

```
ALAZ      B 3572 20:55 01\03\86
10 DIM A(4),D(4),A1(4),D1(4),AR(10),HR(14)
20 INTEGER Y0,DO,M0,P,C,P0
30 OPTION ANGLE RADIANS
40 RR=PI/180
50 K=1.0027379093*2*PI
60 INPUT "Lat.(g.m.s)?":HG,M,S
70 GOSUB 1370
80 H=H*RR
90 F1=SIN(H)
100 F2=COS(H)
110 F3=TAN(H)
120 INPUT "Long.(g.m.s)?":HG,M,S
130 GOSUB 1370
140 L=H*RR
150 INPUT "T loc.-TU (h.m.s)?":H0,M,S
160 GOSUB 1370
170 L1=H/24
180 INPUT "TD-TU(seg)?":T0
190 T0=T0/86400
200 INPUT "Interpolar en (3/15) puntos?":P
210 IF P<>3 AND P<>5 THEN 200
220 P=(P-1)/2
230 R1,R2,P0,P9=0
240 INPUT "Con paralaje? (s/n)":AR
250 IF AR="n" THEN 310
260 IF AR="s" THEN 240
270 P0=1
280 N=ATN(.9966472*F3)
290 R1=.9966472*SIN(N)
300 R2=COS(N)
310 INPUT "Fecha (dia,mes,año)":D0,M0,Y0
320 ON ERROR
330 Y1=Y0+(M0-2.85)/12
340 J=INT(INT(INT(367*Y1)-1.75*INT(Y1+D0))-1.75*INT(Y1/100))+1721114.5
350 T=J-2451545
360 T1=T/36525
370 S0=2.102447-.000924222*T
380 S0=.206*SIN(2*50)-(17.2+.017*T1)*SIN(50)
390 S0=S0-1.319*SIN(.03440559*T-2.77626)
400 S0=S0+.143*SIN(.017202*T-.043144)
410 S0=S0-.227*SIN(1.3375+.459943*T)
420 S0=S0+.071*SIN(.220027*T-2.35555)
430 S0=S0+COS(.4090928-.00022696*T1)
440 S0=S0+129602772.193*T1+1.39656*T1*T1+361650.22615
450 S0=S0/206264.806-L-L1*K
460 FOR I=0 TO 2*P
470 J1=J+I-P
```

```
480 N=INT(J1)-1721114.2
490 C=INT(N/36524.25)
500 N=C+N-INT(C/4)
510 Y0=INT(N/365.25)
520 N=N-INT(Y0*365.25)-.3
530 M0=INT(N/30.6001)
540 D0=INT(N-30.6001*M0+1)
550 IF M0<=9 THEN M0=M0+3 0 GOTO 580
560 M0=M0-9
570 Y0=Y0+1
580 PRINT
590 PRINT "Dia "&STR$(D0)"/"&STR$(M0)"/"&STR$(Y0)
600 INPUT "AR(h.m.s)?":H0,M,S
610 GOSUB 1370
620 A(I)=H+15*RR
630 INPUT "DEC(g.m.s)?":H0,M,S
640 GOSUB 1370
650 D(I)=H*RR
660 NEXT I
670 IF P0=0 THEN 720
680 PRINT
690 INPUT "Paralaje (g.m.s)?":H0,M,S
700 GOSUB 1370
710 P9=H*RR
720 PRINT
730 FOR I=0 TO 2*P-1
740 A1(I)=A(I+1)-A(I)
750 IF ABS(A1(I))>1 THEN A1(I)=A1(I)-2*PI*SGN(A1(I))
760 D1(I)=D(I+1)-D(I)
770 NEXT I
780 IF P=1 THEN 950
790 A1(0)=A1(1)-A1(0)
800 A1(3)=A1(3)-A1(2)
810 A1(4)=A1(2)-A1(1)
820 A1(0)=A1(4)-A1(0)
830 A1(3)=A1(3)-A1(4)
840 A1(1)=(A1(2)+A1(1))/2
850 A1(2)=(A1(3)-A1(0))/24
860 A1(0)=(A1(3)+A1(0))/12
870 D1(0)=D1(1)-D1(0)
880 D1(3)=D1(3)-D1(2)
890 D1(4)=D1(2)-D1(1)
900 D1(0)=D1(4)-D1(0)
910 D1(3)=D1(3)-D1(4)
920 D1(1)=(D1(2)+D1(1))/2
930 D1(2)=(D1(3)-D1(0))/24
940 D1(0)=(D1(3)+D1(0))/12
950 ON ERROR GOTO 310
960 INPUT "Hora (h.m.s.d)":H0,M,S
```



```

970 OFF ERROR
980 GOSUB 1370
990 HB=H/24
1000 N=HB+T0-L1
1010 IF P=1 THEN GOSUB 1230
1020 IF P=2 THEN GOSUB 1260
1030 A=SB+H0+K-A
1040 IF NOT P0 THEN 1070
1050 A=A-PB+R2*SIN(A)/COS(D)
1060 D=D-PB*(R1+COS(D))-R2*COS(A)+SIN(D)
1070 A1=COS(A)
1080 A=SIN(A)
1090 D1=COS(D)
1100 D=SIN(D)
1110 H=ASIN(F1*D+F2*D1*A1)
1120 A0="Altura"
1130 GOSUB 1290
1140 A0="Acimut"
1150 IF COS(H)=0 THEN PRINT A0:TAB(8);"****" GOTO 12
10
1160 N=F1*D1+A1-F2*D
1170 H=ATN(D1*A/N)
1180 IF N<0 THEN H=H+PI
1190 H=FNM(H,2*PI)
1200 GOSUB 1290
1210 PRINT
1220 GOTO 950
1230 D=D(1)+N*(D(0)+D(1))+N*(D(1)-D(0))/2
1240 A=A(1)+N*(A(0)+A(1))+N*(A(1)-A(0))/2
1250 RETURN
1260 D=D(2)+N*(D(1)-D(0))+N*(D(4)/2-D(2))+N*(D(0)+
N*D(2))
1270 A=A(2)+N*(A(1)-A(0))+N*(A(4)/2-A(2))+N*(A(0)+
N*A(2))
1280 RETURN
1290 N=FNR/ABS(H)*3600/R0,1)
1300 S=FNM(H,60)
1310 N=(N-S)/60
1320 H=INT(FNM(N,60))
1330 N=INT((N-H)/60)
1340 IF SIGN(N)<0 THEN N=-N
1350 PRINT A0:TAB(8);N:"g "M:"m "S:"s"
1360 RETURN
1370 H=ABS(VAL(HR1)+R/60+5/3600)
1380 IF POS(H0,"-") THEN H=-H
1390 RETURN
1400 DEF FNR(X,N) = INT(X+10*N+.5)/10*N
1410 DEF FNM(X,Y) = X-Y+INT(X/Y)

```

primer o cuarto cuadrante; pero el denominador de la expresión (línea 1160) constituye el arco coseno del acimut, de manera que su signo (línea 1180) permite corregir el cuadrante, añadiendo 180° al ángulo, cuando sea necesario. La aplicación de la función módulo en la línea 1190, restringe el resultado al entorno 0-360, siempre (+).

En la línea 1220 se cierra el lazo, que permite volver a calcular acimut y altura para una hora diferente del mismo día, sin tener que entrar nuevamente las posiciones del astro. El ON ERROR de la línea 950, permite cambiar la fecha, ya que si se oprime ENTER (o ENDLIN o RTN, según la máquinas) sin entrar ningún valor, el error generado origina un salto a la línea 310. Se ha intercalado un OFF ERROR en la línea 320, para prevenir saltos inesperados a la línea 310 causados por errores de tipeado cometidos al entrar los datos de AR y DEC.

El resto del programa (1230-1410) está integrado por las diversas subrutinas y funciones, similares a las de SPP; la función MOD ha sido reemplazada por la FNM anteriormente descrita, agregándose la correspondiente del DEF FNM como línea 1410.

Como con SPP, se adjunta un ejemplo numérico, y como en aquel programa, se han usado datos para el cometa Halley.

(continuará)

C. Rusquellas

```

>
Lat.(g,m,s)?-34,30,0
Long.(g,m,s)?58,30,0
T loc.-TU (h,m,s)?-3,0,0
TD-TU(seg)?0
Interpolar en [3]/[5] puntos?3
Con paralaje? [s]/[n]s
Fecha (dia,mes,ano)?29,3,1986

```

```

Dia 28/3/1986
AR(h,m,s)?19,2.133,0
DEC(g,m,s)?-33,32.77,0

```

```

Dia 29/3/1986
AR(h,m,s)?18,54.089,0
DEC(g,m,s)?-34,46.06,0

```

```

Dia 30/3/1986
AR(h,m,s)?18,45.102,0
DEC(g,m,s)?-36,2.85,0

```

Paralaje (g,m,s)?0,0,15

```

Hora (h,m,s,d)?2,30,0
Altura 31 g 44 m 2.6 s
Acimut 293 g 13 m 41.5 s

```

```

Hora (h,m,s,d)?3,30,0
Altura 43 g 25 m 14.8 s
Acimut 288 g 4 m 58 s

```

```

Hora (h,m,s,d)?4,0,0
Altura 49 g 23 m 36.6 s
Acimut 285 g 44 m 12.9 s

```

```

Hora (h,m,s,d)?
Fecha (dia,mes,ano)?30,3,1986

```

```

Dia 29/3/1986
AR(h,m,s)?18,54.089,0
DEC(g,m,s)?-34,46.06,0

```

```

Dia 30/3/1986
AR(h,m,s)?18,45.102,0
DEC(g,m,s)?-36,2.85,0

```

```

Dia 31/3/1986
AR(h,m,s)?18,35.029,0
DEC(g,m,s)?-37,22.8,0

```

Paralaje (g,m,s)?0,0,15.3

```

Hora (h,m,s,d)?2,0,0
Altura 29 g 1 m 12 s
Acimut 296 g 8 m 28.9 s

```

Hora (h,m,s,d)?

CALCULO DE POSICIONES PLANETARIAS

Cuando el aficionado desea observar algún miembro de nuestro sistema solar se encuentra con el inconveniente de no contar con las posiciones exactas del cuerpo y con la dificultad de encontrarlo en la bóveda celeste.

El segundo punto sólo se puede solucionar con una muy buena carta de la región y muchísima práctica, pero esto será útil siempre que se solucione el primer punto, lo cual será posible si se posee algún programa de cálculo de efemérides confiable.

Este programa de cálculo debe resolver una serie de ecuaciones bien conocidas para obtener las coordenadas ascensión recta y declinación del objeto, pero se deberá repetir continuamente si se necesitan esas coordenadas para diferentes instantes, por lo que sería muy cómodo programar una microcomputadora para que realice todo el cálculo y nos ofrezca la solución en forma rápida y segura. Este tipo de programa está disponible en forma comercial para diferentes microcomputadoras, pero por desgracia están dirigidos a un público que no hace uso real del programa. El mejor de estos programas comerciales analizados en el Departamento de Informática de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía, comete un error de alrededor de 3 grados en la determinación de la posición del planeta Júpiter, el cual sería más fácil de encontrar a simple vista que con dicho programa de cálculo.

Para solucionar definitivamente este problema, decidí modificar algunas de las subrutinas del programa **MASTERCALC**, creado años atrás para el cálculo de posiciones planetarias en el Observatorio Astronómico Municipal "Ciudad de Mercedes", que luego de ser traducidas al **BASIC** de Spectrum (microcomputadora disponible en el Departamento de Informática de la AA-AA), conforman un simple pero muy útil programa de cálculo de efemérides basado en el problema de los dos cuerpos, utilizando sólo los elementos osculadores para un año determinado de la Tierra y el cuerpo en cuestión.

Sin entrar en una discusión de los diferentes métodos de cálculo, para lo cual recomiendo alguna de las publicaciones enumeradas en la bibliografía, haré una breve descripción del programa:

1100: inicializa el programa mediante las subrutinas 3180 y 3090.

1120: utilizando la subrutina 2400, pide que se ingresen los elementos orbitales de la Tierra y del cuerpo para el cual se necesitan sus posiciones (el nombre de éste debe tener menos de 15 letras).

1130: mediante la subrutina 3060 solicita la primer fecha, el número de posiciones y el intervalo entre éstas.

1140-1150: imprime los elementos del cuerpo y solicita se le indique si se necesitan las posiciones correspondientes a otro equinoccio y si se desea efectuar una corrección por tiempo luz. (utiliza las subrutinas 3030, 3050 y 3060).

1160-1190: convierte todos los valores angulares a radianes.

1200: usando la subrutina 3100 obtiene el día juliano de todas las fechas dadas en años, meses y días.

1210-1270: inicio del bucle principal. Obtiene los valores de ascensión recta y declinación para cada uno de los días pedidos.

1280-1282: imprime los valores obtenidos con la subrutina 3240.

1285-1330: ofrece varias opciones para continuar o reiniciar el programa.

1380-1400: rutina de impresión de la impresora.

2400-2450: subrutina que permite el ingreso de datos y su impresión.

2460-2485: subrutina que realiza las correcciones por precesión entre el equinoccio del año 2000 y cualquier otro elegido.

2490: convierte todos los valores angulares a grados.

2500-2520: encuentra la anomalía media y calcula la anomalía excéntrica.

2530-2610: encuentra el radio vector, la anomalía verdadera, y las coordenadas heliocéntricas rectangulares.

2620-2660: calcula el día juliano modificado, magnitud, ángulo de fase y elongación.

2670-2680: calcula las coordenadas geocéntricas rectangulares y la distancia a la Tierra.

3000: efectúa la corrección de la distancia a la Tierra por tiempo luz.

3020-3080: rutinas de pedidos de datos e impresión.

3090: subrutina de inicialización del programa. Dimensiona matrices y define funciones de la máquina.

3100-3150: obtiene el día juliano de una fecha dada en años, meses y días.

3240-3320: imprime los datos obtenidos.

Cuando se hace correr el programa, luego de la pantalla de presentación, se pedirá el ingreso de los elementos osculares de la Tierra y el cuerpo en cuestión. Estos datos, que deben ser los correspondientes al equinoccio del año 2000, se pueden obtener de la sección E del *Astronomical Almanac* de cada año, donde se puede encontrar una tabla con los elementos osculares para el equinoccio en cuestión para todos los planetas mayores y cada 200 días.

Observe que en esta tabla se da como dato la longitud del perihelio, $\tilde{\omega}$, y la longitud media del planeta, L , para la fecha de los elementos, pero lo que pide el programa es la anomalía media, $M = L - \tilde{\omega}$, y el argumento del perihelio, $\omega = \tilde{\omega} - \Omega$. Entre los elementos que aparecen en el *Astronomical Almanac* se deben elegir los de la fecha más cercana al día que se desea pedir. Si se necesita calcular posiciones para asteroides y cometas, los elementos osculares se pueden obtener de diferentes fuentes, pero los valores para ω , Ω , i deben corresponder al equinoccio medio del año 2000. En caso de no poseer estos, pero si los correspondientes a otro equinoccio, en la sección B del *Astronomical Almanac* de cada año se indica la forma de reducir estos elementos al equinoccio pedido para poder ingresarlos al programa.

Luego de un pedido de confirmación de los datos ingresados, el programa pide la primera fecha para iniciar el cálculo, el número de posiciones requeridas y el intervalo entre las mismas. A continuación solicita se ingrese el equinoccio al que se desea referir las posiciones. Si se ingresa "2000", el programa calculará las posiciones para los equinoccios 2000 y de la fecha.

Si se ingresa otro año, el programa calculará las posiciones para los equinoccios 2000, de la fecha y el pedido. Por último, pregunta si se desea corregir los cálculos por el tiempo que tarda la luz en recorrer la distancia entre la Tierra y el cuerpo. Si se contesta "si", el programa calculará las posiciones con mayor exactitud

pero tardará el doble de tiempo en terminar el cálculo.

Al finalizar el programa se mostrarán tres o cuatro tablas dependiendo del número de equinoccios solicitados: la primera da las posiciones en ascensión recta y declinación según el equinoccio del año 2000, y la distancia a la Tierra. La segunda da la distancia al Sol, la magnitud, el ángulo de fase y la elongación. La tercera y cuarta tabla nos dan las posiciones para el equinoccio de la fecha y para el equinoccio "extra" solicitado. Las posiciones en ascensión recta vienen dadas en horas, minutos, segundos y décimas, y en declinación en grados, minutos, segundos y décimas.

La magnitud que calcula este programa (pasos 2630-2650) corresponde al sistema definido para cuerpos rugosos sin atmósfera, y requiere el valor de la magnitud absoluta en el azul, $B(1,0)$, y el coeficiente de fase correspondiente a ese objeto. Este sistema estaba definido hasta principios de este año en forma casi exclusiva para asteroides (en la actualidad se aplica un sistema bastante más complejo), por lo que se deberá alterar ese fragmento de programa para el cálculo de magnitudes planetarias o de cometas.

Como muestra del programa, se ofrecen las posiciones calculadas para el asteroide 3 Juno entre las fechas del 20/09/87 y 28/10/87, cada 2 días y para los equinoccios 2000, 1950 y de la fecha. Los valores orbitales de la Tierra, extractados del Astronomical Almanac para 1987, son:

- Época: 1987.0724 (24 Julio 1987)
- Semieje: 0.999979 unidades astronómicas
- Long. Nudo: 353.4 grados
- Arg. Perihelio: 109.6194 grados
- Inclinación: 0.00156 grados
- Anomalía media: 198.34587 grados
- Mov. Diurno: 0.9856403 grados/día
- Excentricidad: 0.0167614

EJEMPLO

Datos de entrada:

```

3 Juno           J(2000)
EPOCA(AAAA.MMDD) = 1987.0724
S.EJE(UA) = 2.8679
Q(GG.GG) = 170.576
U(GG.GG) = 246.865
I(GG.GG) = 10.909
H(GG.GG) = 254.39
n(GG.GG) = 0.22613
e = 0.01676
B(1,0) = 6.5
COEF = .025

FECHA = 1987.092
NA DE POSICIONES = 20
INTERVALO = 2
EQUINOX = 1950
CORREC. TIEMPO LUZ
  
```

Para controlar los resultados obtenidos, se puede consultar la sección G del Astronomical Almanac para 1987 donde se dan cada dos días las posiciones para los cuatro asteroides mayores. Se puede comprobar que el error cometido por el programa es despreciable.

Debido a que el programa utiliza el problema de los dos cuerpos, es recomendable no calcular posiciones para fechas separadas por 6-7 meses de la época de los elementos, como también prestar atención a los problemas típicos del cálculo de posiciones de cuerpos del sistema solar, por ejemplo, el frenado físico no gravitatorio en cometas.

Espero que el programa sea de utilidad para el lector interesado en observar cuerpos del sistema solar, pero gracias a la estructura del programa, el lector interesado en el cálculo astronómico puede encontrar algunas subrutinas útiles para el cálculo del día juliano, cambio de coordenadas, elección del cuadrante correcto para un ángulo, corrección por precesión y la pequeña trampita para utilizar con la impresora las mismas rutinas que se emplean para la salida de datos por pantalla (pasos 1380-1400). Por cualquier problema o consulta al respecto me pongo a disposición de los señores socios en el Departamento de Informática de nuestra Asociación.

Bibliografía:

- Astronomical Almanac 1987.
- Calculations of Orbits, Paul Herget, 1948.
- Astronomía de posición, Teodoro J. Vives.
- Methods of Orbit Determination, Pedro R. Escobal.
- Ephemerides of Asteroids, David J. Tholen, Lunar and Planetary Observatory, Tucson, USA.

por Ricardo Gil Hutton
 Observatorio Astronómico Municipal
 Ciudad de Mercedes

Valores de salida:

```

1987.092 = JD 2447056
      HJD       $\alpha$  (2000)       $\delta$  (2000)       $\Delta$ 
000 000000000 01.000000000 -08.400575 1.400
000 000000000 01.000000000 -08.600004 1.400
000 000000000 01.000000000 -09.000000 1.500
004 000000000 01.000000000 -09.440000 1.500
006 000000000 01.000000000 -09.810000 1.500
008 000000000 01.000000000 -10.120000 1.500
010 000000000 01.000000000 -10.380000 1.500
012 000000000 01.000000000 -10.600000 1.500
014 000000000 01.000000000 -10.780000 1.500
016 000000000 01.000000000 -10.920000 1.500
018 000000000 01.000000000 -11.030000 1.500
020 000000000 01.000000000 -11.110000 1.500
022 000000000 01.000000000 -11.160000 1.500
024 000000000 01.000000000 -11.190000 1.500
026 000000000 01.000000000 -11.200000 1.500
028 000000000 01.000000000 -11.190000 1.500
030 000000000 01.000000000 -11.160000 1.500
032 000000000 01.000000000 -11.110000 1.500
034 000000000 01.000000000 -11.040000 1.500
036 000000000 01.000000000 -10.950000 1.500
038 000000000 01.000000000 -10.840000 1.500
040 000000000 01.000000000 -10.710000 1.500
042 000000000 01.000000000 -10.560000 1.500
044 000000000 01.000000000 -10.390000 1.500
046 000000000 01.000000000 -10.210000 1.500
048 000000000 01.000000000 -10.020000 1.500
050 000000000 01.000000000 -9.810000 1.500
  
```

MJD	R	HPG	PH	ELONG
0000	00.0	00.0	13.1	147.2
0001	00.0	00.0	13.1	145.0
0002	00.0	00.0	14.1	142.6
0003	00.0	00.0	15.1	140.0
0004	00.0	00.0	16.1	138.0
0005	00.0	00.0	17.1	135.4
0006	00.0	00.0	18.1	133.0
0007	00.0	00.0	19.1	130.1
0008	00.0	00.0	20.1	128.1
0009	00.0	00.0	21.1	124.8
0010	00.0	00.0	22.1	122.0
0011	00.0	00.0	23.1	118.4
0012	00.0	00.0	24.1	114.0
0013	00.0	00.0	25.1	110.0
0014	00.0	00.0	26.1	109.4

MJD	α (1987)	δ (1987)
0000	01.360000	-9.050188
0001	01.360000	-9.110447
0002	01.360000	-9.200561
0003	01.360000	-9.475662
0004	01.360000	-10.051655
0005	01.360000	-10.301582
0006	01.360000	-10.370555
0007	01.360000	-10.53011
0008	01.360000	-11.07419
0009	01.360000	-11.21074
0010	01.360000	-11.34033
0011	01.360000	-11.53034
0012	01.360000	-12.05401
0013	01.360000	-12.18034
0014	01.360000	-12.35031
0015	01.360000	-12.55031
0016	01.360000	-12.40014
0017	01.400000	-12.40035
0018	01.400000	-12.55033

MJD	α (1950)	δ (1950)
0000	01.360000	-9.050343
0001	01.360000	-9.210366
0002	01.360000	-9.40106
0003	01.360000	-9.56076
0004	01.360000	-10.15069
0005	01.360000	-10.32066
0006	01.360000	-10.40047
0007	01.360000	-11.00019
0008	01.360000	-11.17059
0009	01.360000	-11.31064
0010	01.360000	-11.44036
0011	01.360000	-11.56049
0012	01.360000	-12.08044
0013	01.360000	-12.18021
0014	01.360000	-12.28048
0015	01.360000	-12.37043
0016	01.360000	-12.45055
0017	01.360000	-12.53020
0018	01.360000	-12.55051
0019	01.400000	-12.55041

```

1140 LET n=2: CLS: EEEP .2,30:
PRINT a$(2); " J(2000)": PRINT
GO SUB 3030: GO SUB 3050: GO SUB
3070: INPUT "EQUINOX="; f(4): PR
INT "EQUINOX="; f(4): INPUT "CORR
EC. TIEMPO LUZ(S/N)?" ; c$: IF c$ <
"s" THEN GO TO 1160
1150 PRINT "CORREC. TIEMPO LUZ".
LET d=1
1160 COPY: PRINT AT 19,10: FLAS
H 1, "EQUINOX="; f(4): FOR n=1 TO 2:
FOR x=0 TO 4
1190 LET a(n,3+x)=FN a(a(n,3+x))
: NEXT x: NEXT n
1200 LET g=.4090262: GO SUB 310
0
1210 FOR i=1 TO 12: FOR n=1 TO 2
: GO SUB 2500: NEXT n
1220 GO SUB 2670: IF d<51 THEN G
O TO 1240
1230 LET n=2: GO SUB 3000: LET f
(3)=f(3)-h: GO SUB 2500: GO SUB
2670: LET f(3)=f(3)+h
1240 LET y1=y+cos g-z*sin g: LET
z1=y*sin g+z*cos g
1250 IF x=0 THEN LET x=1e-12
1255 LET x1=ATN (y1/x): GO SUB 3
160: IF x1<0 THEN LET x1=x1+2*PI
1260 LET b(k,0)=x1: LET b(k,2)=F
N c(FN b(x1)/15): LET x1=ASN (z1
/b(k,5)): LET b(k,10)=x1: LET b(
k,0)=FN c(FN b(x1)): LET t8=2: G
O SUB 2460
1265 IF f(4)=2000 THEN GO TO 127
0
1265 LET t6=4: LET t5=(f(4)-2000
)/100: GO SUB 2461
1270 GO SUB 3620: LET f(3)=f(3)+
t3: NEXT k
1280 LET t6=2: LET t7=INT t1: GO
SUB 3240: IF f(4)=2000 THEN GO
TO 1285
1282 LET t6=4: LET t7=f(4): GO S
UB 3300
1285 CLS: INPUT "DESEA IMPRESIO
N(S/N)?" ; c$: IF c$="s" THEN GO T
O 1300
1290 INPUT "DESEA VISUALIZAR TAB
LAS(S/N)?" ; c$: IF c$="s" THEN GO
TO 1280
1300 INPUT "DESEA CAMBIAR FECHAS
(S/N)?" ; c$: IF c$="s" THEN GO TO
1370
1305 INPUT "DESEA CAMBIO EQUINOX
(S/N)?" ; c$: IF c$="s" THEN GO TO
1410
1310 INPUT "FINALIZA PROGRAMA(S/
N)?" ; c$: IF c$="s" THEN GO TO 11
00
1320 INPUT "DESEA CAMBIAR DATOS
TIERRA(S/N)?" ; c$: IF c$="s" THEN
GO TO 1350
1330 INPUT "DESEA CAMBIAR DE CUE
PRO(S/N)?" ; c$: IF c$="" THEN G
O TO 1350
1340 LET n=2: GO SUB 2400: LET n
=1: GO SUB 2490: GO TO 1130
1350 LET n=2: GO SUB 2490: GO TO
1130
1360 LET n=1: GO SUB 2400: GO TO
1330
1370 CLS: GO SUB 3060: PRINT AT
19,10: FLASH 1, "EQUINOX="; f(4): GO
SUB 3100: GO TO 1210
1380 LET d1=1: POKE 23578,16: LE
T t6=2: LET t7=INT t1: GO SUB 32
40: IF f(4)=2000 THEN GO TO 1400
1390 LET t6=4: LET t7=f(4): GO S
UB 3300
1400 POKE 23578,6: LET d1=0: GO
TO 1290
1410 INPUT "EQUINOX="; f(4): PRIN
T AT 19,10: FLASH 1, "EQUINOX="
: LET t5=(f(4)-2000)/100: LET t6
=4: LET t7=f(4): FOR k=1 TO 12:
GO SUB 2461: NEXT k: GO SUB 3300
: GO TO 1285

```

Listado del programa:

```

1100 CLEAR: GO SUB 3180: GO SUB
3090: LET a$(1)="TIERRA": LET d
=0: LET d1=0
1110 PRINT AT 9,9: FLASH 1, "EQUINO
X="; f(4): PRINT AT 11,11: FLAS
H 1, "CORREC. TIEMPO LUZ="; f(4):
PRINT AT 17,3: "GO.A.H.-Ricardo G.L Hutton": P
RINT AT 19,7: "PRESIONE UNA TECLA
": PAUSE 0
1120 CLS: FOR n=1 TO 2: GO SUB
2400: NEXT n
1130 CLS: GO SUB 3060: GO SUB 3
070: INPUT "TODO BIEN(S/N)?" ; c$:
IF c$ < "s" THEN GO TO 1130

```

```

2400 IF n=1 THEN GO TO 2420
2410 INPUT "NOMBRE DEL CUERPO (15
1=, a$(2)
2420 CLS : PRINT "INGRESE DATOS
ORBITALES J(2000) DE " : PRINT "DE " :
a$(1) : GO SUB 3020 : IF n=2 THEN
GO SUB 3040
2430 CLS : BEEP .2,30 : PRINT "DA
TOS ORBITALES J(2000) DE " : PRIN
T a$(1) : GO SUB 3000 : IF n=2 THE
N GO SUB 3050
2440 INPUT "TODO BIEN(S/N)?": c$:
IF c$="S" THEN GO TO 2410
2450 RETURN
2460 LET t5=(f(3)-51545)/35525
2461 LET p1=0.01118085+t5+1.4643
012e-5+ABS t512 : LET p2=0.011180
85+t5+5.3075463e-5+ABS t512 : LET
p3=0.009717173+t5-2.0682152e-5+
ABS t512
2470 LET x=COS (p1+b(k,9))+COS p
2+COS b(k,10)-SIN p3+SIN b(k,10)
: IF x=0 THEN LET x=1e-12
2480 LET x1=ATN (SIN (p1+b(k,9))
+COS b(k,10)/x) : GO SUB 3150 : LE
T x1=x1+p2 : IF x1<0 THEN LET x1=
x1+2*PI
2485 LET x=ASN (COS (p1+b(k,9))*
SIN p3+COS b(k,10)+COS p3+SIN b(
k,10)) : LET b(k,9+15)=FN C1FN b(
k,11)/15 : LET b(k,10+15)=FN C1FN
b(k,11) : RETURN
2490 FOR x=0 TO 4 : LET a(n,3+x)=
FN a(a(n,3+x)) : NEXT x : RETURN
2500 LET e=a(n,6)+(f(3)-f(0))/a(
n,7) : LET e=e
2510 LET x=a+a(n,8)+SIN e-e : IF
ABS x-2e-7 THEN GO TO 2530
2520 LET e=e-x/(a(n,8)+COS e-1) :
GO TO 2510
2530 LET x=a(n,2)+(COS e-a(n,8))
: IF x=0 THEN LET x=1e-12
2540 LET x1=ATN (a(n,2)+SOR (1-a
(n,8)+2)+SIN e/x) : GO SUB 3150
2550 LET v=x1+a(n,4) : IF COS x1=
0 THEN LET x1=PI/2+2.6e-8
2560 LET a(n,12)=x/COS x1
2570 LET a(n,9)=a(n,12)+COS v+C
OS a(n,3)-SIN v+COS a(n,5)+SIN a
(n,3)
2580 LET a(n,10)=a(n,12)*(COS v*
SIN a(n,3)+SIN v+COS a(n,5)+COS
a(n,3))
2590 LET a(n,11)=a(n,12)*SIN v+S
IN a(n,5) : IF n<1 THEN GO TO 26
10
2600 LET l=FN a(f(3)-44998.075)
+13.1764) : LET a(n,9)=a(n,9)-3.1
2e-5+COS l : LET a(n,10)=a(n,10)-
0.12e-5+SIN l
2610 RETURN
2620 LET b(k,7)=FN b(ACS ((a(2,1
0)+b(k,5)+12-a(1,12)+12)/(2+a(2,
12)+b(k,5))) : LET b(k,3)=FN b(A
CS ((b(k,5)+12+a(1,12)+12-a(2,12)+
9)/(2+b(k,5)+a(1,12)))
2624 IF b(k,7)<0 THEN LET b(k,7)
=b(k,7)+180
2625 IF b(k,8)<0 THEN LET b(k,8)
=b(k,8)+180
2630 IF b(k,7)<7 THEN GO TO 2650
2640 LET b(k,6)=INT ((b+2.171472
405*LN (a(2,12)+b(k,5))+b(k,7)*C
1+10)/10) : GO TO 2660
2650 LET b(k,6)=INT ((b+2.171472
405*LN (a(2,12)+b(k,5))+0.134*b(
k,7)+0.714-0.538+7+c1+10)/10)
2660 LET b(k,4)=INT (a(2,12)+1e3
)/1e3 : LET b(k,5)=INT (b(k,5)+1e
3)/1e3 : LET b(k,7)=INT (b(k,7)+1
0)/10 : LET b(k,8)=INT (b(k,8)+10
)/10 : LET b(k,1)=INT ((f(3)-1e3-
INT (f(3)/1e3)+1e4)/10) : RETURN
2670 LET x=a(2,9)-a(1,9) : LET y=
a(2,10)-a(1,10) : LET z=a(2,11)-a
(1,11)

```

```

2650 LET b(k,5)=SOR (ABS x+12+ABS
y+12+ABS z+12) : RETURN
3000 LET h=b(k,5)+0.005775 : RETU
RN
3020 RESTORE : FOR k=1 TO 6 : REA
D b$: INPUT (b$),a(n,k) : NEXT k :
RETURN
3030 RESTORE : FOR k=1 TO 6 : REA
D b$: PRINT b$,a(n,k) : NEXT k : R
ETURN
3040 INPUT "B(1,0)=" : b : INPUT "C
DEF=" : c : RETURN
3050 PRINT "B(1,0)=" : b : PRINT "C
DEF=" : c : RETURN
3060 INPUT "FECHA(AAAA.MMDD)=" : t
1 : INPUT "NA DE POSICIONES=" : t2 :
INPUT "INTERVALO=" : t3 : RETURN
3070 PRINT : PRINT "FECHA=" : t1 :
PRINT "NA DE POSICIONES=" : t2 : PR
INT "INTERVALO=" : t3 : RETURN
3080 DATA "EPOCA(AAAA.MMDD)=" : "S
.EJE(UA)=" : "Q(GG.GG)=" : "U(GG.GG)
=" : "I(GG.GG)=" : "H(GG.GG)=" : "n(GG
.GG)=" : "e="
3090 DIM a$(2,15) : DIM a(2,12) :
DIM b(36,14) : DIM f(4) : DEF FN a
(x)=x*PI/180 : DEF FN b(x)=x+180/
PI : DEF FN c(x)=SGN x+(INT ABS x
+INT ((ABS x-INT ABS x)+60)/100+
INT ((ABS x-INT ABS x)+60-INT (
ABS x-INT ABS x)+60)/1e5)
: RETURN
3100 FOR n=1 TO 3 : IF n<3 THEN
GO TO 3120
3110 LET x=11 : GO TO 3130
3120 LET x=a(n,1)
3130 LET x1=INT (x-INT x)+100) :
IF x1>2 THEN GO TO 3150
3140 LET x=x-1 : LET x1=x1+12
3150 LET f(n)=INT (365.25+INT x)
+INT (30.6001+(x1+1))+((x+100-INT
(x*100)+100-673019) : NEXT n : LE
T t4=2.4e6+f(3) : RETURN
3160 IF x=0 THEN RETURN
3170 LET x1=x1+PI : RETURN
3180 RESTORE 3220 : FOR n=0 TO 7 :
READ x : POKE USR "a"+n,x : NEXT
n
3190 FOR n=0 TO 7 : READ x : POKE
USR "b"+n,x : NEXT n
3200 FOR n=0 TO 7 : READ x : POKE
USR "c"+n,x : NEXT n
3210 FOR n=0 TO 7 : READ x : POKE
USR "d"+n,x : NEXT n
3220 DATA 60,65,129,129,66,36,23
1,0,0,49,74,132,132,74,49,0,12,1
6,16,6,62,66,36,24,0,0,24,36,66,
129,126,0
3230 RETURN
3240 CLS : BEEP .3,30 : PRINT t1,
"=UD " : t4 : PRINT : PRINT " MJD
0(2000) " : $(2000) " : PRINT
3250 FOR k=1 TO 12 : PRINT b(k,1)
: TAB 8:b(k,4):TAB 14:b(k,6):TAB
19:b(k,7):TAB 25:b(k,8) : NEXT k :
26:b(k,5) : NEXT k : IF d1=1 THEN
GO TO 3270
3260 PRINT : PRINT "PRESIONE UNA
TECLA" : PAUSE 0
3270 CLS : BEEP .3,30 : PRINT : P
RINT " MJD " R MAG PH E
LONG" : PRINT
3280 FOR k=1 TO 12 : PRINT b(k,1)
: TAB 8:b(k,4):TAB 14:b(k,6):TAB
19:b(k,7):TAB 25:b(k,8) : NEXT k :
IF d1=1 THEN GO TO 3300
3290 PRINT : PRINT "PRESIONE UNA
TECLA" : PAUSE 0
3300 CLS : BEEP .3,30 : PRINT : P
RINT " MJD " (X(1),17,") " : $(
17,") : PRINT
3310 FOR k=1 TO 12 : PRINT TAB 2)
b(k,1):TAB 9:b(k,9+15):TAB 15:b(
k,10+15) : NEXT k : IF d1=1 THEN R
ETURN
3320 PRINT : PRINT "PRESIONE UNA
TECLA" : PAUSE 0 : RETURN

```

Astronomía Observacional

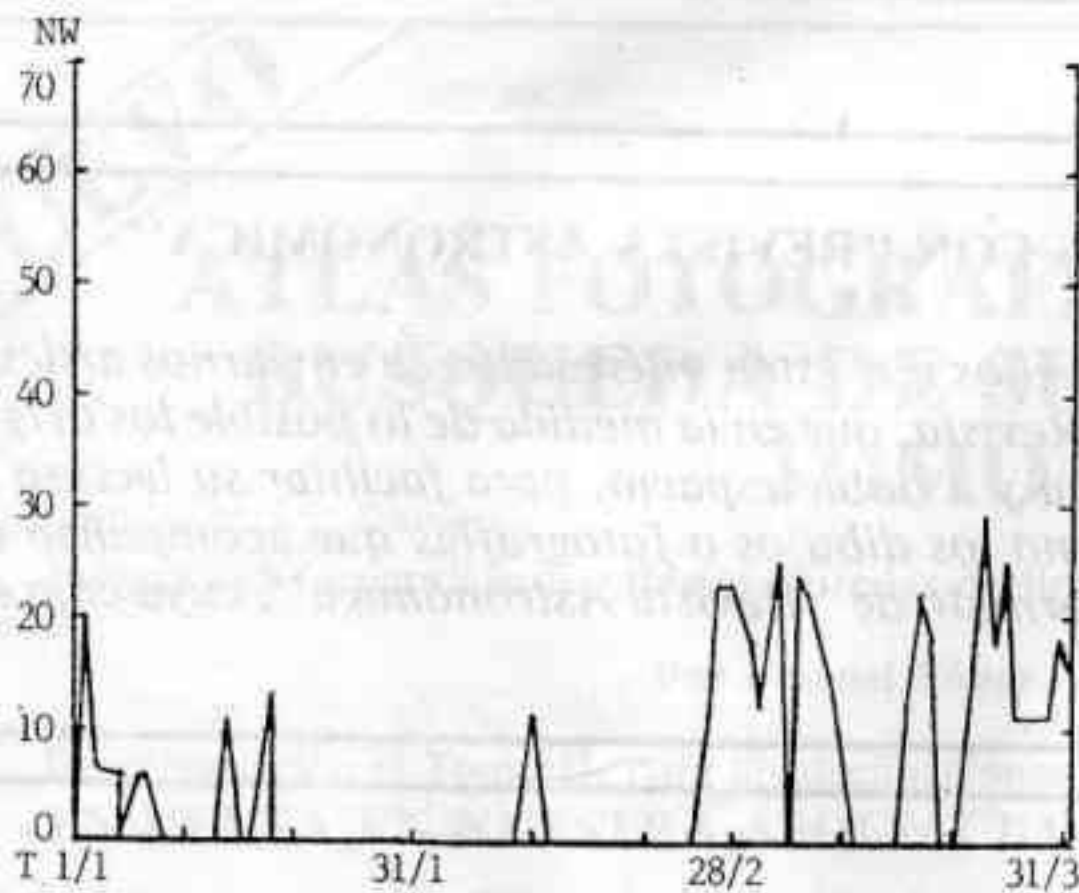
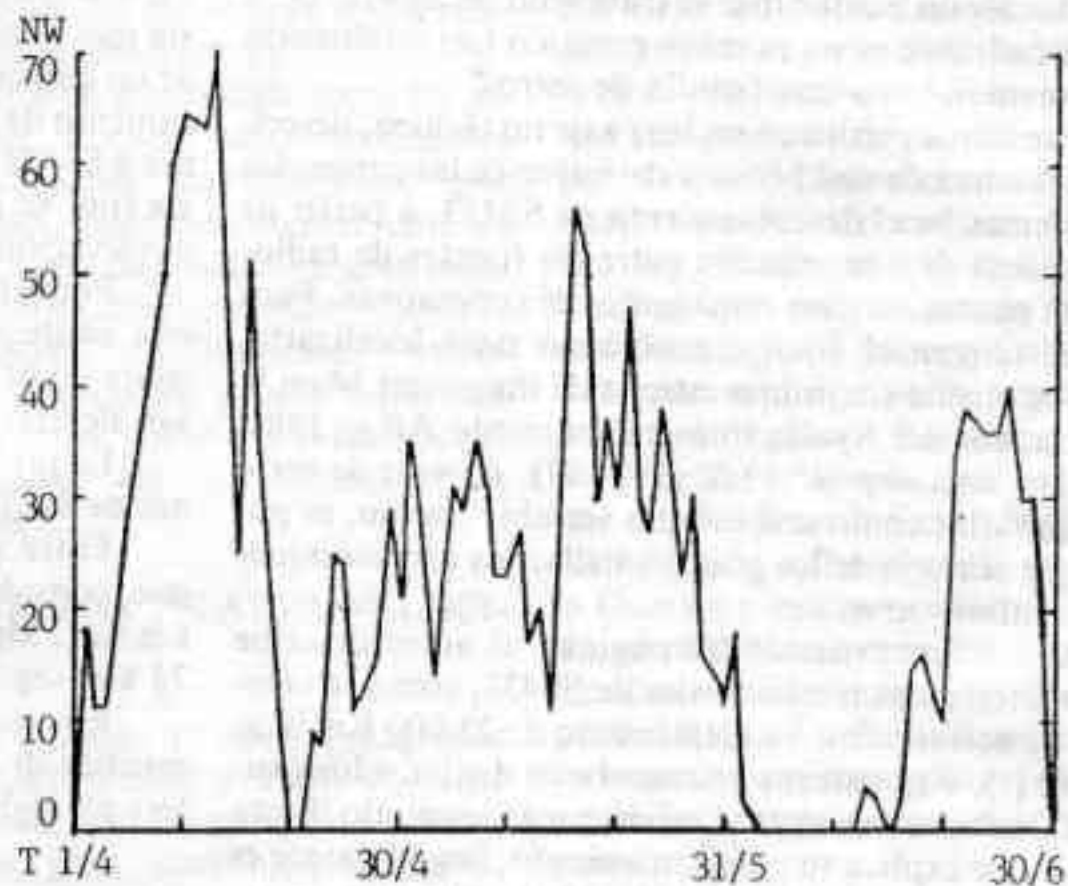
Conducido por la Comisión de Observatorio.

INFORME DE ACTIVIDAD SOLAR DEL PRIMER SEMESTRE 1987.

La actividad solar durante el primer semestre de 1987 no fue muy grande, encontrándose (como se ve en los gráficos adjuntos) días con número de Wolf cero.

Sim embargo durante el mes de Abril, exactamente el día 13, se observó un casi repentino ascenso de actividad, resultando del cálculo un número de Wolf de 70, el más alto del semestre.

Los gráficos fueron obtenidos con los datos recibidos de las distintas instituciones que habitualmente colaboran con nuestro grupo de tra-



bajo: Observatorio de Capricornio (Brasil), Observatorio Real de Bélgica, el Centro de Recopilador de Indices de Manchas Solares (SIDC), el Observatorio del Colegio San José de Buenos Aires, el Observatorio Sigma Octantis de Bolivia, y a partir de este año el Observatorio Municipal Americana (OMA) de Brasil.

También dichos gráficos fueron obtenidos por promedio de las observaciones realizadas desde nuestra Asociación con el telescopio Refractor Zeiss de 160 mm.

Aclaremos que dichas observaciones son realizadas los días sábados a las 15,30 hs. por lo que invitamos a todos aquellos socios que estén interesados en este tipo de trabajo a comunicarse con el encargado Sr. Marcelo Monópoli.

Bibliografía Comentada

Tae quest for SS433

David H. Clark. Editorial Adam Hilger (Gran Bretaña)

Tapa dura. 206 pag. 1986. En inglés.

Un libro como este era grandemente esperado en el ámbito astronómico no profesional, como un resumen de las investigaciones aparecidas en distintas revistas científicas, sobre el objeto SS433 (el objeto N° 433 del catálogo Stephenson-Sanduleak), desde fines de la década del 70. En particular, el título puede confundir un poco, haciendo pensar que se trata solo de SS433, pero en realidad, este es un nombre genérico (no establecido oficialmente), para una familia de astros.

Este libro, escrito en un lenguaje no técnico, describe a la manera de una historia detectivesca las peripecias y problemas en el descubrimiento de SS433, a partir de la búsqueda de una relación entre las fuentes de radioemisión puntuales y los remanentes de supernovas. Para los que tengan el equipo apropiado para localizarla, SS433 es visible como una estrella de magnitud 14 en la constelación del Aguila (más exactamente AR = 19hs. 09m. 21s. dec. = + 4° 53.9' (1950.07). A pesar de verse en fotografías como una estrella variable común, es posible que sea uno de los grandes hallazgos astronómicos de los últimos años.

Al ir transcurriendo las páginas, el autor describe las características tan inusuales de SS433, como la velocidad de acercamiento y alejamiento de 25.000 Km/seg. a la vez (!), o su extraña estructura en distintas longitudes de onda, hasta llegar al modelo más aceptado (hasta ahora), que explica su comportamiento. Según parece es un sistema binario a 10.000-150.000 años-luz, compues-

to por una estrella relativamente normal y una estrella neutrónica, de la que provienen dos "jets" de radiación y materia (más exactamente de un disco de acreción a su alrededor).

Es difícil describir este libro, ya que trata sobre las distintas etapas de evolución de un sistema de estrellas que tiene cierta relación con muchos fenómenos observados en el Universo; por ejemplo desde el posible origen de las supernovas del tipo I, las runaway stars (estrellas de alta velocidad), o los fenómenos superlumínicos, hasta la posible relación entre SS433 y las radiogalaxias con emisión de jets. Como comenta el autor "si SS433 es una versión en miniatura de una radiogalaxia mostrando jets, es claro que un mayor conocimiento de las características de SS433 podría ayudar en el conocimiento de las radiogalaxias... y es mucho más fácil poner a SS433 "bajo el microscopio" que a una radiogalaxia (por su periodo, mayor brillo aparente, facilidad de observación...)"

Por otra parte, para los que quieran seguir astronomía profesionalmente, hallarán una descripción clara sobre como investiga y vive un astrónomo, con todas sus alegrías y decepciones.

La presentación del libro es excelente, aunque algunas de las figuras no llegan a su calidad.

Entre sus páginas, solo un error he hallado, y es que considera la constante de Hubble como de 100 km/seg. Mpc, siendo la actualmente aceptada entre 50 y 75 km/seg. Mpc.

En resumen, el libro es muy bueno, y aunque muchos de nuestros consocios no son muy amantes de leer en inglés, bien vale la pena el esfuerzo.

Claudio Martinez

COLABORACIONES CON "REVISTA ASTRONOMICA"

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

Noticiero Astronómico

CORRIENTES EN EL FLUIR DEL COSMOS

Todas las galaxias, cúmulos de galaxias y supercúmulos incluidos en una vasta región del espacio de 400 millones de años luz en torno a nuestra Galaxia, parecen moverse en dirección a la Cruz del Sur. Este movimiento organizado a 700 Km por segundo se superpone al de expansión del Universo; el hallazgo es una sorpresa, aunque había previas indicaciones de que la expansión anunciada por Edwin Hubble en 1929 no es enteramente uniforme y suave.

El descubrimiento se debe a David Burstein y un equipo de otros seis científicos de E.E.U.U. e Inglaterra, ocupados en un extenso estudio observacional de galaxias elípticas. A partir de datos fotométricos y espectroscópicos de alrededor de 400 objetos, pudieron determinar la distancia de cada galaxia con un error menor del 25% e inferir el movimiento general. El trabajo también sugiere la presencia de un mosaico de regiones de alrededor de 50 a 100 años luz de diámetro, en las que las galaxias tienen un comportamiento similar.

Las evidencias de desplazamientos en gran escala fueron presentadas en una reunión de trabajo de la NATO en Enero de 1986. Los inves-

tigadores tomaron como base dos suposiciones fundamentales: la radiación de fondo de 3°K define un patrón absoluto de reposo, y las propiedades de las galaxias son las mismas en todas partes; desde su punto de vista, cuestionar esos principios "crearía dilemas de igual o mayor magnitud que el del movimiento en gran escala mismo".

Trabajos previos dan resultados aparentemente contradictorios, pero Burstein y sus colegas hacen notar que "una vez que son referidos a coordenadas basadas en la radiación de fondo, los movimientos son relativamente consistentes".

Flujos en gran escala como los indicados pueden tener fascinantes implicaciones cosmológicas; por ejemplo, ¿son consistentes con las variaciones de densidad en gran escala ya conocidas, como los "vacíos", "burbujas" y "filamentos" extendidos de galaxias? y, ¿qué influencia puede tener sobre las estimaciones efectuadas de la constante de Hubble?

ESTRELLAS DE ALTA VELOCIDAD

Las estrellas de novena magnitud Washington 5583 y 5584, ubicadas en Libra, son bien conocidas entre las de gran movimiento propio, desplazándose a razón de 3,67" por

año; se hallan a 5' entre sí, a 1° al este de Nu Librae.

Pero hay algo muy curioso acerca de este par: usualmente las estrellas de rápido movimiento aparente son cercanas al Sol, pero estas han frustrado muchos intentos de hallar sus paralajes trigonométricas. El mejor valor hallado hasta el momento por Wulff D. Heintz hace quince años es de 0,03 +/- 0,006 segundos de arco, lo que implica una distancia de 110 años luz.

Por el efecto Doppler de las líneas de sus espectros sabemos que se están alejando a 300 Km/seg; usando esta velocidad radial, el movimiento propio y la distancia, Heintz calculó que su velocidad de desplazamiento por el espacio (descontando el movimiento propio del Sol) es de 470 Km/seg, ¡mucho mayor que los 320 Km/seg que constituyen la velocidad de escape de nuestra Galaxia!

El par se dirige en la actualidad hacia las regiones interiores de la Vía Láctea; si no pertenecen a ella, ¿de donde vienen?. Como la trayectoria ha sido influida por la masa de la Galaxia y esta no es bien conocida, es difícil de determinar. Ambas estrellas son subenanas de clase espectral K0, con vidas suficientemente largas como para sobrevivir a su solitaria jornada desde una distante galaxia.

NUEVO

ATLAS FOTOGRAFICO PARA LA BUSQUEDA DE SUPERNOVAS TOMO I

Incluye 125 fotografías de galaxias entre las declinaciones -20° y -90°.

Por Manuel López Alvarez

En preparación el Tomo II, para las declinaciones -20° a +20°.

EN VENTA EN NUESTRA ASOCIACION. CONSULTE.

Noticias de la Asociación

SOCIOS NUEVOS

- 5563 GUILLERMO LOZADA
5564 MAGDALENA MALAURIE
5565 JOSE MARIA CASTELLANO
5566 MARCOS COHEN
5567 GABRIEL SADI
5568 CLAUDIO JAVIER VENTURELLI
5569 MIGUEL ANGEL SBRAVATTI
5570 DIEGO WISNIACKI
5571 FERNANDO BERENGUER
5572 CLAUDIO SLAMOVITS
5573 ISABEL GABRIELA MAMONE
5574 GABRIELA STOPPELMAN
5575 GUSTAVO ERNESTO CHIATTELLINO
5576 ANDREA FABIANA ANSALDI
5577 ROBERTO SAMUEL GISZLAK
5578 JUAN LUCAS GALAK
5579 ROQUE SERGIO BACCILE
5580 CECILIA OLIVER
5581 EVA MARTA GABRIELA GRANDE
5582 ENRIQUE ALEJANDRO GANDULFO
5583 LAURA VERONICA GONZALEZ BOSCH
5584 MARIA CECILIA TERAN
5585 MARCELA RIHA
5586 JORGE PEDRO PIÑOL
5587 ANDREA MIRTA MENDEZ
5588 LORENA PAULA GIRALDEZ
5589 JAVIER LOMBARDI
5590 LAURA RODRIGUEZ
5591 JORGE CRESSI
5592 NICOLAS AVRUIJ
5593 DANIEL ALEJANDRO BOADAS
5594 EDUARDO OTERO MACHADO
5595 ERNESTO MADERNA
5596 GUILLERMO STILSTEIN
5597 SUSANA VANESA LOGVINIUK
5598 CARLOS LISANDRO DOÑO
5599 JUAN ALBERTO LUGONES
5600 LAURA CUELLO
5601 RITA CARMEN CAMAÑO
5602 ANA ROSA DALLAS
5603 ENRIQUE LECOUR
5604 PABLO OLIVER
5605 MONICA BEATRIZ LAMAS
5606 ALBERTINA CARON
5607 GLADYS STELLA GOREICO
5608 CHRISTIAN FEDERICO TRENCH
5609 GUSTAVO LITMANOVICH
5610 ERNESTO CARLOS CORMENZANA
5611 ZULEMA PARISI
5612 ALEJANDRO LOPEZ
5613 MARCELO LAVINTMAN
5614 ANA LAURA ROITMAN
5615 INES MATILDE CARBALLO
5616 VLADIMIRO MERINO
5617 WALTER GABRIEL LEIVA
5618 ADRIAN BENDAHAU
5619 CYNTHIA ANDREA GUELFAND
5620 DOMINGO ARTURO BRAVO
5621 JOSE EDGARDO MARCELO BRIAMONTE
5622 DANIEL BRIAMONTE
5623 ERNESTO PEDRO ALTINIER
5624 MILNER RIOS
5625 ARIEL PABLO TOPASSO
5626 NESTOR LEOPOLDO ROSSO
5627 MARTIN SCHWARTZ
5628 FERNANDO DIEGO CASTRIOTA
5629 SUSANA ELENA GONZALEZ ZAMBRANO
5630 SERGIO FABIAN LUQUE
5631 MARTIN RAVERTA
5632 GUILLERMO ANTONIO JORGE
5633 JUAN FACUNDO BUSTELO
5634 NORMA ITATI NUÑEZ
5635 FERNANDO VARELA LOPEZ
5636 ROLANDO LUIS TORRES
5637 ANDREA BEATRIZ COPPOLA
5638 LUIS FEDERICO MAFFEI
5639 JUAN ENRIQUE ROTGER
5640 RODRIGO LUGONES
X5641 PABLO HANCEVICH
5642 DARIO KRAWIEC
5643 HERNAN BOVO BALLOFFET
5644 PEDRO RICARDO NAVARRO
5645 MARIANA SUAREZ
5646 GRISELDA DELIA CABELLO
5647 VICTOR SEBASTIAN FERNANDEZ LAHORE
5648 JULIAN DIEGO DAICH
5649 ANTONIO NORBERTO DE SIMONE
5650 ALDO FERNANDO CANEPA
5651 KARINA LEANDRA CARDOZO
5652 LIA IELLAMO
5653 ADELAIDA ROSA SCHELL
5654 DIEGO CANOSA
5655 RICARDO MARIO LACAVA
5656 MERI BEJAR
5657 JORGE LORENZO
5658 DANIELA IRIGOYEN
5659 CLAUDIO FUKS
5660 ROBERTO JORGE ZICARELLI
5661 LAURA CECILIA SANCHEZ
5662 ANGEL ANTONIO CHANA
5663 NORA KANCEPOLSI
5664 GUILLERMO CABELLO
5665 HECTOR LUIS ARES

Fe de erratas del número anterior

- La fotografía de la pág. 17 está invertida.
- El "Informe del Eclipse del 29/03/87" es debido al Sr. Claudio Martinez.