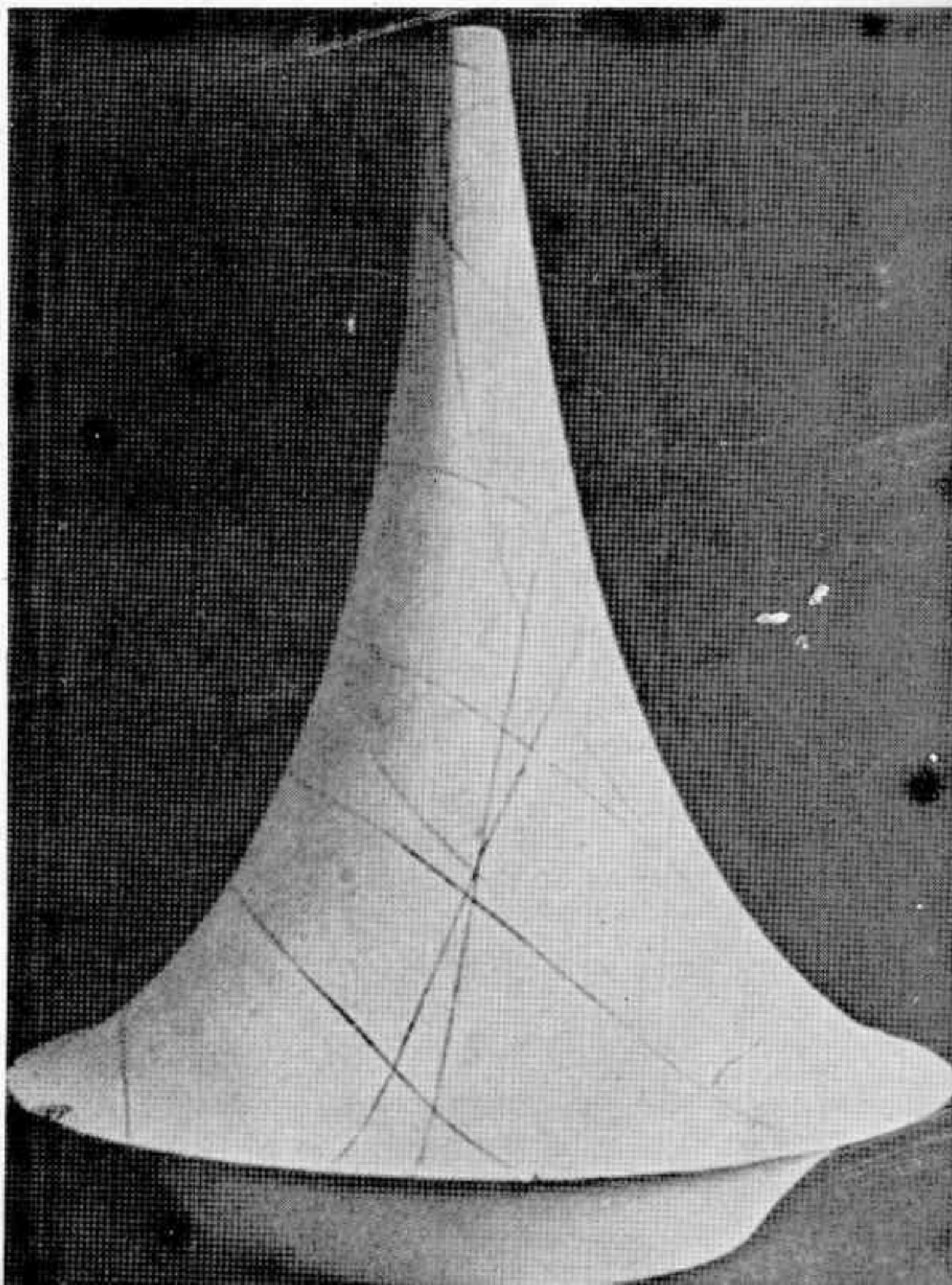


# REVISTA ASTRONOMICA




ABRIL

JUNIO

1981

N° 217



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

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

# REVISTA ASTRONOMICA

N° 217

ABRIL - JUNIO de 1981

TOMO LIII

AG ISSN 0044 - 9253

REGISTRO NACIONAL  
DE LA PROPIEDAD  
INTELLECTUAL N° 92.576

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

DISTRIBUCION GRATUITA  
A LOS SEÑORES ASOCIADOS

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

#### DIRECTOR:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

#### SECRETARIOS:

Sr. Carlos Rúa

Sr. Eduardo De Tommaso

#### REDACTORES:

Sr. Ambrosio Juan Camponovo

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Carlos Rúa

Sr. Mario Vattuone

#### TRADUCTORES:

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

#### ASESOR ARTISTICO:

Sr. Jorge Luis Ferro

#### CANJE Y SUSCRIPCIONES:

Srta. Flora Clauré

#### EFEMERIDES:

Ing. Cristián Rusquellas

#### COMISION DIRECTIVA

##### PRESIDENTE

Dr. Fernando P. Huberman

##### VICE-PRESIDENTE

Ing. Cristián Rusquellas

##### SECRETARIO

Prof. Luciano Ayala

##### PRO-SECRETARIO

Srta. Lilliana Graciela Quarteri

##### TESORERO

Sr. Eduardo De Tommaso

##### PRO-TESORERO

Ing. Benjamín Trajtenberg

##### VOCALES TITULARES

Sr. Carlos Antonioli

Sr. Claudio Apelbaum

Sr. Alejandro Di Baja (h)

Sr. Guillermo Lücke

Dr. Angel Papetti

Sr. Mario Vattuone

##### VOCALES SUPLENTES

Srta. Flora Beatriz Clauré

Sr. Roberto Remi Frommel

Sr. José María Requeijo

##### COMISION REVISORA DE CUENTAS

Sr. Claudio Cuello

Sr. Carlos E. Gondell

Dr. Fernando Larumbe

##### Impreso en

Agencia Periodística CID

Avda. de Mayo 666, 2°

Tel. 30-2471 Bs.As.



REVISTA ASTRONOMICA

# REVISTA ASTRONOMICA



Fundador : CARLOS CARDALDA

Organo de la Asociación Argentina

Amigos de la Astronomía

## SUMARIO

### ESTADO ACTUAL DE LA COSMOLOGIA

*por Louis C. Green - Haverford College*

2

### MONOGRAFIAS SOBRE PLANETAS: JUPITER

*por Ambrosio Camponovo*

7

### NOTICIAS DE LA ASOCIACION

16

### EL AFICIONADO Y EL SISTEMA SOLAR

*conducido por la subcomisión de planetas*

18

Nuestra Portada  
"PSEUDOESFERA"  
Superficie bidimensional de  
curvatura constante negativa,  
una generalización de la cual  
a nuestro universo espacio  
temporal de cuatro  
dimensiones constituye el  
modelo de universo abierto.



Abril - Junio 1981 • 1

# Estado actual de la Cosmología

por Louis C. Green, Haverford College

Traducido de *Sky and Telescope* de setiembre de 1977

con autorización  
de Sky Publishing Corporation  
y conformidad del autor,  
los que retienen los derechos de autor

De todos los problemas astronómicos, aquel de mayor escala en lo que respecta tanto al espacio como al tiempo es el estudio de la historia pasada y la probable evolución futura del Universo como un todo. En el sentido más amplio, la cosmología debería dar cuenta no sólo de la historia del Universo, sino también de todo objeto en él. Empero, durante el último medio siglo, los astrónomos han empleado el término principalmente para el propio Universo y para los movimientos, posiciones, e interacciones de sus constituyentes mayores —las galaxias—. Por generaciones la cosmología ha atraído el interés de algunos de los astrónomos teóricos y observacionales más hábiles, y continúa haciéndolo hoy.

En los años '20 Edwin Hubble y otros realizaron el sorprendente descubrimiento de que el Universo parecía estar expandiéndose. Las observaciones tienden a indicar que las galaxias distantes y los conglomerados de galaxias se alejan de la nuestra a velocidades proporcionales a su distancia de nosotros. Cómo comenzó este movimiento, y cual será su destino ha sido el problema cosmológico central por casi medio siglo.

## ESPACIO CURVADO

Se está universalmente de acuerdo en que debemos basar nuestro estudio sobre las ecuaciones de la relatividad general desarrolladas por Albert Einstein. Aún resta por confirmar si este enfoque es adecuado.

La relatividad general es una teoría de la gravitación, la que es reducida a una curvatura del espacio-tiempo. La curvatura resulta de la presencia de materia y energía. En ausencia de ambas, el espacio sería el espacio ordinario Euclideo tri-dimensional de nuestra experiencia diaria, y el tiempo respondería a nuestra intuición común. Estando presentes materia o energía, esto ya no es así.

Para tener una idea entonces de lo que en realidad es verdad, debemos considerar la geometría asociada con cuatro variables o dimensiones: tres están relacionadas con las dimensiones espaciales de la vida diaria, y la cuarta corresponde al tiempo. No juegan papeles idénticos —el tiempo es especial en cierto sentido— pero todas están interrelacionadas.

Para comprender que se entiende por espacios cuatri-dimensionales curvados, consideraremos algunos ejemplos simples de espacios curvos que pueden visualizarse en dos dimensiones.

La circunferencia es un ejemplo de un espacio curvado unidimensional, un espacio no-Euclideo. Para seres uni-dimensionales que vivieran en este espacio, insectos, por ejemplo, sólo resultaría posible moverse hacia adelante o hacia atrás a lo largo de la circunferencia. No hay modo para ellos de alcanzar el espacio interior o exterior a la circunferencia, ni siquiera detectar su existencia. La segunda dimensión, la que agregamos cuando pensamos a la circunferencia apoyada en un plano, nos permite discutir el interior y el exterior de la misma, pero desde el punto de vista del insecto, ésta es una dimensión no-física, algo que quizás pueda concebir pero no penetrar.

Podríamos haber pensado también la circunferencia como un rulo de alambre muy fino en el espacio tri-dimensional, es decir un espacio unidimensional embebido en uno tri-dimensional. Igualmente nuestro rulo podría pensarse incluido en un espacio de cuatro, cinco, o más dimensiones.

En todos estos casos, el círculo retiene ciertas propiedades básicas: no tiene límites o bordes (un insecto puede viajar indefinidamente en ambas direcciones). Empero, la extensión total del espacio, el perímetro de la circunferencia es finita. Se dice entonces que el espacio es cerrado.

Además, ningún punto de la circunferencia es especial en lo que respecta a su posición. Si ésta creciera al doble de tamaño, dos puntos cualesquiera inicialmente distanciados una pulgada, estarían luego separados dos pulgadas sin importar en que parte de la circunferencia se hayasen. Puntos doblemente alejados inicialmente, se alejarían el doble de rápido y terminarían separados por cuatro pulgadas a lo largo del círculo, y así siguiendo.

## CURVATURAS POSITIVA, NULA Y NEGATIVA

Todas las propiedades recién mencionadas pertenecen a un espacio que es uno de los candidatos principales como modelo de nuestro Universo, llamado espacio cerrado, o espacio de curvatura positiva.

Si en realidad vivimos en un espacio cuatri-dimensional cerrado, el análogo del círculo, el Universo tiene entonces un volumen finito pero es ilimitado. A medida que el espacio se expande, cada galaxia se aleja de toda otra galaxia, excepto dentro de cúmulos de galaxias tales como el Grupo Local donde la gravedad triunfa. Escapamos también de la noción pre-Copernicana

de que estamos en el centro del Universo. Si bien es cierto que todas las galaxias lejanas escapan de nosotros a velocidades proporcionales a sus distancias, esto empero no nos da ninguna posición especial dado que todo observador en el Universo puede afirmar lo mismo.

El siguiente ejemplo más sencillo de un espacio cerrado de curvatura positiva es la superficie bidimensional de una esfera.

Podemos considerar también espacios infinitos no-cerrados, tales como la línea recta Euclideana o la hipérbola, en una dimensión. Mejor aún, consideremos los espacios bi-dimensionales del plano de esta hoja de papel o de un pizarrón. Espacios como éstos, donde valen la reglas de la geometría ordinaria, se llaman **planos o Euclidianos**, y tienen curvatura **nula**. Regiones localizadas del espacio-tiempo que estén libres de grandes concentraciones de materia o energía pueden generalmente ser aproximadas por espacios planos, en los cuales las ecuaciones de la relatividad general simplemente se reducen a aquellas de la relatividad especial.

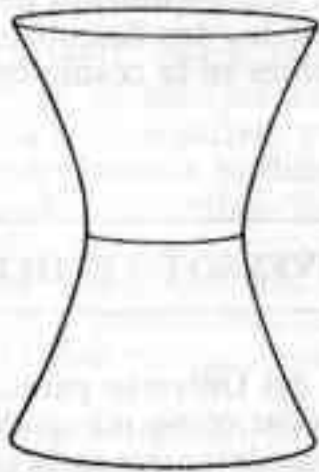
Los espacios **abiertos** de curvatura **negativa**, o espacios **hiperbólicos**, también les resultan familiares a los matemáticos. Unos pocos ejemplos se ilustran en la figura 1.

La diferencia matemática entre curvatura positiva y negativa radica en que cualquier par de curvas de la superficie que se intersecten formando un ángulo recto serán ambas convexas o cóncavas en un espacio de curvatura positiva, en tanto que una curva será convexa y la otra cóncava en uno de curvatura negativa. La generalización de superficies de curvatura negativa al mundo físico cuadri-dimensional es el segundo principal candidato para un modelo de nuestro Universo.

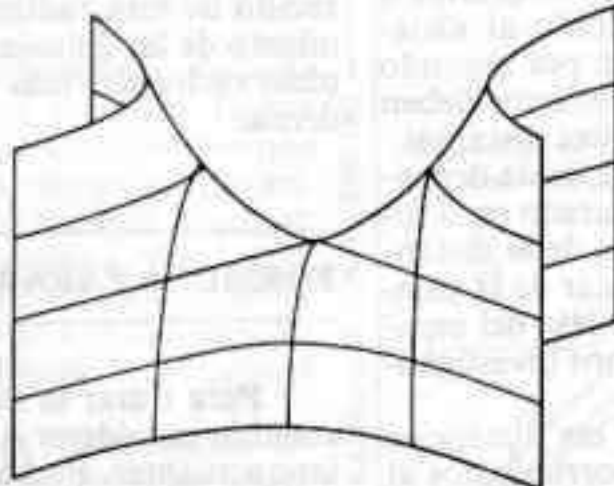
## COMO PUEDE DETERMINARSE LA CURVATURA?

¿Cómo podría un ser bidimensional que vive en un espacio bi-dimensional decidir si su espacio es esférico, plano, o hiperbólico sin ser capaz de verlo desde afuera?

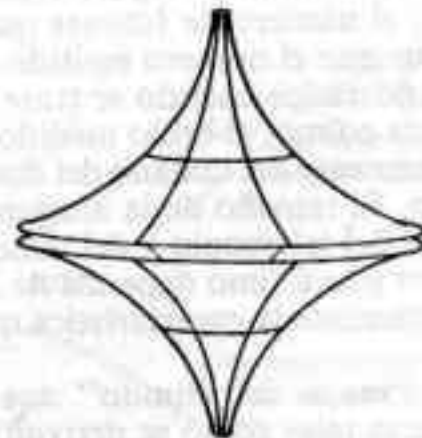
*Ejemplos de Espacios bidimensionales de curvatura negativa abiertos. Dibujo por el autor*



Hiperboloide de una hoja



Hiperboloide parabólico



Pseudoesfera

En principio la respuesta es sencilla.

El solo tendría que dibujar dos círculos con un centro común, uno con el doble de radio que el otro, y medir sus respectivas áreas. Si la razón del área mayor a la menor fuera menor de cuatro, su espacio tendría curvatura positiva. En un espacio plano, la razón sería exactamente cuatro; en un espacio de curvatura negativa, mayor que cuatro.

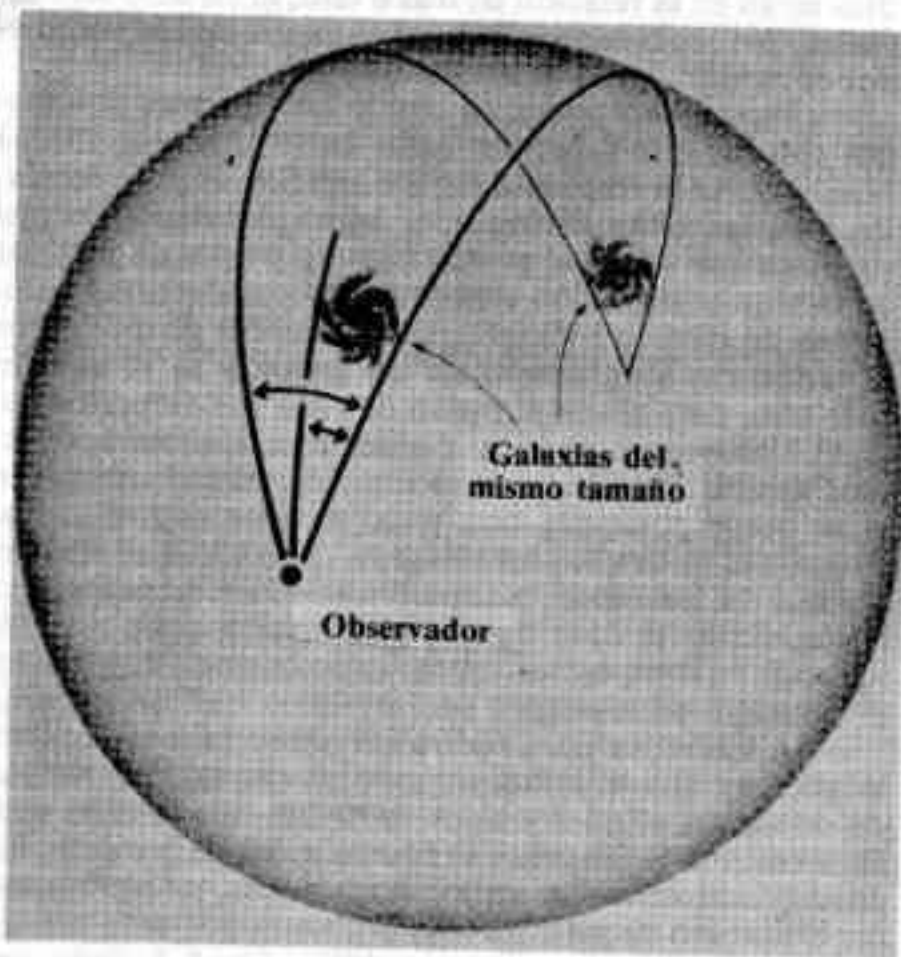
La analogía tridimensional a este procedimiento es encontrar la razón de dos volúmenes esféricos. Si los radios están en la relación de dos a uno, el espacio será esférico, plano, o hiperbólico, si la razón de los volúmenes es menor, igual, o mayor que ocho.

¿Pero cómo podemos medir los enormes volúmenes con los que debemos tratar en el Universo físico? Nuevamente la respuesta parece sencilla. A gran escala, las galaxias están distribuidas **isotrópicamente**, lo que significa que vemos el mismo número y tipos de galaxias en cualquier dirección siempre que consideremos volúmenes de espacio suficientemente grandes de modo que la tendencia a agruparse de las galaxias se promedie. Más aún, para eludir el punto de vista pre-Copernicano de que ocupamos un lugar central en el Universo, debemos asumir que el Universo también resulta isotrópico visto desde cualquier otra galaxia. Esta suposición es llamada el **principio cosmológico**. (Los sostenedores del modelo del Estado Estacionario extienden este concepto hasta incluir la idea de que el Universo debe resultar idéntico en toda época, obteniendo lo que ellos llaman el **principio cosmológico perfecto**.)

La isotropía para todos los observadores posibles implica un Universo homogéneo en el cual las galaxias de diferentes edades y tipos se hallan distribuidas uniformemente. Si las galaxias fueran todas de la misma luminosidad intrínseca, sería entonces solo necesario contar el número de galaxias más brillantes que cada una de dos magnitudes aparentes que difieran en 1,5, dado que los miembros más débiles de los dos grupos diferirán en un factor de cuatro en brillo o dos en distancia.

Desafortunadamente, las cosas no son tan simples. Las galaxias tienen un rango en su luminosidad intrínseca de más de mil, lo que implica el uso de mediciones es-

Las líneas de visión sobre una superficie esférica son meridianos. Un objeto cerca de las antípodas de un observador (donde todos los meridianos que pasan por el observador se intersecan) subtendrá un ángulo mayor que un objeto cercano del mismo tamaño. Los diámetros aparentes de las galaxias deberían mostrar este efecto si el espacio-tiempo es esférico.



tadísticas. Además, las distancias cosmológicas son tan grandes y los tiempos de viaje de la luz tan largos, que hay una substancial diferencia entre las implicancias inmediatas de una "foto del mundo", la que muestra el aspecto del Universo en un dado instante, y de un "mapa de mundo", el que muestra los objetos a su verdadera distancia y brillo.

En la primera, una foto muestra los objetos cercanos más o menos como son hoy, pero aquellos distantes aparecen tal como fueron en el pasado lejano. Los intensos corrimientos al rojo en los espectros de las galaxias remotas viran al rojo su luz, e influyen la respuesta del detector, ya sea este una placa fotográfica o un tubo fotomultiplicador. Además, debido al alejamiento, el número de fotones que arriban por segundo es menor que el número emitido. Ambos efectos deben ser considerados cuando se trate de galaxias distantes.

Para colmo, el brillo medido de una galaxia depende fuertemente del tamaño del diafragma usado en el fotómetro. El tamaño de la imagen depende de la distancia focal del telescopio y del tamaño angular de la galaxia, pero este último depende de la naturaleza del espacio, justamente la característica que estamos investigando.

El "mapa del mundo" nos brinda las distancias verdaderas tales como se derivan de los corrimientos al rojo, pero los valores obtenidos están nuevamente influenciados por la naturaleza del espacio. Las ecuaciones de Einstein para Universos relativísticos que evolucionan (en expansión) nos permiten elegir modelos alternativos en este sentido, y comparar las predicciones con las observaciones.

El obstáculo más serio lo constituyen los efectos bastante desconocidos de la evolución galáctica. El tiempo de viaje o "mirada hacia atrás" para las galaxias lejanas es de miles de millones de años, épocas en las que el ritmo de formación estelar y la distribución de masa estelar pueden haber sido muy diferentes de las actuales. Los recuentos de radio-galaxias a diferentes épocas sugieren efectivamente que debe haber habido cambios evolutivos sustanciales. Jeremiah Ostriker y Scott Tremaine han sugerido que las galaxias dominantes tienden con el tiempo a "comerse" a sus satélites o vecinos del cúmulo, con los correspondientes cambios en su luminosidad y color.

Las incertidumbres acerca de estos cambios evolutivos tornan difícil llegar a conclusiones confiables acerca de la curvatura del espacio —o acerca de un posible freno a la expansión del Universo— a partir de observaciones de los corrimientos al rojo y magnitudes aparentes de objetos lejanos. La evolución estructural y variaciones en los núcleos de los cúmulos de galaxias también han sembrado dudas sobre la interpretación del test en base al diámetro angular y el corrimiento al rojo. En éste, la curvatura del espacio actúa como una lente aumentando el ángulo subtendido por una galaxia muy lejana (ver *Sky & Telescope*, septiembre 1976, pag. 162).

En resumen, los conteos en base a magnitudes y los tests magnitud-corrimiento al rojo y tamaño angular-corrimiento al rojo están afectados por tantas correcciones interrelacionadas que resultan actualmente inútiles para elegir aún entre los modelos relativísticos básicos de un Universo en expansión.

Por el contrario, los conteos de cuasares y radio galaxias son suficientes para deshechar el modelo del Estado Estacionario propuesto por Fred Hoyle y otros. En este modelo, basado en el principio cosmológico perfecto, la materia es creada continuamente en el Universo a un ritmo suficiente para mantener una densidad constante a pesar de la expansión. Si los corrimientos al rojo de los cuasares denotan su distancia, estos violentos objetos resultan ser muy numerosos a grandes distancias y consecuentemente en los primeros tiempos en la historia del Universo. Las radio-galaxias también parecen haber sido más comunes en aquel entonces. Ambas interpretaciones son incompatibles con un Universo sin cambios.

El argumento más dañino para la teoría del estado estacionario es el carácter térmico —correspondiente a una temperatura de 2,7° Kelvin— y la casi perfecta isotropía de la radiación cósmica de cuerpo negro (microondas). Este fondo de microondas es considerado en general como el remanente de la radiación extremadamente intensa presente en el "Big-Bang", la que ha sido enfriada por la expansión. La detección y caracterización de esta radiación y el descubrimiento del alejamiento de las galaxias han sido los dos descubrimientos observacionales más importantes en la cosmología moderna.

## FORMULA PARA UN UNIVERSO EN EVOLUCION

Para tratar la mecánica del Universo parecería razonable considerar a las galaxias como masas discretas interactuantes. Podríamos considerar que cada una produce una pequeña curvatura en el espacio próximo a ella, tal como lo hace el Sol en el Sistema Solar, y luego intentar combinar sus efectos. Empero, las dificultades matemáticas de este enfoque son formidables.

En su lugar, el modelo que los cosmólogos usan es uno hidrodinámico, en el cual la masa en las galaxias ha

sido extendida uniformemente a todo el espacio y forma un fluido no viscoso que interactúa gravitatoriamente. Si bien sólo es un comienzo, se acepta generalmente que esta aproximación retiene la física básica del problema.

En este tratamiento, un Universo en evolución resulta descrito por dos ecuaciones fundamentales. Estas ecuaciones involucran cinco cantidades cuyos valores no se conocen definitivamente; tres de estos —la densidad media de materia y energía, la presión, y el factor de escala (proporcional al "radio" del Universo)— varían con el tiempo, y dos son constantes —la constante de curvatura que especifica el tipo de espacio en el que vivimos, y la constante cosmológica, descrita más abajo.

En un "mapa del mundo", el factor de escala nos dice el número de, por ejemplo, kilómetros correspondientes a una unidad de distancia en el mapa para una dada época. Dado que el Universo se está expandiendo, el factor de escala crece con el tiempo mientras que la densidad y la presión decrecen. La llamada **constante de Hubble**, la razón de la velocidad de expansión a la distancia para galaxias lejanas, es de hecho una medida del ritmo de cambio de este factor de escala. La constante de Hubble suele expresarse en términos de kilómetros por segundo por millón de parsecs. La inversa de la constante tiene las dimensiones de tiempo y es una medida de la edad del Universo si siempre se hubiera expandido al mismo ritmo. Dado que probablemente la expansión se ha ido frenando gradualmente, el tiempo de Hubble representa un límite superior para la edad del Universo.

Actualmente la presión es despreciable, pero en el temprano Universo era más significativa y, si el presente estado de expansión es seguido por otro de contracción, puede llegar a ser significativa nuevamente.

La constante de curvatura tiene el valor  $+1$ ,  $0$ , ó  $-1$ , para curvatura positiva, nula, o negativa respectivamente.

La constante cosmológica no había aparecido en las ecuaciones originales deducidas por Einstein en 1915. Empero, puede ser agregada de un modo perfectamente natural como una constante de integración, análoga a otras constantes de su tipo que representan condiciones iniciales en muchos problemas físicos, —por ejemplo, la velocidad inicial cuando discutimos movimientos acelerados—. A muchos físicos, incluyendo Einstein, les ha parecido que una constante cosmológica con cualquier valor distinto de cero quita belleza y simplicidad a las ecuaciones de campo. La importancia dada a la elegancia en matemáticas y en ciencias matemáticas no puede negarse; no obstante, nadie ha sido capaz de dar una definición precisa de elegancia o demostrado exactamente cuando y como debe ser aplicada.

Un aspecto particularmente impopular de esta constante es su interpretación física con una fuerza —atractiva si es negativa, y repulsiva si positiva— que se hace más fuerte a medida que las distancias crecen. En los modestos confines de nuestro Sistema Solar, su rol es nulo. Si bien no conocemos ninguna otra fuerza que crezca con la distancia, los descubrimientos astronómicos en el pasado reciente y remoto nos han enseñado que lo que parece improbable puede no obstante existir.

Einstein introdujo la constante cosmológica en 1917 para explicar por qué el Universo debería ser estático, tal como se creía entonces, ni contrayéndose bajo su propia gravedad ni expandiéndose. Al final de los años 20, cuando Hubble descubrió la expansión, ya no se necesitó más la constante, y con alivio por parte de Einstein, fue abandonada. Unos pocos años después, Abbé G. Lamaitre reintrodujo una constante no nula para

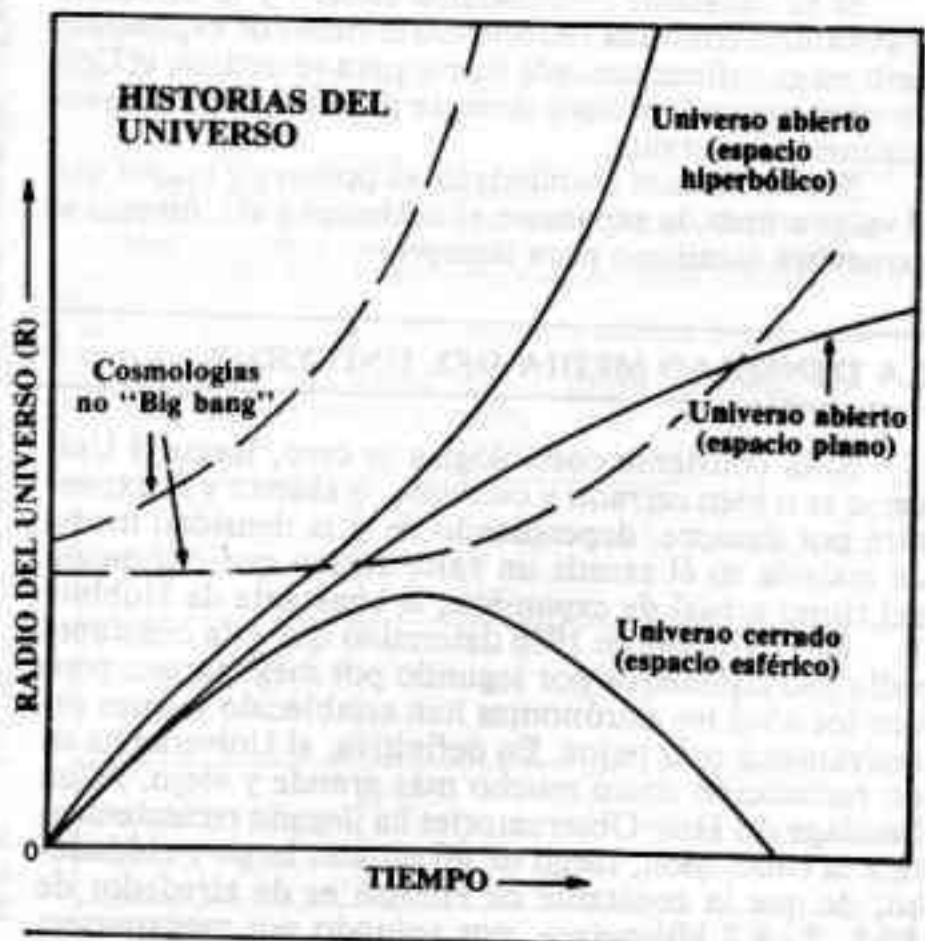
asegurar que la edad del Universo (estimada entonces a partir de la expansión como unos dos mil millones de años) fuera mayor que la edad de la Tierra, la que se pensaba entonces que era de alrededor de 3,4 miles de millones de años. Se demostró que esto era innecesario cuando se dispuso de una mejor escala de distancias a las galaxias, alrededor de 1950.

Vahe Petrosian y sus colegas en Cornell University invocaron la constante cosmológica en 1967 para explicar la distribución de los corrimientos al rojo de los cuasares. Pero este efecto también desapareció a medida que más y mayores corrimientos al rojo fueran descubiertos. En 1975 James Gunn y Beatrice Tinsley encontraron evidencia en el análisis de datos de corrimiento versus magnitud de que la expansión podría estar realmente **acelerándose** y sugirieron nuevamente la constante cosmológica. Empero, los resultados de Ostriker y Tremaine sobre la evolución galáctica han hecho una vez más la constante cosmológica superflua.

Ninguna de las razones descritas constituyen argumentos contundentes para una constante cosmológica nula, si bien algunos de los argumentos pueden ser empleados para determinar ciertos límites a su hipotético valor para evitar conflicto con la observación.

Dos cantidades adicionales aparecen en las ecuaciones de campo: la velocidad de la luz y la constante gravitatoria, la que determina la fuerza de la atracción gravitatoria. Ambas son consideradas normalmen-

*La historia temporal del factor de escala (R) refleja el tamaño cambiante del Universo a medida que evoluciona. Aquí el autor muestra cinco posibilidades. Las dos curvas a travos muestran universos que comienzan a partir de tamaños finitos y se expanden luego de un retardo inicial. Los universos del tipo "Big-Bang" (líneas llenas) pueden recontraerse o bien expandirse para siempre, dependiendo de la curvatura del espacio tiempo. En un universo oscilante, puede ocurrir que una nueva expansión siga a un colapso a cero R.*



te constantes de la naturaleza; si alguna llegara a variar, como fuera sugerido por algunos científicos en años recientes, se necesitaría una completa reelaboración de la relatividad general y de la cosmología. Las consecuencias de variaciones particulares de la constante gravitatoria han sido exploradas por P. A. M. Dirac, y en forma más completa por C. Brans y Robert Dicke en Princeton University.

## POSIBLES HISTORIAS DEL UNIVERSO

Las soluciones de las ecuaciones para un Universo en evolución pueden ser presentadas mostrando cómo cambia el factor de escala  $R$  con el tiempo. Hay dos tipos de soluciones, aquéllas que comienzan con el "Big-Bang" (factor de escala cero) en algún momento remoto del pasado, y aquéllas en las que el Universo comienza con un tamaño finito (las curvas punteadas en el diagrama adjunto).

El segundo grupo se considera generalmente como menos interesante desde el punto de vista físico, dado que parece requerir más suposiciones acerca de las condiciones iniciales para explicar, por ejemplo, la radiación de fondo de microondas, la formación de galaxias, y la distribución de cuasares. La intuición convencional favorece actualmente las cosmologías del tipo "Big-Bang".

Una cosmología tipo "Big-Bang" puede tener tres posibles evoluciones. Un Universo **oscilante** comienza a expandirse rápidamente al tiempo cero, pero luego la expansión es frenada, detenida, y finalmente invertida; el Universo cae sobre sí mismo hacia el estado a partir del cual originalmente explotó. Una causa de la desaceleración es la atracción gravitatoria mutua de la materia en el Universo; ésta es la única causa si la constante cosmológica es cero. Empero, si la constante es negativa, hay una fuerza adicional frenando la expansión; si es positiva y menor que un valor crítico, una repulsión resiste la desaceleración urgida por la gravedad. El valor crítico, originalmente sugerido por Einstein, es aquel que balancea exactamente la atracción gravitatoria cuando las galaxias están en reposo a sus respectivas distancias.

Si la constante cosmológica es cero y la atracción gravitatoria continúa reduciendo el ritmo de expansión, pero no es suficientemente fuerte para revertirlo, el Universo se expandirá para siempre pero a un ritmo eventualmente constante.

Si la constante cosmológica es positiva y mayor que el valor crítico, la expansión se acelerará y el Universo se expandirá asimismo para siempre.

## LA DENSIDAD MEDIA DEL UNIVERSO

Si la constante cosmológica es cero, luego el Universo es o bien cerrado y oscilante, o abierto y se expandirá por siempre, dependiendo de si la densidad media de materia en él excede un valor crítico que es función del ritmo actual de expansión, la constante de Hubble.

E. P. Hubble en 1936 determinó que esta constante valía 530 kilómetros por segundo por megaparsec, pero con los años los astrónomos han establecido valores sucesivamente más bajos. En definitiva, el Universo ha sido reconocido como mucho más grande y viejo. Allan Sandage del Hale Observatories ha llegado recientemente a la conclusión, luego de un estudio largo y cuidadoso, de que la constante de Hubble es de alrededor de  $50,3 \pm 4,2$  kilómetros por segundo por megaparsec;

esto implica que el Universo puede llegar a tener 19,4 mil millones de años de edad. El objeto con el corrimiento al rojo mayor actualmente conocido es el cuasar OQ 172, descubierto por radioastrónomos de la Ohio State University, el que se aleja de nosotros a 91 % de la velocidad de la luz. La distancia al cuasar, usando la constante de Hubble-Sandage, es de aproximadamente 5,4 mil millones de parsecs o 17,6 mil millones de años-luz; consecuentemente la luz de OQ 172 ha estado en camino hacia nosotros por casi toda la historia del Universo.

La densidad crítica a partir de la constante de Hubble es alrededor de  $5 \times 10^{-30}$  gramos por centímetro cúbico. ¿Qué resulta de comparar este valor con la densidad media de materia observada en el Universo? Una manera de estimar esta última es comparar la cantidad de luz recibida de todas las galaxias en un dado volumen de espacio con la relación promedio de masa a luminosidad, determinada a partir de observaciones de galaxias individuales. Este procedimiento da solamente alrededor de 1,2 % de la densidad crítica. Si, en cambio, uno obtiene la relación masa a luminosidad suponiendo que las galaxias tienen suficiente masa para evitar que los cúmulos de galaxias observados se desintegren, la densidad observada sube a un 25 % del valor crítico.

El factor 20 entre esta estimaciones sugiere la cantidad de materia invisible que podría estar presente en forma de débiles estrellas, agujeros negros, polvo y gas en los halos galácticos, y en el espacio intergaláctico. Resulta concebible que el resto de la "masa faltante" requerida para cerrar el Universo pueda ser suministrado por el gas intergaláctico extremadamente caliente, el que según algunos astrónomos sería la fuente de la radiación de fondo isotrópica de rayos X.

Stephen Murray y otros astrónomos del Harvard-Smithsonian han reportado recientemente evidencia de emisión de rayos X de supercúmulos de galaxias, implicando de cinco a diez veces más masa presente en la forma de gas caliente que en las propias galaxias, por lo tanto constituyendo una apreciable fracción de la masa faltante (ver Sky & Telescope, Agosto 1977, pag. 105).

En mayo de 1977, M. Seldner y James Peebles de Princeton emplearon un nuevo método para estimar la densidad media asociada con las galaxias. Ellos estudiaron la distribución de las galaxias cerca de cúmulos galácticos de varios tamaños, encontrando un valor preliminar igual a un 70 % de la densidad crítica.

La densidad media durante las tempranas etapas del Universo, cuando los elementos livianos estaban siendo formados por nucleosíntesis, puede ser inferida a partir de la abundancia actual del deuterio interestelar. (ver Sky & Telescope, Abril 1977, pag. 253). Dado que resulta destruido en las estrellas, la única fuente razonable del deuterio actual es aquella etapa inicial, unos pocos minutos después de que el Universo comenzara. Cuanto fue producido entonces depende de la densidad de masa en aquel momento, y esto a su vez predice que la densidad actual es solo 10 % de la necesaria para asegurar un Universo cerrado.

La Dra. Tinsley, ahora en Yale University, ha evaluado recientemente el rango de posibles universos consistentes con las mediciones actuales y sus incertezas siendo la constante cosmológica nula o no.

En el primer caso, las estimaciones de densidad favorecen fuertemente un Universo abierto que se expandirá para siempre. En la segunda situación, con una constante cosmológica, ella concluye que los actuales límites permiten que el Universo sea abierto o bien cerrado, es decir infinito o finito, y que puede expandirse para siempre o colapsar. La decisión final deberá aguardar nuevas y más refinadas observaciones.



# Monografías sobre Planetas: Júpiter

por Ambrosio J. Camponovo

*"El brillante planeta conservó en la Astronomía moderna la superioridad de rango que le había sido asignada por la Astronomía antigua"*  
Camile Flammarion - Astronomía Popular

Esta vez nos ocupamos del mayor de los planetas del cortejo solar, del que reservó para sí la parte del león en el reparto del polvo original del cual se formaron estos cuerpos, del planeta cuyo crecimiento desmesurado casi lo convierte en una estrella,<sup>(1)</sup> del que, como se dijo "...lleva el nombre del dios máximo del panteón griego, pese a que su brillo medio es inferior al de Venus y a veces al de Marte"<sup>(2)</sup>. Tratamos pues del señor del Olimpo, supremacía que según nos enseñaron fue conseguida por métodos no precisamente democráticos, pero, como es costumbre, una vez encumbrado se lo representó con aire de nobleza, gallardo, majestuoso...; lleva el cetro en una mano y el rayo en la otra y podemos agregar que mira hacia la Tierra buscando entretener sus ocios con aventuras sentimentales. Ya conocemos su signo distintivo, que quizás sea una deformación de la letra zeta del nombre de Zeus, nombre que tomó bastante después de ser conocido, pues al principio lo llamaban el encededor, el brillante, el señor del crecimiento y también Osiris entre los egipcios. Pronto fue reconocido y diferenciado de las estrellas, entre las que hacía notar su movimiento propio. Se lo observaba para anotar su posición entre las estrellas brillantes y especialmente en sus "aspectos" con los otros cuerpos errantes, tratando de extraer de estas observaciones una predicción basada en reglas arbitrarias. Es muy fácil la identificación de Júpiter: con frecuencia es el objeto más brillante del cielo, de color blanco y puede estar muy alto a cualquier hora de la noche; esta última circunstancia lo distingue de Venus y su color de Marte. Cuando está próximo a la Tierra brilla con un intenso fulgor y se lo ve aparecer por el este destacándose como el primer punto luminoso que asciende en el cielo y si las circunstancias se dan para que en sus cercanías no haya estrellas brillantes parece realmente el señor de la bóveda celeste.

A pesar del contenido puramente astrológico de estas observaciones pronto notaron que el camino de Júpiter se apartaba muy poco de la eclíptica y por esta razón también se lo conocía como el planeta eclíptico. Se recuerdan algunas ocultaciones de estrellas producidas por Júpiter como la de delta Cancri citada en el Almagesto pero quizás haya sido una consecuencia de dos observaciones sucesivas o bien un apulso<sup>(3)</sup>. También nosotros nos entretuvimos observando la cambiante posición relativa que presentó Júpiter, junto con Marte y alfa Leonis (Régulus) desde fines del año 1979 hasta seis meses después. Estas posiciones las trasladamos a los rectángulos de la figura 1 cuya explicación va al pie de la misma. Esta misma aproximación, que aquella vez fue de 55' en ascensión recta se repetirá recién en 1991, después que Júpiter cumpla una revolución sidérea.

Por sus características Júpiter integra el grupo de los llamados planetas gigantes y le corresponde el quinto lugar en orden de alejamiento del Sol. Por la figura 2

apreciamos que entramos en distancias realmente astronómicas. Debemos agregar, a fuer de prolijos, que entre Marte y Júpiter circula el enjambre de los asteroides a los que quizás nos referiremos en el futuro.

A diferencia de lo hecho con los planetas ya tratados damos esta vez en un cuadro todos los datos referidos a Júpiter y a su órbita, con el deseo de abreviar esta monografía, de la cual debemos reservar una parte importante para tratar de sus satélites. No obstante, haremos algunos comentarios. En su movimiento directo recorre una constelación por año y se encuentra en oposición cada 1,09 años terrestres, pero estas oposiciones no tienen tanta importancia en cuanto a la mayor aproximación y consecuentemente su mayor diámetro aparente pues en términos generales la diferencia en la distan-

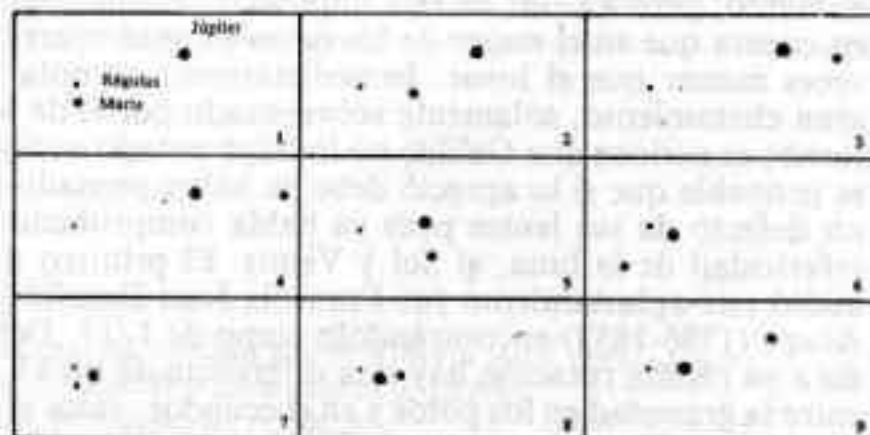
(1) Algunas estrellas, en el ocaso de su evolución son de menor tamaño que Júpiter aunque de mayor masa.

(2) José M. de Feliú. Aeroespacio, marzo 1970.

(3) Es una denominación un poco vaga y se aplica al acercamiento de dos astros que no llegan a eclipsarse u ocultarse.

Figura 1.- Posiciones de Júpiter respecto a la estrella alfa Leo (Régulus). Agregamos a Marte. Todos los cuadros tienen igual escala y orientación (sur arriba, vista a ojo libre). Dentro de cada cuadro alfa Leo conserva la misma posición. Las fechas no son equidistantes para poder mostrar los comienzos de los movimientos retrógrados y directos.

Cuadro 1. 1979-11-17 Ambos planetas en su movimiento directo (hacia el este, derecha en el dibujo).  
Cuadro 2. 1979-11-27 Igual movimiento. Nótese la mayor velocidad de Marte.  
Cuadro 3. 1979-12-27 Júpiter estacionario. Marte lo "pasa".  
Cuadro 4. 1980- 1-21 Marte estacionario. Júpiter ya inició su mov. retrógrado.  
Cuadro 5. 1980- 3- 1 Marte en su máxima velocidad retrógrada. Júpiter continúa su mov. retrógrado.  
Cuadro 6. 1980- 4-10 Marte estacionario. Júpiter disminuyó su velocidad para llegar a estacionarse.  
Cuadro 7. 1980- 4-30 Júpiter estacionario. Marte inició su camino directo.  
Cuadro 8. 1980- 5-10 Marte continúa su camino. Júpiter inicia su trayectoria directa.  
Cuadro 9. 1980- 5-30 Ambos planetas siguen sus órbitas y se apartarán cada vez más de alfa Leo.



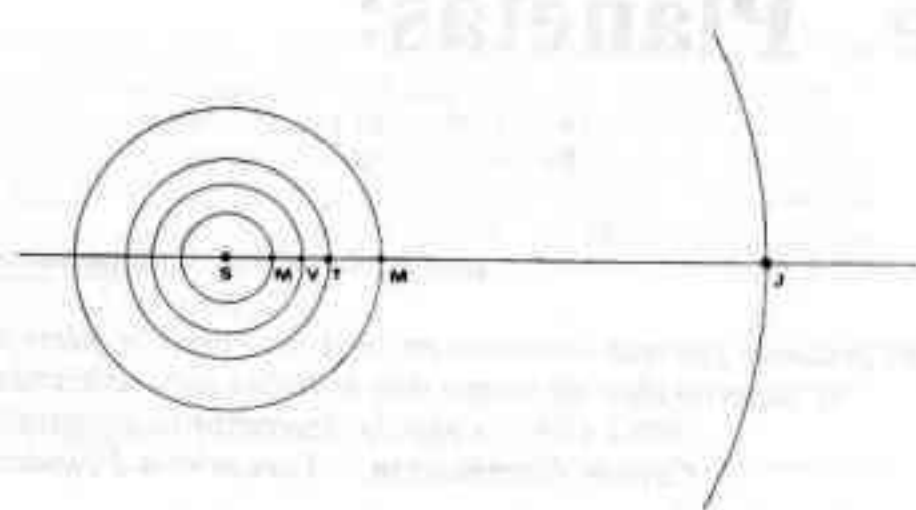


Figura 2

*Órbitas planetarias hasta Júpiter, dibujadas a escala. A esta escala los tamaños del Sol y los planetas son irreproducibles por lo pequeños.*

cia entre una oposición y una conjunción de un planeta exterior viene dada por el diámetro de la órbita terrestre y ésta es una fracción cada vez menor respecto a la distancia del planeta al Sol a partir de Júpiter. La oposición conserva la gran ventaja de que entonces el planeta cruza el meridiano a medianoche. También a partir de Júpiter casi no es apreciable el efecto de fase aunque si se lo nota cuando se observan los fenómenos que ocurren con los satélites. A tan gran distancia sólo recibe un 4 % de la luz y calor del Sol que recibe la Tierra.

Júpiter tiene ciertas analogías con el Sol, por ejemplo su densidad, muy parecida a la solar; es capaz de producir energía radiante; presenta el oscurecimiento de sus bordes y por último también su rotación es distinta según el lugar que se considere de la superficie. Es el planeta de más rápida rotación, tanta, que un punto de su ecuador tiene una velocidad de más de 12 kilómetros por segundo; si esta misma velocidad la tuviera la Tierra la haría girar en menos de una hora y los objetos móviles saldrían disparados de la zona ecuatorial pues la velocidad de escape de la Tierra es de 11 km/seg. Determinar la rotación es relativamente fácil y ya J.D. Cassini lo hizo en Italia en 1665 hallándola igual a 9 horas y 56 minutos; un poco después, en 1689, descubrió que la rotación es diferencial. La segunda medición la hizo Mairaldi en 1713 obteniendo el mismo resultado. A propósito de la rotación digamos que la diferencia entre el día solar joviano y el sidéreo es de solamente 3 segundos, en tanto en la Tierra es de casi 4 minutos.

Observado con el telescopio, Júpiter presenta un disco bastante grande, aún cuando lo veamos con poco aumento, pero a pesar de esta impresión debemos tener en cuenta que en el mejor de los casos es unas cuarenta veces menor que el lunar. Inmediatamente se nota su gran achatamiento, solamente sobrepasado por el de Saturno; es curioso que Galileo no lo haya notado aunque es probable que si lo apreció debe de haber pensado en un defecto de sus lentes pues ya había comprobado la esfericidad de la luna, el Sol y Venus. El primero que midió este achatamiento fue Francois Jean-Dominique Arago (1786-1853) encontrándolo como de 1/17. Debido a su rápida rotación hay una diferencia de un 15 % entre la gravedad en los polos y en el ecuador, valor muy grande considerando que en la Tierra esta diferencia es

del 0,05 %. La gravedad en la superficie es 2,5 veces la terrestre por lo que en caída libre un objeto recorrerá 12 metros en el primer segundo. Los tres planetas ya vistos tienen una densidad comparable con la terrestre y con Júpiter comenzamos a ver los que solamente tienen un cuarto de aquélla. Quizá Plutón sea la excepción.

La masa de este planeta es de más de 300 veces la terrestre y también, holgadamente, el doble de todos los ocho planetas restantes juntos. Esto es muy importante por lo siguiente: estamos acostumbrados a considerar al Sol como el árbitro indiscutido de la familia solar, pero cada uno de sus componentes tiene su propia esfera de acción dentro de la cual la atracción solar queda equilibrada con la del planeta, como ocurre, por ejemplo, en el sistema Tierra-Luna. La esfera en que "manda" Júpiter tiene un radio de algo más de veinte millones de kilómetros, de modo que si un cuerpo —cometa, asteroide o satélite artificial— pasara a una distancia menor y con poca velocidad, abandonaría la órbita con foco en el Sol (si es un cometa) para gravitar en torno de este coloso. La sonda Pioneer 10 lanzada para que pasara cerca de Júpiter con una determinada velocidad, calculados ambos según la masa atribuida a Júpiter debió ser acelerado para evitar su caída sobre el planeta o su conversión en satélite. Los cometas, que no tienen aceleradores —cohetes— como el Pioneer, deben cuidarse de pasar demasiado cerca; es lo que le ocurrió al cometa Skjellerup (1922 I) considerado como nuevo pero que, en realidad, una vez calculada su órbita tomando en cuenta la influencia de Júpiter (y de otros planetas en menor grado) resultó que era el mismo cometa descubierto por Griggs en 1902; a raíz de ello, el cometa se llama ahora Griggs-Skjellerup.

Al famoso cometa de Halley le atribuyó Alexis-Claude Clairaut (1713-1765) un retardo en su paso por el perihelio de 100 días por la influencia de Saturno y de 518 días por la de Júpiter, según las masas respectivas y la distancia a la que debía pasar el cometa, retardo que no había considerado Halley en su cálculo de retorno.

Pensamos que no es necesario insistir sobre los otros datos, tales como diámetro aparente, albedo, magnitud, etc., que ya fueron definidos en otras monografías y cuyos valores damos en el cuadro.

---

Magnitud máxima en oposición	-2,5
Magnitud mínima en conjunción	-1,2
Albedo	0,42
Diámetro ecuatorial aparente máximo	49''8
Diámetro ecuatorial aparente mínimo	29''6
Diámetro real	142.100 kilómetros
Diámetro ecuatorial	11,1 veces el de la Tierra
Volumen	igual a 1.310 tierras
Densidad	1,31 veces la del agua
Masa	igual a 318 veces la terrestre y 1/1.047,36 la solar
Gravedad en el ecuador	2,31
Achatamiento	1/15 (medición óptica) y 1/15,3 (perturb. en los satélites)
Rotación ecuatorial	9 horas 50 minutos
Rotación zona templada norte	9 horas 55,6 minutos
Rotación zona templada sur	9 horas 55,3 minutos
Distancia máxima a la Tierra	955 millones de kilómetros
Distancia mínima a la Tierra	590 millones de kilómetros
Distancia máxima al Sol	815 millones de kilómetros
Distancia mínima al Sol	740 millones de kilómetros
Velocidad crítica	61,6 kilómetros por segundo
Periodo sidéreo	en días 4.332,59
Periodo sinódico	en días 398,88
Velocidad media en su órbita	13.050 metros por segundo
Inclinación de la órbita respecto de la eclíptica, en grados,	1,31

Inclinación del eje de rotación respecto de la normal al plano de su órbita, en grados, 3,07  
Excentricidad de la órbita 0,048  
Semieje mayor de la órbita en U.A. 5,20

NOTA: no indicamos la temperatura porque existen grandes diferencias entre las mediciones desde la Tierra según el método empleado y los registros de los navios espaciales. Para tener una idea, digamos que es del orden de  $-100^{\circ}$  al mediodía.

Digamos dos palabras sobre la complicada atmósfera y la composición interna de este planeta. Podemos iniciar la descripción de la probable atmósfera citando: "La considerable masa de Júpiter, la relativamente baja densidad media del planeta, la presencia de amoníaco y metano en su atmósfera y el predominio del hidrógeno en el Sol, sugirieron a los astrónomos, hace más de 30 años, la probabilidad de que el gas hidrógeno sea un componente importante de Júpiter".<sup>(4)</sup> Y efectivamente así es: con seguridad contiene metano ( $\text{CH}_4$ ) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en gran cantidad. Quizá exista mucho hidrógeno libre en la atmósfera pero no es detectable desde la Tierra pues nuestra atmósfera no deja pasar el ultravioleta extremo, longitud en la que emite el hidrógeno a baja temperatura. Casi con seguridad también contiene neón y argón.

En las atmósferas de los planetas que vimos predomina el oxígeno, sea al estado de gas como en el bióxido de carbono en Venus o combinado con las rocas formando óxidos como en Marte, pero en la de Júpiter predomina el hidrógeno, en su mayor parte combinado con el nitrógeno y el carbono. No parece existir el bióxido de carbono. Es posible la existencia de agua congelada debido a la baja temperatura y por lo tanto no detectable espectroscópicamente. También estarán congelados el amoníaco y el metano, al menos en las capas inferiores y estarán al estado gaseoso en las capas superiores pues tenemos los espectros de ambas moléculas. El oxígeno no puede estar al estado libre pues oxidaría al amoníaco y al metano, ni tampoco el nitrógeno, que probablemente, esté todo unido al hidrógeno para formar amoníaco.

No está totalmente aclarado el origen de los colores de la atmósfera pero se supone que la causa sean compuestos metálicos de sodio y potasio.

Por el análisis del momento de inercia, que es inferior al que tendría una esfera de su mismo diámetro pero de densidad uniforme, debemos suponer que la densidad superficial es muy inferior a la del núcleo. La densidad crece muy lentamente desde la atmósfera hacia el centro; luego es un poco más elevada hasta llegar al núcleo, pequeño en comparación con el tamaño del planeta pero con una densidad que probablemente alcance a treinta veces la de la atmósfera y seguramente contiene gran abundancia de metales para lograr que, no obstante la baja densidad de las capas exteriores, de gran volumen, se alcance el valor que le conocemos en conjunto.

La observación de la ocultación de una estrella brillante por Júpiter puede ser uno de los varios caminos para conocer mejor a esta compleja atmósfera, pero los fenómenos son tan raros que poco es lo que pudo averiguarse. Durante la ocultación de beta Scorpii el 13 de mayo de 1971 se trató de determinar el espesor de esta capa por el efecto de refracción. La próxima ocultación ocurrirá en el año 1996.

Y ya es tiempo de que vayamos al telescopio para observar a este planeta. Sin dudas después de la Luna es Júpiter el objeto más accesible; basta el más pequeño antejo o binocular para apreciar el aspecto superficial y ver distintamente sus cuatro satélites más grandes y con un telescopio chico podrán distinguirse sus características bandas paralelas al ecuador. Se conviene en llamar banda a una faja oscura y zona a una faja clara. Un aspecto general lo damos en la **figura 3** en la que se destaca la mancha roja y la sombra de un satélite. Los especialistas dividieron la superficie en una cierta cantidad de zonas y bandas pero básicamente podemos contentarnos con la zona ecuatorial, ambas bandas tropicales seguidas por las zonas templadas y luego los casquetes polares, más grandes que los de Marte —y no lo decimos por el tamaño del planeta— pero menos brillantes. Es raro que Galileo nada dijera de estas bandas y zonas, seguramente absorbido en la contemplación de los satélites que acababa de descubrir y en los que veía la confirmación de la teoría copernicana que había aparecido medio siglo antes. Por primera vez las describió Niccolò Zucchi (1586-1670), en Roma, en 1630. De todas maneras algunos observadores, a pesar de saber de su existencia dijeron no haberlas visto, tal el caso de Hevelio en 1647, Herschel en 1793 y Mädler en 1835. Según los observadores estos detalles aparecen como de color marrón, gris, violáceo y a veces verde; las zonas, en cambio, siempre son claras. Ni las bandas ni las zonas son estáticas sino que dentro de sus límites tienen modificaciones, a veces rápidas, que sugieren vientos de varios cientos de kilómetros por hora pero no se descarta totalmente la posibilidad de corrientes convectivas verticales.

(4) Fernando P. Huberman, (Contem.) Rev. Astr. 171. Oct. Dic. 1969,

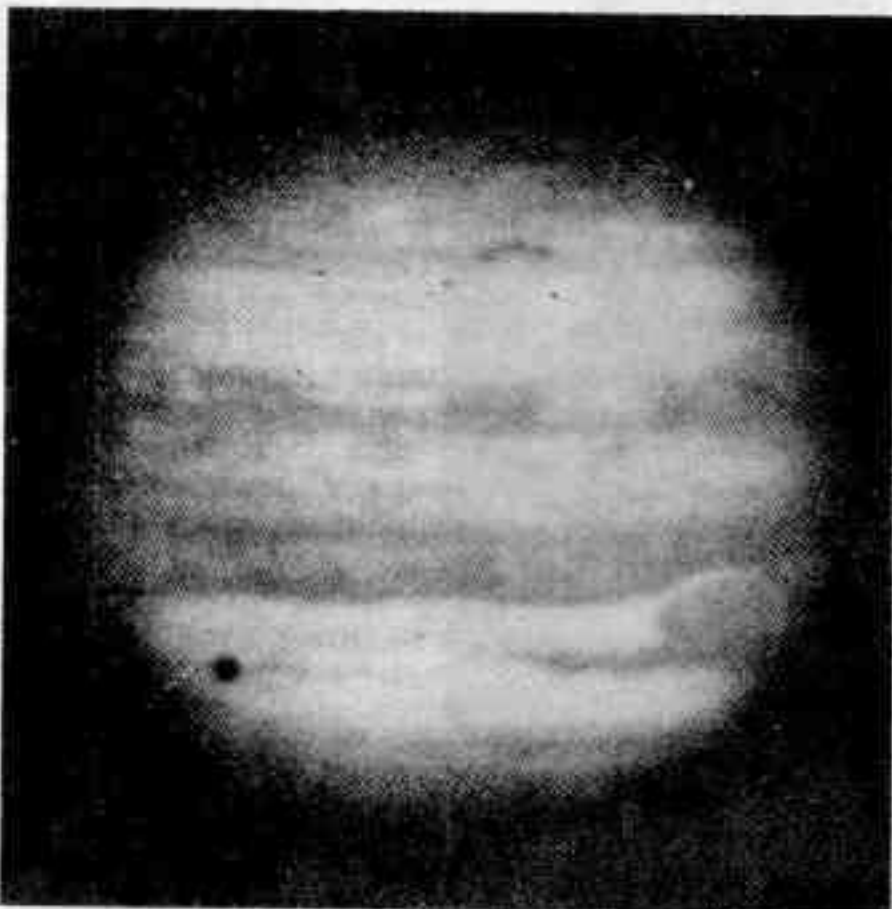


Figura 3

Fotografía tomada por P. Guerin en el observatorio de Pic-du-Midi (Francia) el 25/XI/64 con un telescopio reflector de 105 cm de abertura

Puede seguirse la evolución de ciertas manchas durante varios días comprobando sucesivas modificaciones hasta que terminan por desaparecer. Otras perduran durante años y las dos más conspicuas —la mancha roja y la perturbación austral— son permanentes aunque también con movimientos y modificaciones.

La mancha roja se encuentra ubicada en la zona templada sur, que se ensancha, empujando la banda adyacente como para darle lugar y todavía un poco más pues no es raro ver todo el contorno de la mancha roja. Tiene forma oval y mide aproximadamente 45.000 x 11.000 kilómetros. Los autores no parecen estar en acuerdo sobre cuando fue vista por primera vez, pero nos inclinamos a adjudicarle la prioridad a J.D. Cassini que la describió en 1665 como "una gran mancha que se distingue claramente de los demás detalles". Parece que Robert Hooke (1635-1703) la vio un año antes pero sólo dijo que vio una mancha en una zona oscura y por lo tanto no pudo ser la mancha que nos ocupa. La visibilidad de la mancha roja, así llamada desde 1879 en que se destacó por su vivo color, es variable. En una compilación<sup>(5)</sup> se destaca que en general era poco visible durante el siglo XVIII pues en este lapso los observadores casi no la mencionan; tampoco pudo vérsela entre 1897 y 1902, en 1913 y en 1938 pero en cambio su color era notable en ciertos años, como en 1920, 1927, 1936 y 1937. Se admite que el color fue señalado por Lord Rosse en 1862 (Guillermo Parsons 1800-1867) y que, con oscilaciones, su color va debilitándose desde entonces. También varía lentamente su forma pues algunos la describieron como circular o alargada y su tamaño.

La perturbación austral fue descubierta en 1901 y es una enorme configuración clara, blanquecina, de casi 70.000 kilómetros de largo. Naturalmente que estas dos formaciones no son totalmente independientes del resto de la atmósfera joviana. Por el contrario, se halló que el color de la mancha evoluciona en sentido contrario al de la zona que la contiene: cuando la mancha se oscurece la zona se aclara y viceversa. Ambas formaciones tienen además su propio movimiento, pero únicamente en longitud y ya J.D. Cassini notó el desplazamiento de la mancha roja. Estos desplazamientos son a veces impor-

tantes cubriendo hasta un cuarto de círculo pero con la característica de que no siempre el sentido es el mismo, de modo que después de derivar hacia un lado se dirige en sentido contrario excediendo a veces su posición original. Estos movimientos parecen motivados por perturbaciones en la región correspondiente y hasta ahora no se comprobó ninguna ley que rijan estos fenómenos. La perturbación austral tiene un movimiento más rápido que el de la mancha roja y cuando la alcanza parece acelerar el desplazamiento de la mancha.



Figura 4

Fotografía tomada por el Pioner 10

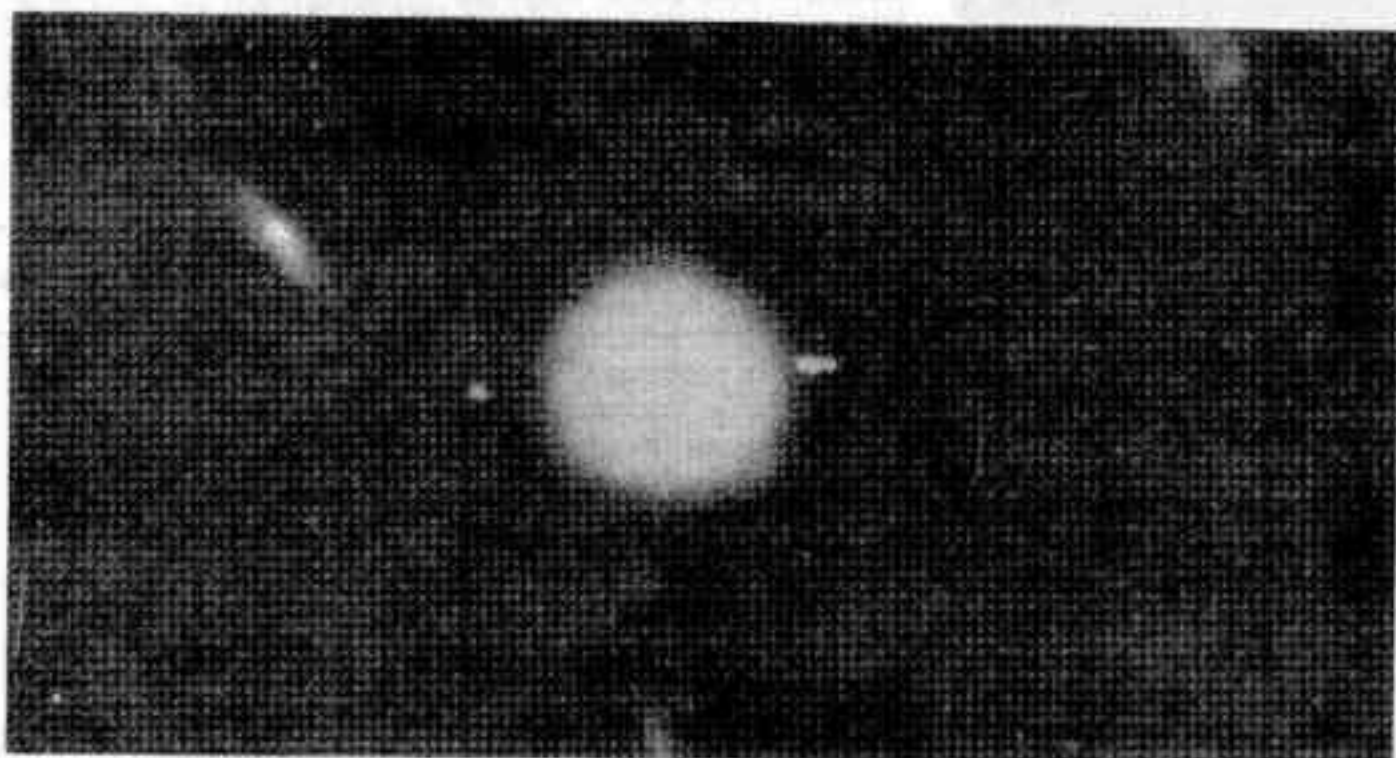


Figura 5

Fotografía de Júpiter y sus 4 satélites principales tomada en nuestra Asociación

El aspecto superficial cambia, pues, con insospechada rapidez, especialmente considerando el enorme tamaño de Júpiter, a veces en el curso de pocas horas, pero en su conjunto permanecen estables las zonas, bandas y la mancha roja. Es como la fisonomía de una persona, que se la reconoce a pesar de los cambios que sufre.

Como dijimos para Marte, es necesario ubicar la posición de un detalle y como la rotación de Júpiter es diferencial, se estableció un doble sistema de referencia: el primero, sistema I comprende la zona ecuatorial, de 22° de ancho en latitud y el segundo, sistema II, es válido para el resto, no tomándose en cuenta la muy pequeña diferencia existente en la rotación de uno y otro hemisferio.

En fotografías tomadas por el Pioneer 10 desde dos millones y medio de kilómetros se destaca nítidamente la mancha roja y la sombra del satélite Io. No es difícil fotografiar a este planeta; puede hacerse con aumento para obtener detalles de la superficie o en el foco primario para registrar también los satélites brillantes, como la que obtuvimos a las 23 horas y 22 minutos del 12 de noviembre de 1955 con el Gautier y reproducimos en la figura 5. Si en cambio se desea hacer un dibujo hay que tener en cuenta el achatamiento de este planeta por lo que habrá que marcar su contorno por una adecuada elipse construida por el clásico método de los alfileres. En ambos casos, foto o dibujo, conviene el uso de filtros para acentuar los contrastes.

Otra notable característica de Júpiter es su intensa emisión radioeléctrica. Este flujo fue descubierto casualmente en Estados Unidos en 1955 con una antena tipo cruz de Mills en proceso de ajuste que apuntaba hacia la constelación de Gemini comprobándose la presencia de una radiofuente en una longitud de onda de 13,5 metros. El registro presentaba saltos intensos e irregulares y cuando notaron que la fuente se desplazaba según el movimiento de Júpiter, presente en esa constelación, ya no quedaron dudas sobre el origen. Esta emisión tiene una gama de frecuencia muy estrecha por lo que fracasaron quienes intentaron su registro inmediatamente después, pero no obstante pudo hallársela en registros de 1950 y 1951. Más tarde se descubrieron varias particularidades tales como que las fuentes estaban muy localizadas y no provenían de todo el disco joviano, que aparecían reforzadas cuando el satélite Io estaba presente en el campo y que no coincidían con los registros conocidos.

Algunos opinan que las emisiones parten de algún lugar cercano a la mancha roja en tanto otros afirman que se originan en una zona varias veces mayor que Júpiter. También pudo registrarse la emisión sobre ondas mucho más cortas pero con trazos menos agitados que varían lentamente con el transcurrir del tiempo; es más intensa que la que correspondería a una radiación térmica por lo que sin duda existe una fuente emisora cuyo origen es objeto de especulaciones, suponiéndose como responsable al intenso campo magnético, opinión afianzada porque la emisión proviene de una zona cuyo diámetro es mayor que el de Júpiter y sabemos que éste tiene un campo magnético intenso, quizá de 2 gauss y mucho más en la superficie, creando dos polos magnéticos que distan 9° del eje de rotación (en la Tierra están a 15°). Hasta el presente sólo se comprobaron estos campos en la Tierra y Júpiter, pero para que exista este campo se requieren masas conductoras y se supone que este papel lo cumple el hidrógeno que en las profundidades debe de estar sometido a muy grandes presiones.

Es evidente que estas emisiones no pueden ser causadas por la temperatura<sup>(6)</sup> pues si éste fuera el origen sobre 68 centímetros de longitud de onda habría que

suponer una temperatura de 50.000°; es necesario, por lo tanto, admitir una causa muy diferente.

Está comprobado que Júpiter emite más radiación, en todas las longitudes de onda, que la que recibe del Sol y esta circunstancia todavía no está explicada. Quizá se deba a una lenta contracción de la esfera joviana o a una casi imposible radiactividad por la intensidad necesaria.

Hallándose Júpiter a relativamente corta distancia de la Tierra, no podía escapar a la investigación por medio de artefactos mecánicos y hasta ahora se enviaron dos series de sondas, cada una de las cuales comprendía dos unidades. No daremos muchos detalles pues corresponderían mejor a la astronáutica. No han llegado a nosotros demasiados detalles quizá porque no hayan sido obtenidos o porque sean demasiado técnicos, pero lo cierto es que la prensa en general y el público en particular no le acordaron el interés que habían manifestado en las primeras etapas de esta nueva técnica, lo que ciertamente no habla muy en su favor cuando comprobamos que su actitud es diametralmente opuesta para las pequeñas cosas que lo rodean y se repiten diariamente.

La primera serie la formaron los Pioneers 10 y 11 lanzados a comienzos de 1972 que llegaron a destino casi dos años después. Sus logros principales fueron la detección de un enorme campo magnético capaz de desviar el viento solar<sup>(7)</sup>.

Las fotos tienen una resolución de 4.000 kilómetros sobre Júpiter es decir cinco veces mejor de lo obtenible desde la Tierra. Se acercaron hasta casi 40.000 kilómetros de la superficie y para no caer sobre él la velocidad era de unos 130.000 kilómetros por hora. La mancha roja parece hallarse varios kilómetros más elevada que las áreas adyacentes, pero las fotografías no proporcionan mayores detalles pues fueron tomadas desde medio millón de kilómetros. La magnetosfera se extiende hasta más de ocho radios jovianos dispuestas en varias fajas como las de Van Allen. Confirmaron una irradiación doble o triple de la recibida del Sol.

El N° 11 fotografió a Ganimedes desde 780.000 kilómetros de distancia, es decir, que lo veía de tamaño un poco menor del que nosotros vemos a la Luna a simple vista y la superficie aparece como moteada de áreas claras y oscuras, suponiéndose que las blancas están formadas por agua congelada.

La segunda serie fue compuesta de dos sondas llamadas Voyager, números I y II lanzadas en setiembre y octubre de 1977. Las fotos son mejores que las de la serie anterior y creemos que las más notables fueron las tomadas a los satélites, especialmente aquéllas que prueban la existencia de volcanes en actividad en Io. Fotografías tomadas desde 1.200.000 kilómetros de distancia y muestra tres erupciones volcánicas bien visibles. Nótese que Io está en creciente y su parte oscura está débilmente iluminada por la luz cenicienta que le envía Júpiter, tal como ocurre entre la Luna y la Tierra.

Como estas erupciones fueron detectadas por ambas sondas con un intervalo de cuatro meses, debemos concluir que esta actividad es continua.

(5) B. M. Peek. A. A. Británica. 1939

(6) A bajas temperaturas, la emisión se compone principalmente de radiación infrarroja, pero a medida que aumenta la temperatura es mayor la proporción de ondas radioeléctricas.

(7) Se supone que la corona solar no está en equilibrio; la presión no puede ser compensada por la gravedad y por lo tanto está en expansión, a mayor velocidad a mayor distancia del Sol, escapando a su gravedad.

En cambio Europa, figura 6, es muy distinto: su superficie está cubierta de hielo, fracturado. La foto fue tomada desde 240.000 kilómetros y las rayas oscuras seguramente son el material subyacente visible por las fracturas de la capa de hielo que quizá tenga 100 kilómetros de espesor.

Calisto, a su vez, está totalmente cubierto de cráteres de muchos de los cuales parten rayas blancas tal como ocurre en unos cuantos de la Luna.

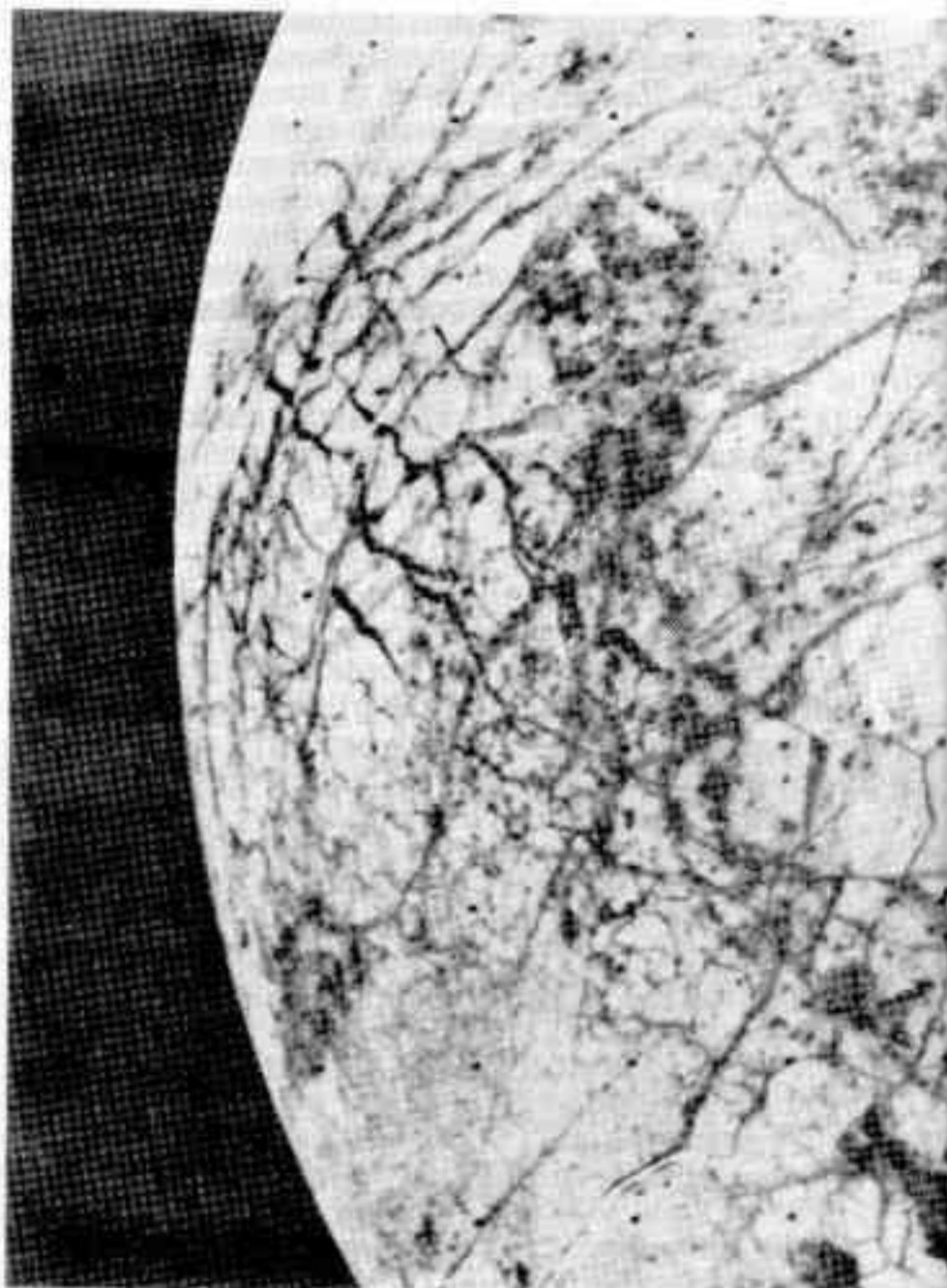
El Pioneer 10 llevó la famosa plaqueta identificatoria del artefacto, en la que están representados una pareja humana, el sistema solar, el átomo de hidrógeno, etc. En cambio el Voyager I llevó cintas grabadas con saludos en sesenta idiomas y con los ruidos naturales que oímos en la Tierra.

En las experiencias domésticas terrestres nos parece que la velocidad de la luz es infinita y sin embargo, cuando estas sondas estaban en las inmediaciones de Júpiter se encontraban a 45 minutos-luz de nosotros y el envío de órdenes o el recibo de datos demoraban este tiempo para llegar a su destino. Claro que los científicos de la N.A.S.A. no conocen los medios que emplean los personajes de las películas para la comunicación instantánea.

Iniciamos el estudio de los satélites de Júpiter citando palabras del descubridor de los cuatro principales, el inmortal Galileo y no solamente como un homenaje sino porque la descripción que nos dejó de ellos es exacta y sirve todavía hoy. Dijo así: "...descubrí tres estrellas adyacentes, pequeñas pero sumamente luminosas, las cuales —aunque las tenía por pertenecientes al número de las fijas— me provocaron no poca admiración por el hecho de que se veían exactamente dispuestas según una línea recta paralela a la eclíptica (8) y más brillantes que las otras estrellas de igual tamaño" y cuatro días después agregaba: "Asimismo vi que no sólo tres, sino cuatro, son las estrellas errantes que cumplen sus revoluciones en torno de Júpiter (9). Parecería que descubrió tres satélites el día 7 y el cuarto el día 11, pero es fácil suponer que en realidad sucedió que sólo pudo ver a los cuatro simultáneamente el día 11 pues los días anteriores alguno de los cuatro estaría eclipsado o en tránsito. Estaba tan entusiasmado con su descubrimiento que diariamente los observó y anotó su posición relativa durante dos meses. En el Museo de Historia de la Ciencia en Florencia, Italia, se conservan dos lentes fabricados por Galileo, de 40 y 44 milímetros de diámetro, con tubos de cartón, largos de 95 y 125 cm. (por lo tanto posiblemente fueran  $F/D = 30$  aproximadamente).

La segunda persona que vio los satélites fue Simón Mayr (latinizado Marius (1573-1624), el 8 de enero de 1610 —un día después que Galileo—) y notó a tres de ellos al oeste de Júpiter. No se lo debería olvidar porque su descubrimiento fue independiente del de Galileo. Después los observó Nicolás Fabri de Peiresc (1580-1637) en noviembre del mismo año y posteriormente Gassendi. Los eclipses de los satélites principales fueron descritos por primera vez por su descubridor; los tránsitos por Campani (siglo XVII) en 1658 y los tránsitos de las sombras por J.D. Cassini.

Los datos de todos los satélites los damos en un cuadro para evitar repetir palabras. La numeración romana indica el orden de descubrimiento y la arábiga la distancia creciente al planeta. La doble numeración concuerda para los satélites galileanos y hay dudas respecto a la colocación de los números 7, 8 y 9 cuyas distancias son muy parecidas. Al último confirmado, Leda, le corresponderá el número 6.



Los nombres de los restantes motivaron cierta controversia; se habían propuesto los siguientes: (según el orden de la numeración romana) Hestia, Hera, Poseidón, Hades, Demeter, Pan, Adrastea y Leda, todas deidades más o menos conocidas pero la U.A.I. dispuso que se llamen con los datos indicados en el cuadro disponiendo, además, que los satélites con movimiento retrógrado deben llevar nombres terminados en e y los restantes en a. Estos nombres poco nos dicen mitológicamente excepto Pasifae. Los nombres de Europa, Io, Calisto, Leda y Amaltea fueron empleados también para designar a los asteroides 52, 85, 204, 38 y 113 respectivamente.

Tal como dijo Galileo, "sus" satélites aparecen a lo largo de una línea, pero en muy raras ocasiones se ve a dos de ellos uno arriba del otro, muy juntos pues como vemos en el cuadro, hay una muy pequeña diferencia en las inclinaciones de las órbitas.

Con respecto a los descubrimientos podemos agregar que el IX fue descubierto en una placa tomada al VIII para determinar su posición. Este mismo VIII se perdió en 1941 y recién fue reencontrado el 25/1/1955 por Seth B. Nicholson (1892-1963). Como vemos, Galileo y Nicholson "empataron".

Quizá en el cuadro deberíamos agregar al satélite XIV pero su existencia no está debidamente comprobada. A principios de octubre de 1975 C.T. Kowal (contemp.) sospechó su existencia en fotos tomadas por él,

(8) También casi paralela al ecuador joviano, directamente apreciable pues el eje de rotación de Júpiter es casi perpendicular a la eclíptica.

(9) Galileo Galilei. El mensajero de los astros.



Figura 6

El satélite  
Joviano Europa  
fotografiado  
por la nave  
Voyages  
desde  
240.000 km  
de distancia

lo que pareció confirmado por fotografías del Voyager II en julio de 1979 analizadas por David Jewitt y G. E. Danielson (contemp.). Resultaría el más próximo a Júpiter, apenas a unos 6.000 kilómetros por encima de las nubes, con un diámetro entre 30 y 40 kilómetros y un período de revolución de 7 horas 50 minutos. Estas cifras parecen increíbles. Por ahora este cuerpo se perdió de vista.

Todos los datos del cuadro son aproximados y en menor proporción también los correspondientes a los cuatro principales. Algunas de estas causas de incertidumbre son evidentes como los tamaños pequeños, las grandes distancias, etc., pero otras no son tan claras como las perturbaciones que sufren, por ejemplo el V por el abultamiento ecuatorial de su planeta, el IV por el Sol y por los otros tres galileanos; el VIII tiene una marcha tan irregular que su elipse no se cierra sobre sí misma y por supuesto que no lo decimos por la traslación de Júpiter, su excentricidad puede variar entre 0,18 y 0,65 y en  $10^\circ$  su inclinación. Esta excentricidad variable hace variar también su distancia al planeta en la proporción de 1 a 5, modificaciones impuestas por la atracción solar que a esta distancia ya vale la décima parte de la de Júpiter.

¡Es realmente como una de esas cosas que uno nunca sabe donde están!

Siendo los satélites I, II y III tan grandes y próximos uno del otro, pudieron haber corrido el riesgo de destrucción si sus períodos de rotación entraran en resonancia pues uno es un múltiplo simple y exacto de otro, pero —y por ello podemos verlos todavía— el sistema es estable a pesar de que así ocurre (la revolución de Ganimedes es el doble de la de Europa que a su vez es el

doble de Io) porque siempre ocupan posiciones tales que nunca pueden estar los tres con igual longitud o sea sobre el mismo lado de sus órbitas; por ejemplo, no pueden eclipsarse o transitar simultáneamente. Esta propiedad, único caso conocido en el sistema planetario fue descubierta por Laplace y puede enunciarse así: la longitud media del primero, menos tres veces la del segundo más dos veces la del tercero es igual a dos rectos.

También existe mucha incertidumbre en los diámetros; algunos autores acuerdan a Pasifae, por ejemplo, un diámetro de 20 kilómetros y otros solamente de 4. Sin duda Leda debe ser el más pequeño y puede ser que no mida más de 1 kilómetro. Casi todos los satélites deben girar presentando siempre la misma cara a Júpiter y de allí la variación que se nota en las magnitudes y el albedo.

Algunos de los satélites presentan similitudes en los elementos orbitales y en su movimiento, por lo que pueden ser agrupados. Algunos autores colocan en un primer grupo al V pero nos parece que puede incluirse en un mismo grupo junto con los galileanos pues todos los cinco tienen muy poca inclinación, excentricidad y distancia al planeta (comparados con sus hermanos); en otro grupo van el VI, el VII, el X y el último confirmado, el XIII y en el último grupo todos los restantes: VIII, IX, XI y XII todos de movimiento retrógrado.

El espectáculo de los satélites principales está en los eclipses y ocultaciones que sufren por su planeta y también entre sí. Recordemos que sucede un eclipse cuando un cuerpo no luminoso se sumerge en el cono de sombra que proyecta otro iluminado por el Sol y que ocurre una ocultación cuando un cuerpo se interpone en la visual dirigida a otro. Los tránsitos ya fueron explicados a propósito de Mercurio y Venus y aquí debemos hacerlo respecto al tránsito de la sombra del mismo cuerpo que efectúa el tránsito, circunstancia posible porque el transitado no es luminoso sino iluminado.

Todos estos fenómenos son bastante frecuentes porque para ello se dan las circunstancias favorables: los satélites giran en órbitas muy cercanas al planeta en planos que casi se confunden con su ecuador y su planeta es enorme respecto de ellos. Además, hallándose Júpiter tan lejos, en casi insensible el efecto de paralaje excepto para fenómenos entre satélites cuando la distancia entre dos puntos sobre la Tierra es muy grande, de modo que son visibles desde todos los puntos desde los cuales pueda verse a Júpiter.

Las figuras 7 y 8 ilustran todos estos fenómenos explicados al pie de cada figura.

La proximidad a su planeta de los números I, II y III hace que crucen por delante (tránsito) y por detrás (ocultación) a cada revolución cuando Júpiter está en oposición y si no lo está, se los ve eclipsarse antes o después de la ocultación. Es decir, que durante la oposición, la ocultación y el eclipse son simultáneos puesto que todos los elementos que intervienen están alineados: Sol, Tierra, Júpiter, cono de sombra, satélite. Cuando Júpiter se ha alejado un tanto de la oposición pueden verse muy juntos los tránsitos de los satélites y de sus respectivas sombras. En otra posición de Júpiter la ocultación precede o sigue al eclipse y la sombra puede preceder o seguir al satélite según se considere el fenómeno antes o después de la oposición.

Únicamente Io, por su mayor proximidad puede ocultarse y cuando lo vemos nuevamente es porque salió del eclipse. Los otros pueden ocultarse y reaparecer o eclipsarse y salir del eclipse según su alejamiento y el orden en que se producen depende de la posición del planeta. Asimismo, como lo vemos en la figura 7, es posible que exista un intervalo de visibilidad entre una ocultación y un eclipse o viceversa, dependiendo el or-

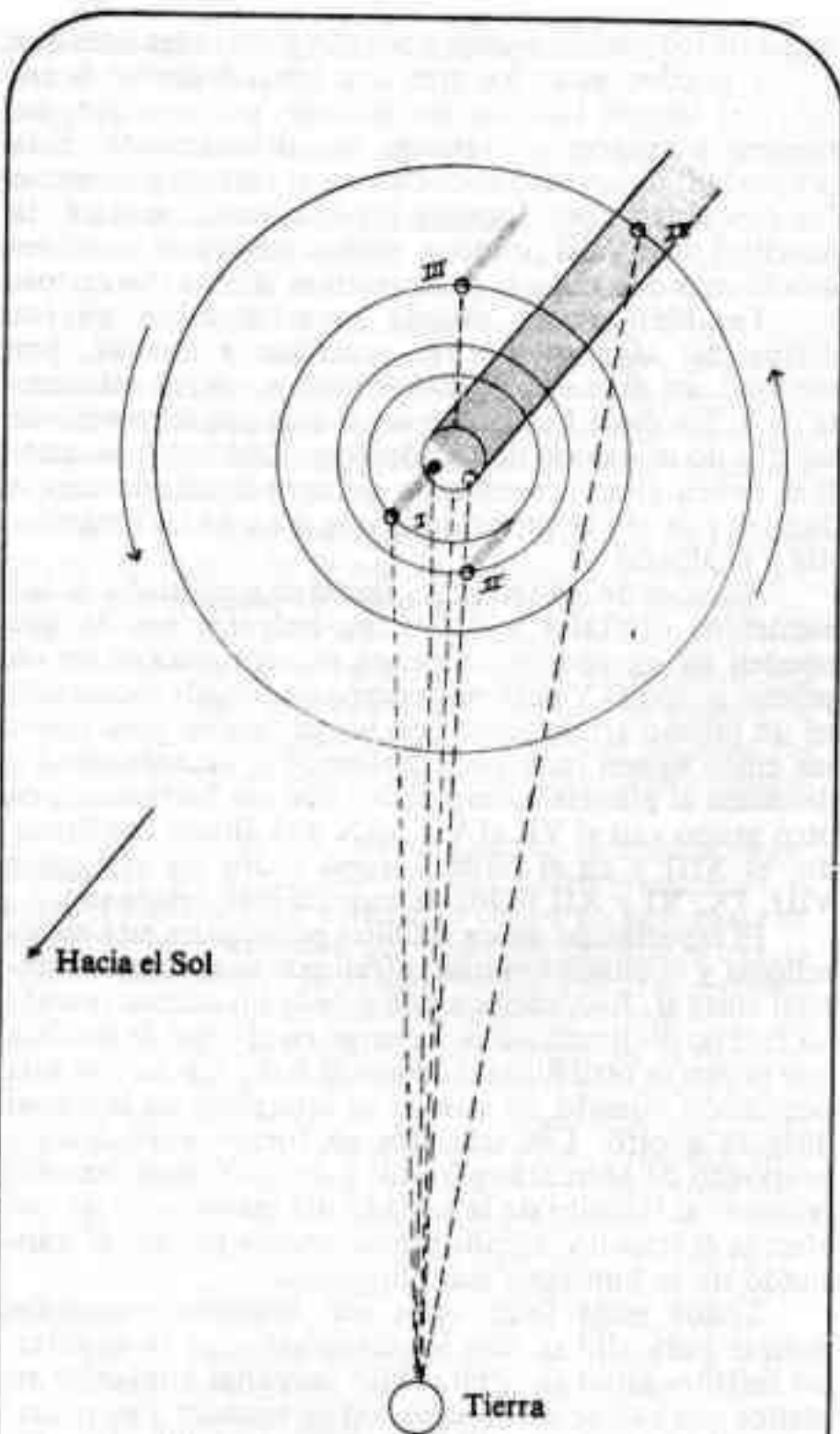


Figura 7

**Fenómenos entre Júpiter y sus satélites galileanos.**

**I -** Io arroja su sombra sobre Júpiter, pero visto desde la Tierra se lo ve separado del disco: es el tránsito de la sombra. Un poco más tarde también se verá al satélite cruzar el disco y será el tránsito del satélite. Durante cierto tiempo se verán ambos fenómenos simultáneamente.

**II -** La sombra de Europa ya abandonó el disco, pero aún se ve al satélite proyectado sobre Júpiter.

**III -** Ganímedes ya salió del eclipse por Júpiter, pero desde la Tierra todavía sigue invisible pues está oculto por el planeta.

**IV -** Calisto está eclipsado por Júpiter y luego será visible por un tiempo corto, antes de comenzar su ocultación.

den, como siempre, que Júpiter esté antes o después de la oposición. En cambio los fenómenos para el IV son menos regulares pues puede pasar por "arriba" o por "debajo" de Júpiter. Se eclipsa a cada revolución durante un período de unos tres años, tiempo durante el cual desde la Tierra vemos de perfil el plano ecuatorial de Júpiter y este lapso está separado del siguiente también por tres años durante los cuales no se eclipsa.

Durante un tránsito siempre es visible la sombra, pero el disco del satélite solamente puede verse si su camino lo proyecta sobre una banda (área oscura).

Los anuarios astronómicos indican los fenómenos de estos cuatro satélites dando también la posición relativa para su identificación. La observación de estos eventos no es difícil pero para apreciar bien los instantes son necesarios al menos 300 aumentos si deseamos tomar los instantes de los tránsitos o las ocultaciones. Los eclipses y las salidas son más fáciles y es bastante sorprendente ver como de pronto se enciende (o se apaga) un punto luminoso sin que podamos ver el motivo; además, no molesta la pequeña fase que pueda presentar el planeta según lo mostramos en el artículo sobre Marte.

Los eclipses se producen al oeste o al este del planeta según éste esté antes o después de la oposición, es decir, según cruce el meridiano después o antes de medianoche. En general y especialmente para Io, antes de la oposición solamente puede observarse el comienzo del eclipse y el fin de la ocultación y después de la oposición puede verse el principio de la ocultación y la salida del eclipse. Como estos satélites tienen un diámetro aparente entre 1" y 2" más o menos, los eventos no son exactamente instantáneos, por lo que en caso de observación se tomarán los instantes en que el satélite desaparece totalmente o comienza a verse.

Los galileanos pueden eclipsarse u ocultarse entre ellos. Para poder ver una ocultación es necesario que la Tierra se encuentre alineada con dos de ellos lo que se produce cada seis años, cuando la Tierra pasa por el plano de las órbitas de los satélites. Para ver un eclipse el que debe alinearse con dos satélites es el Sol y estos fenómenos son un poco más frecuentes que los anteriores.

Las magnitudes de estos cuatro grandes cuerpos hacen suponer que pueden ser vistos a simple vista pero no es así debido a que están permanentemente sumergidos en el fulgor de Júpiter. Sin embargo, Jules Pierre César Janssen (1824-1907) cuenta que encontrándose a 3.000 metros de altura para ver un eclipse total del Sol en 1878 durante la totalidad fueron visibles los cuatro satélites principales. Quizás en estas condiciones sea posible ver a Calisto si está en su mayor elongación pero nos parece muy improbable ver a Io.

Una vez descubiertos los satélites comenzaron las observaciones sistemáticas de los eclipses como un medio cómodo para determinar los períodos de las revoluciones. Enseguida se comprendió que estos eclipses se podían ver al mismo tiempo cualquiera fuera el sitio de observación y que podrían servir como un reloj gigantesco que únicamente dependería del buen tiempo. El primero en caer en la cuenta que con estas observaciones podrían determinarse las longitudes terrestres fue el propio Galileo y por este método intentó medir la longitud de la isla de Malta pero fracasó porque la determinación anticipada del instante del eclipse no es tan sencilla (hay perturbaciones e interviene la velocidad de la luz como veremos enseguida). J.D. Cassini inició la confección de las tablas de estos eclipses y en 1668 ya había algunas buenas pero siempre sin las correcciones mencionadas.

El problema de determinar la diferencia entre dos longitudes se resuelve por una simple diferencia de hora transformada en arco entre el punto de origen y el lugar a calcular utilizándose la altura del Sol para obtener la hora solar verdadera en el nuevo punto. Pero la hora de origen era muy difícil saberla porque había que conservarla en un buen reloj durante la travesía. Estos eclipses, como dijimos, subsanaban el problema. A partir de estas tablas el método tuvo éxito y al determinarse las longitudes hubo que hacer correcciones a las anteriores en hasta 20° como en el caso de China. Fue de gran ayuda para los navegantes, que hacían largas travesías a América y Asia, pero el método cayó en desuso con el



progresivo perfeccionamiento de los relojes desde comienzos del siglo XIX y más tarde por las transmisiones radiales de señales horarias exactas. Después de todo, observar los eclipses tenía sus bemoles: Júpiter debía estar visible, el tiempo bueno y el mar en relativa calma.

El satélite Io sirvió para la primera determinación de la velocidad de la luz. Muy pocos pensaban que la luz no se transmitía instantáneamente y Galileo —otra vez— trató de medir esta velocidad utilizando su pulso como indicador de cortos intervalos pero por supuesto, fracasó. Creo que estaremos de acuerdo en decir que lo importante es tener la idea aunque se fracasase en la prueba experimental; ya aparecerá quien pueda hacerlo. Y en este caso fue el danés Olaus Römer (1644-1710) que trabajaba en el Observatorio de París ocupado en la verificación de la exactitud de las tablas de eclipses de este satélite. Comprobó que durante seis meses los tiempos de adelantaban para atrasarse durante los siguientes seis meses. Römer, con gran sagacidad, pensó que la causa estaba en las diferentes distancias Tierra-Júpiter y como

las diferencias cambiaban de signo cada seis meses concluyó que el valor absoluto de la diferencia era el tiempo que necesitaba la luz para atravesar la órbita terrestre pues en un caso Júpiter estaba en oposición y en otra en conjunción, no considerando el movimiento propio de Júpiter. Calculó que la velocidad de la luz era de 240.000 kilómetros por segundo y este error, bastante grande aún para esa época —1675— se debió especialmente a que no se conocía, con mejor exactitud, la distancia Tierra-Sol. Además, el método, teóricamente bueno, tiene dificultades en su ejecución.

La explicación se sencilla. Conocemos exactamente el intervalo entre dos eclipses sucesivos por haber hecho el promedio durante un año y este intervalo es cada vez mayor según la Tierra se va alejando de Júpiter y cada vez menor según se va acercando.

También la explicación geométrica es sencilla, figura 9. Supongamos que las señales parten del punto J (Júpiter) y se suceden regularmente en intervalos iguales a I. Estas señales son recibidas en los tiempos  $t_1, t_2,$  etc. por un observador en movimiento sobre la recta AB que pasa por el punto J, representación de la órbita terrestre. La primera señal no será vista instantáneamente por el observador; es necesario que la luz recorra la distancia JA con la velocidad V. La segunda señal será vista cuando el observador está en B y el retardo será más grande pues la luz debe recorrer ahora la distancia JA + AB. Es decir

$$t_2 - t_1 = I + \frac{AB}{V}$$

Así puede calcularse la velocidad V si se conoce la diferencia AB de las posiciones extremas del observador a Júpiter, las épocas  $t_1$  hasta  $t_n$  y el número total n de las señales. O sea

$$V = \frac{AB}{t_n - t_1 - (n-1)I}$$

El tiempo que necesita la luz para atravesar la órbita terrestre, como cifra para recordar, es de casi 1.000 segundos.

Creemos que el sistema joviano demostró ser hermoso y además probó su utilidad a poco de conocerse pero de mucha mayor trascendencia fue la influencia decisiva que tuvo para el afianzamiento de la teoría copernicana publicada 67 años antes aunque era tomada en cuenta por muy pocos. La vista de los satélites era la prueba evidente e irrefutable de que la Tierra no era el centro de los movimientos de todos los cuerpos celestes. No resultó difícil imaginarse a Júpiter como si fuera el Sol y a sus satélites como los planetas; probaban también la verdad de las leyes formuladas por Kepler. Y como si esto no bastara, sirvieron también para poner a prueba la ley de la gravitación universal enunciada por Newton en 1687. Parecería que Júpiter y sus satélites habían estado esperando desde la eternidad pasada a que tres genios enunciaran el orden del Universo conocido para servir como prueba afirmativa. La lucha no fue fácil, especialmente para Galileo y los espíritus obtusos se negaban a aceptar la evidencia. A propósito de esto se refiere que un filósofo nunca quiso aplicar el ojo al telescopio para ver los satélites y muerto poco después comentó Galileo: "Espero que no habiendo querido verlos desde la Tierra los habrá visto en su camino al cielo".

Como el eje de rotación de Júpiter apenas si está inclinado  $3^\circ$  respecto al plano perpendicular a su órbita, no tiene estaciones como las nuestras; allí debe reinar

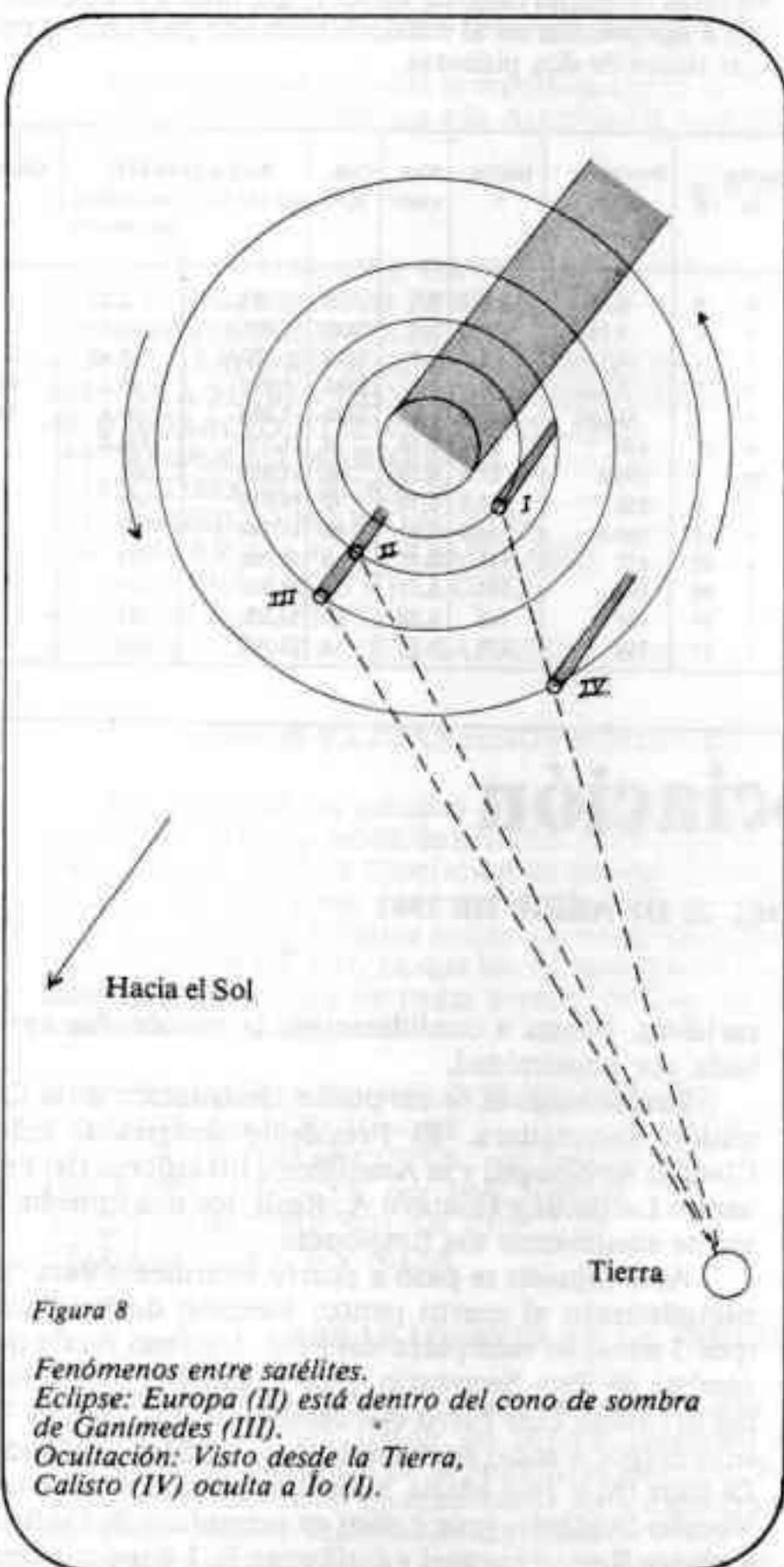


Figura 8  
Fenómenos entre satélites.  
Eclipse: Europa (II) está dentro del cono de sombra de Ganímedes (III).  
Ocultación: Visto desde la Tierra, Calisto (IV) oculta a Io (I).

una perpetua primavera o más bien un eterno invierno por lo alejado que está del Sol, el cual aparece con un diámetro aparente de seis minutos de arco (para nosotros vale unos 30 minutos) que correrá por su cielo casi tres veces más rápido que para los terráqueos y como consecuencia, las noches durarán también tres veces menos que las nuestras; según se dice, los empleos más codiciados en Júpiter son los de sereno... y astrónomo. Desde el planeta que nos ocupa, la Tierra subtiende un ángulo de apenas cuatro segundos de arco es decir, la décima parte de como nosotros vemos a Júpiter, pues ya dijimos que es diez veces más grande que la Tierra y podrían ver con bastante frecuencia nuestros tránsitos frente al Sol, estando esta posibilidad condicionada a que Júpiter esté en oposición cerca de uno de sus nodos. Tendrían bastante dificultad para observarnos pues vista desde Júpiter la Tierra no se aparta del Sol en más de 12° (para nosotros Mercurio recordamos, se aparta hasta 28°) y nos verán con fases similares a las que nos presenta Venus, aunque difícilmente seamos visibles sin ayuda de instrumentos. Quizá alguien podría envidiar el cielo de Júpiter, con cuatro lunas principales y una quinta mucho menor pero reflexionando, vemos que, si bien estas lunas cubren el cielo joviano en mayor proporción que nuestra Luna el nuestro por hallarse más

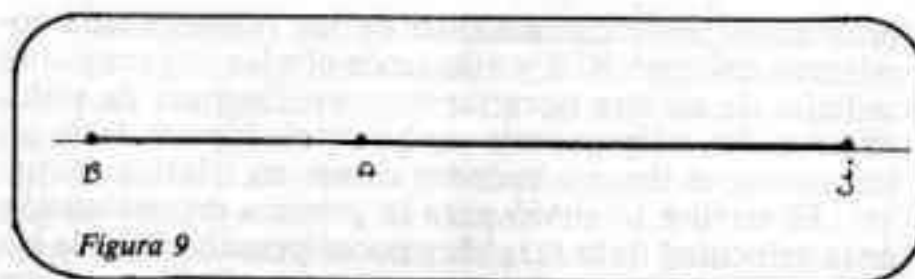


Figura 9

cerca de su planeta, no pueden reflejar tanta luz porque el Sol que las ilumina aparece muy pequeño, pero debe resultar interesante verlos eclipsarse, produciendo además todos los días eclipses de Sol aunque en fajas muy estrechas, zonas marcadas por los tránsitos de las sombras en tránsito.

Lamentamos no saber un poco más de este planeta y por lo tanto deberemos esperar que algún vehículo espacial sea puesto en órbita a su alrededor, pues lo Pioneers y Voyagers sólo hicieron una única pasada y a enorme velocidad para seguir luego sus respectivos caminos. Si creemos que de este modo aportó datos insuficientes de Júpiter debemos pensar que el elevado costo de estas misiones debe de haber impulsado a los científicos a aprovecharlas al máximo tratando de hacerles enviar datos de dos planetas.

N° de orden según dis. des.	Nombre	Maq. en opos.	Descubr.	Lugar	Fecha			Período días	Inclin. °	Ex-cent	Día. Km	Radio de la órbita		Dens	
					a	m	d					en 10 <sup>3</sup> km	en radios del planeta		
1	V	Amaltea	14,1	Barnard	Lick	1892	9	9	0,496	0,4	0,0	100	181,3	2,55	
2	I	IO	5,0	Galileo	Padua	1610	1	7	1,769	0,0	0,0	1820	421,6	5,95	3,5
3	II	Europa	5,3	Galileo	Padua	1610	1	7	3,551	0,5	0,0	1525	670,9	9,47	3,3
4	III	Ganimedes	4,6	Galileo	Padua	1610	1	7	7,155	0,2	0,0	2635	1.070	15,1	2,0
5	IV	Calisto	5,6	Galileo	Padua	1610	1	7	16,689	0,2	0,01	2500	1.880	26,6	1,6
6	XIII	Leda	20,0	Kowal	M. Palomar	1974	9	11	240	26,7	0,15	5	11.110	156,0	
7	VI	Himalia	14,8	Perrine	Lick	1904	12	3	250,6	27,6	0,16	80	11.470	161	
8	X	Lisitea	18,4	Nicholson	Lick	1938	7	6	260	29,0	0,13	12	11.710	164	
9	VII	Elara	16,4	Perrine	Lick	1905	1	2	260,1	24,8	0,21	40	11.740	165	
10	XII	Ananke	18,9	Nicholson	M. Palomar	1951	9	28	617	147	0,17	10	20.700	291	
11	XI	Carme	18,0	Nicholson	Lick	1938	7	30	692	164	0,21	15	22.350	314	
12	VIII	Pasifae	17,7	Melotte	Greenwich	1908	1	27	735	145	0,38	20	23.300	327	
13	IX	Sinope	18,3	Nicholson	Lick	1914	7	21	758	153	0,28	14	23.700	333	

## Noticias de la Asociación

### ASAMBLEA ORDINARIA DEL 25 DE ABRIL DE 1981

De acuerdo a lo dispuesto oportunamente, tuvo lugar el 25 de abril de 1981 la Asamblea Anual Ordinaria. Cumplido el tiempo de espera que establecen los Estatutos, se dio comienzo a la misma a las 20 hs. con 30 socios presentes, de los cuales solamente 27 contaban con derecho a voto.

En cumplimiento de la Orden del Día se procedió en primer lugar a la lectura y aprobación del Acta de la Asamblea anterior, la que fue aprobada sin observaciones y por unanimidad.

El segundo punto disponía la lectura de la Memoria y Balance General, Cuenta de Gastos y Recursos, e Inventario al 31 de diciembre de 1980. El socio Eduardo Inza movió que no se leyera y se dieran por aprobadas directamente ya que las mismas eran del conocimiento de todos en virtud de haber estado expuestas en

cartelera. Puesta a consideración, la moción fue aprobada por unanimidad.

Pasóse luego al tercer punto: designación de la Comisión Escrutadora. El Presidente designó al señor Claudio Apelbaum, y la Asamblea a los señores Dr. Fernando Larumbe y Gustavo A. Reali, los que inmediatamente asumieron sus funciones.

Acto seguido se pasó a cuarto intermedio para dar cumplimiento al cuarto punto: Elección de Secretario (por 3 años) en reemplazo del Prof. Luciano Ayala que cesaba; de Pro-Secretario (por 3 años) en reemplazo del Sr. Jorge Luis Ferro que cesaba; de dos Vocales Titulares (por 3 años) en reemplazo de los Sres. Alejandro Di Baja (h) y José María Requeijo que cesaban; de tres Vocales Suplentes (por 1 año) en reemplazo de los Sres. Roberto Remi Frommel y Guillermo E. Lúque que cesaban.

ban y Federico Friedheim Bustillo, fallecido. Se procedió entonces a llamar a los socios presentes en condición de votar, por orden de firmas en el Libro de Asistencia, para que emitieran su voto. Terminado el escrutinio, se obtuvo el resultado siguiente: Para Secretario por 3 años, el Prof. Luciano Ayala (27 votos); para Pro-Secretario por 3 años, la Srta. Liliana Graciela Quarleri (26 votos y 1 en blanco); para Vocales Titulares por 3 años, el Sr. Alejandro Di Baja (h) (27 votos), y el Sr. Guillermo E. Luque (26 votos y 1 voto para Vocal Suplente); para Vocales Suplentes por 1 año, el Sr. Roberto Remi Frommel (26 votos y 1 voto para Vocal Titular), el Sr. José María Requeijo (27 votos), y la Srta. Flora Beatriz Claire (27 votos).

A la fecha de realización de la Asamblea, no se habían recibido votos enviados por correo.

Proclamados los electos se pasó al quinto punto: Elección de tres miembros para integrar la Comisión Revisora de Cuentas, decidiéndose elegir a los Sres. Carlos E. Condell y Dr. Fernando Larumbe, y nombrar al Sr. Claudio Cuello en reemplazo del Sr. César R. del Río.

El punto sexto disponía la modificación de la cuota social. El Presidente expuso a la Asamblea la necesidad

de modificar la misma debido a la insuficiencia de la que se encuentra en vigencia. Con tal motivo propuso las nuevas cuotas escalonadas, oportunamente sugeridas por la Comisión Directiva, siendo éstas las siguientes: **Socios Activos** (1981), 2º Trimestre \$ 62.700, 3er. Trimestre \$ 69.000.- 4º Trimestre \$ 75.900, 1982 1er. Trimestre \$ 67.500.-

Puesta a consideración de la Asamblea, fue aprobada la modificación propuesta, la cual entrará en vigencia a partir del 2º trimestre de 1981.

El punto séptimo se refería a autorizar a la Comisión Directiva para la venta y/o donación del material bibliográfico de nuestra biblioteca que la misma considerase no aprovechable. Puesta a consideración de la Asamblea, ésta autorizó por mayoría a la Comisión Directiva de la Asociación para efectivizar la venta y/o donación del material mencionado en la forma que creyera más conveniente.

En cumplimiento del octavo y último punto del orden del día —designación de dos socios para firmar el Acta de la Asamblea junto con el Presidente y el Secretario—, se designó a los Sres. Mario Vattuone y Eduardo Inza para tal fin.

No habiendo más asuntos que tratar, se dio por finalizada la Asamblea siendo las 21,30 hs.

### SOCIOS NUEVOS

4531 SERGIO GABRIEL GRYNBERG  
 4532 FELIX HORACIO FERRARIO  
 4533 ARISTOBULO ORTIZ  
 4534 ALEJANDRO JOSE MARIA BOTTINI  
 4535 ANA MARIA CONTARDO DE SIDAÑEZ  
 4536 HORACIO ETIENNE CAMBLONG  
 4537 RODOLFO MARIO ZOIA  
 4538 PEDRO FRANCESCH  
 4539 ROBERTO MARIO SCALIA  
 4540 OSCAR MARCOS ZAMBRANO  
 4541 SERGIO ALDO CELLONE  
 4542 WILDE BUFFETTI  
 4543 ALBERTO DANIEL SARACCO SOSA

4544 LUIS ELADIO GALVAN  
 4545 JUAN CARLOS BARRUECO  
 4546 OSVLADO VICTOR PEREYRA  
 4547 ABEL ANGEL LUCANO  
 4548 ALEJO SANTIAGO JOSE TORRES  
 4549 ALFONSO MARIANO CORSO  
 4550 JUAN CARLOS DE MARTINO  
 4551 CARLOS POZZI  
 4552 EDUARDO CARLOS GONDELL  
 4553 HORACIO AGUSTIN LEYENDA  
 4554 JUAN CARLOS FERREYRA TREJO  
 4555 SELVA FLAVIA PANIZZA

### LIBROS EXTRANJEROS RECIENTES ADQUIRIDOS PARA NUESTRA BIBLIOTECA

En virtud de las actuales disposiciones aduaneras respecto de la importación de material gráfico y educativo en general, nuestra Asociación ha decidido incorporar a nuestra biblioteca una cantidad de libros extranjeros de interés para nuestros socios importándolos directamente de los EE.UU. ya que los mismos entran libremente por la Aduana sin pagar arancel. En los dos primeros envíos hemos recibido:

STANDARD HANDBOOK FOR TELESCOPE MAKING, por N.E. Howard  
 ALL ABOUT TELESCOPES, por Sam Brown  
 DEEP SKY OBJECTS, por Jack Newton  
 A NEW SUN, THE SOLAR RESULTS FROM SKYLAB, por NASA

PIONEER ODYSSEY, por NASA  
 ATLAS OF MERCURY, por NASA  
 ATLAS OF MARS, por NASA  
 THE MARTIAN LANDSCAPE, por NASA  
 MISSION TO EARTH: LANDSAT VIEWS THE WORLD, por NASA  
 ALGORITHMS FOR RPN CALCULATORS, por H. Ball  
 CONSTRUCTION OF A MAKUTOV TELESCOPE, por W. Fillmore  
 GLEANINGS BULLETIN "C"  
 THE SPACE TELESCOPE, por NASA

Los mismos están a disposición de los socios para su consulta en Biblioteca.

### REPARACIONES EN LA INSTALACION ELECTRICA DEL EDIFICIO

Los años transcurridos desde la inauguración de nuestro edificio han traído un natural deterioro en cables y otros elementos de la instalación eléctrica. Por otra parte la evolución experimentada por los materiales permite introducir sustanciales mejoras.

Un grupo de socios ha iniciado su total renovación,

pensándose reemplazar también el tablero central por otro con llaves termomagnéticas. Se solicita colaboración en la forma de donaciones de materiales. A aquellos que deseen contribuir, se les ruega se pongan en contacto con la subcomisión de mantenimiento, o consulten en Secretaría.

# El Aficionado y el Sistema Solar

Conducido por la Subcomisión de Planetas

## CRATERIZACION LUNAR:

Tal como lo anticipamos en el número 215 de R.A. el estudio de la craterización lunar lo hemos realizado basándonos en el Moon Atlas de Olbers Gesellschaft Bremen; integrado por un total de 24 mapas, correspondiendo todos ellos al hemisferio lunar visible. La finalidad perseguida consistía en determinar las características físicas de los cráteres lunares: diámetro, profundidad, características interiores, edad aproximada y otros parámetros físicos. En este número nos referiremos a los mapas número 1 (zona Ptolemaeas, Albatognius, Hipparchus, Sinus Medii), 2 (zona Theophilus, Mare Tranquillitatis, Delambre, Julius Caesar), 3 (zona Plinius, Mare Serenitatis, Taurus, Posidonius, Vitruvius) y 4 (zona Caucasus, Apenninen, Archimedes, Eratosthenes, Aristillus).

De los cráteres comprendidos en la zona indicada en el mapa número uno tomamos un grupo de 18 cráteres para realizar las mediciones anteriormente mencionadas; del mapa número dos fueron 23 cráteres; del mapa número tres 17 cráteres y del mapa número cuatro 13 cráteres. Al seleccionar los cráteres estudiados tuvimos en cuenta que ellos debían ser representativos de la zona (incluyendo los diversos tipos de cráteres presentados por cada una de ellas en proporción equivalente al número total de cada tipo, de manera tal que, a mayor cantidad de cráteres de un tipo mayor el número de cráteres seleccionados de ese tipo, a la inversa a menor número de cráteres existentes menor número seleccionado) lo cual es imprescindible para luego llegar a conclusiones generales.

### Mapa N° 1

(zona Ptolemaeas, Albatognius, Hipparchus, Sinus Medii):

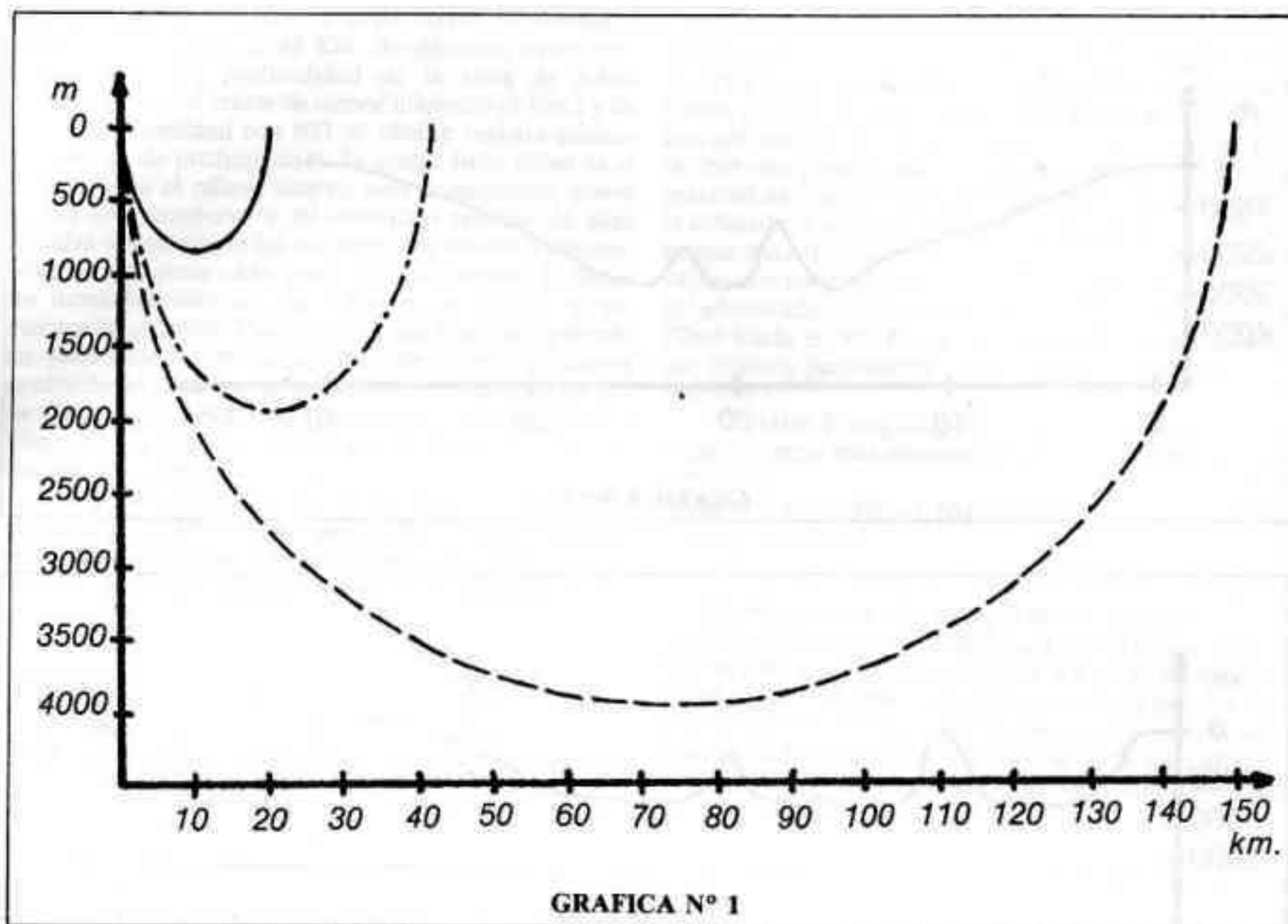
El mayor de los cráteres de la zona por su diámetro es Ptolomeo (185 Km.) mientras que la mayor profundidad la presenta Albatognius con 4.000 m. Los cráteres Ritkey y Dembonsky son los más pequeños por su

diámetro (20 Km.) mientras que el mismo Dembonsky con sus 800 m. de profundidad es el menos profundo. Por el relieve físico interno, el cráter Agripa presenta la mayor cantidad de accidentes en cuanto al número de cráteres y montañas internas, siendo de seis el número de cráteres y siete las montañas que se encuentran en su interior, agrupándose en tres cadenas montañosas. En los cráteres Herschel y Gilden pudimos medir las dos montañas internas más elevadas ascendiendo a 1.600 m. su altitud; en cuanto a los cráteres internos a los cráteres de la zona debemos señalar con particularidad que todos ellos tienen 400 m. de profundidad. Si tenemos en cuenta que la profundidad de un cráter nos permite formarnos una idea de su edad aproximada, siendo que aquellos que tienen una mayor profundidad, son los más recientes mientras que los más antiguos presentan poca profundidad, tendremos que, basándonos en esto, Albatognius con sus 4.000 m. de profundidad sería el de formación más reciente mientras que Dembonsky el de formación más antigua con 800 metros de profundidad, claro que deberíamos tener en cuenta los diámetros correspondientes a cada cráter para un cálculo más aproximado.

Si calculamos los promedios físicos de la zona en cuanto a diámetro, profundidad y características internas tendríamos que el cráter medio de la zona presentaría 41,75 Km. de diámetro con una profundidad de 1.960 m. Si comparamos el cráter Albatognius, que con sus 150 Km. de diámetro y sus 4.000 m. de profundidad ocupa el segundo lugar por su diámetro y el primero en profundidad entre los cráteres de la zona, con el cráter Dembonsky el más pequeño y nuestro imaginario cráter promedio, obtendremos la siguiente tabla y gráfico:

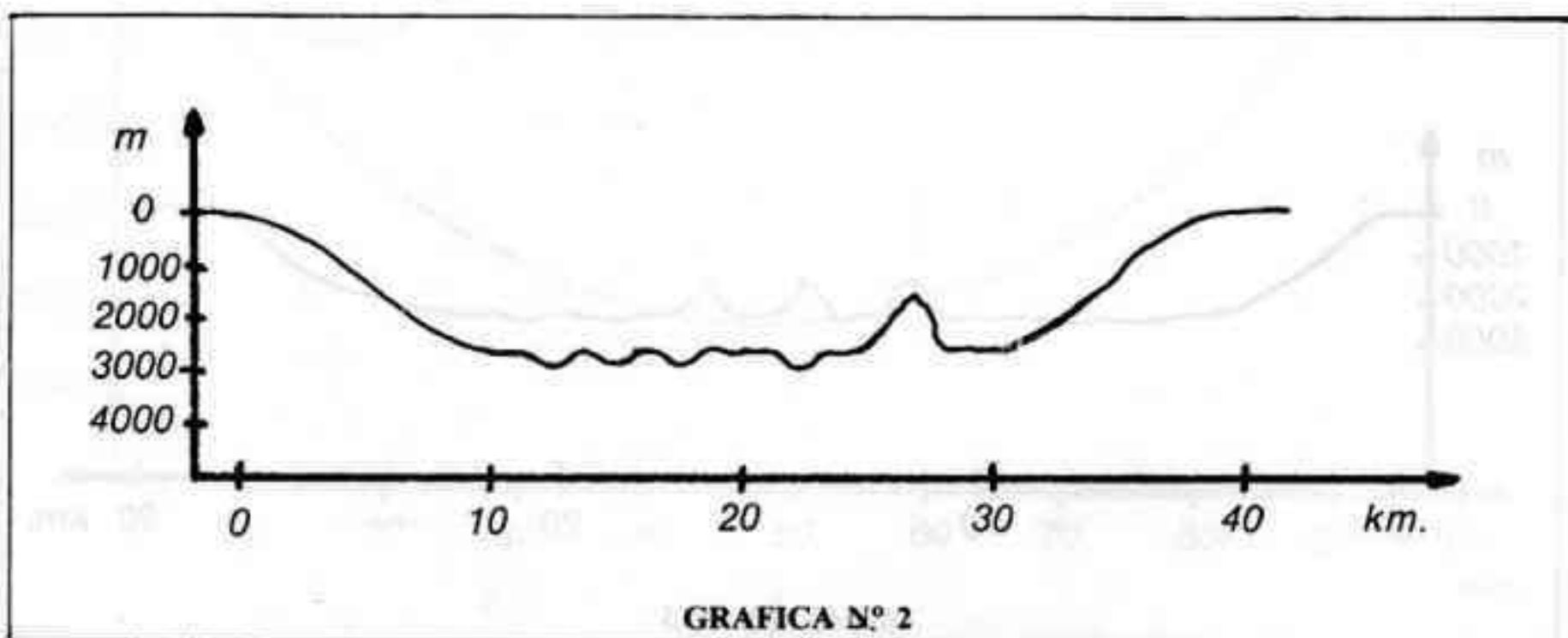
Albatognius	150 Km	4.000 m
Dembonsky	20 Km	800 m
Cráter medio	41,75 Km	1.960 m

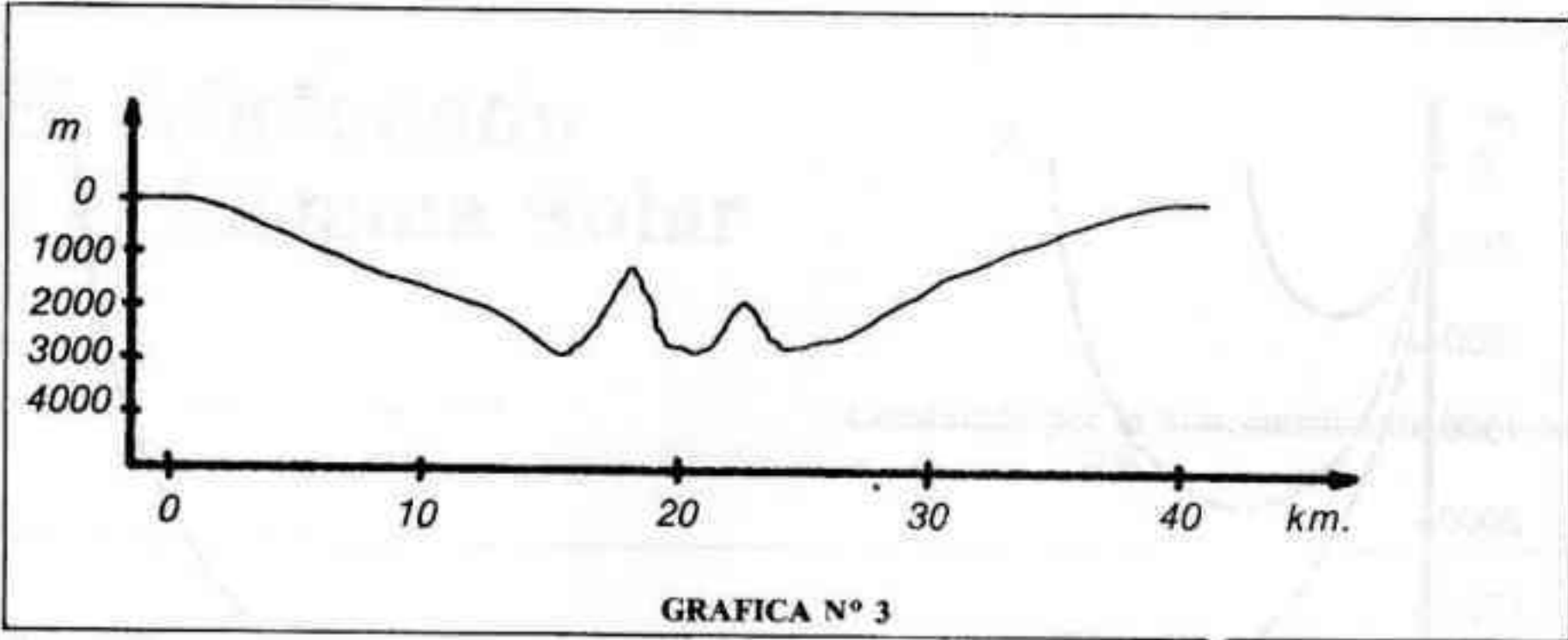
En este gráfico como en los siguientes de este tipo no se tiene en cuenta el verdadero perfil del cráter ya que sólo es comparativo del diámetro y la profundidad de los cráteres. GRAFICA N° 1



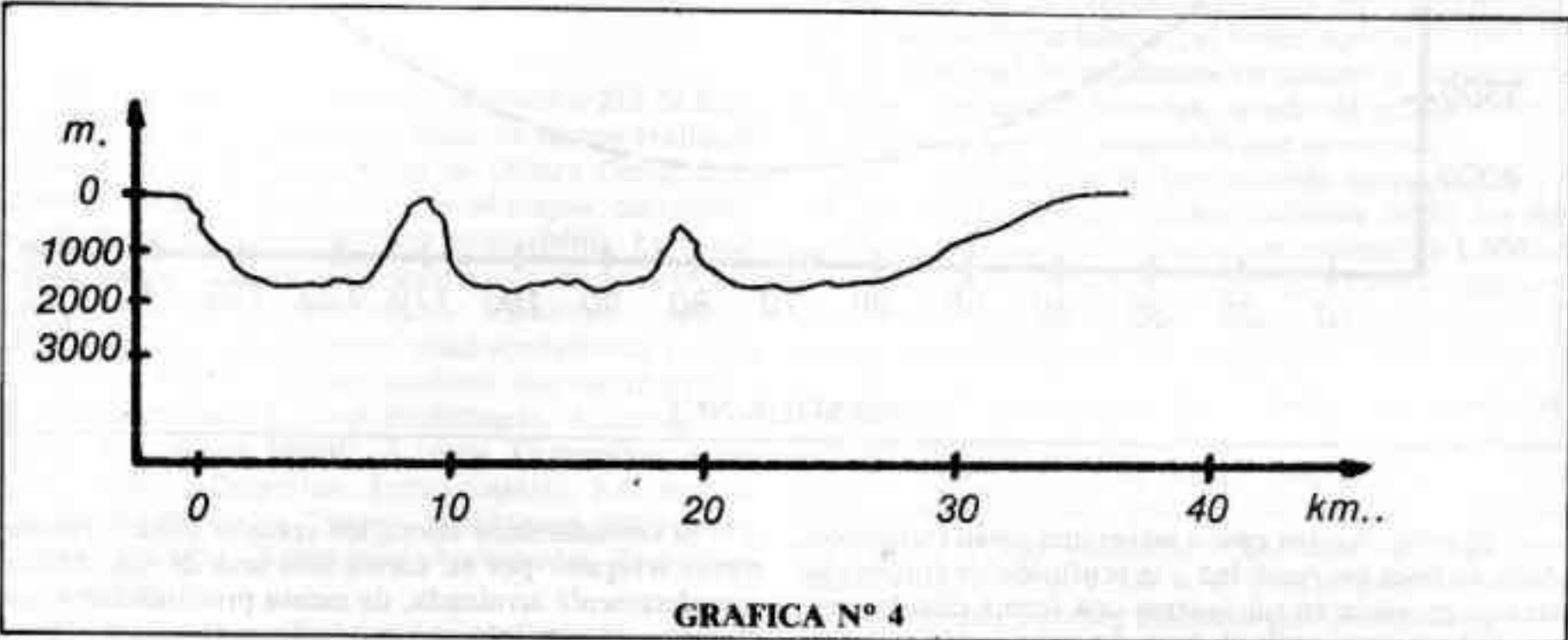
El cráter Agripa pese a no ser una joven formación, dada su poca profundidad y la profusión de cráteres internos, presenta en sus laderas una forma circular propia de los cráteres más jóvenes. La zona que lo rodea está poblada por numerosos picos de montañas, algunos aislados y otros formando macizos de montañas. Si realizamos un corte del cráter Agripa que como dijimos anteriormente es el que presenta el relieve más accidentado obtendríamos el siguiente perfil: **GRAFICA N° 2**

Si consideramos ahora los cráteres Gilden (sumamente irregular por su forma con una de sus laderas completamente arruinada, de escasa profundidad y numerosos cráteres internos que indican su vejez) y Herschel (su forma es netamente circular, sus laderas están claramente delineadas y de pendiente suave que se aproxima hasta el centro del cráter en el que encontramos sus formaciones montañosas internas) que presentan en su interior los picos montañosos de mayor altitud de la zo-





GRAFICA N° 3



GRAFICA N° 4

na, obtendremos los siguientes perfiles comparativos:

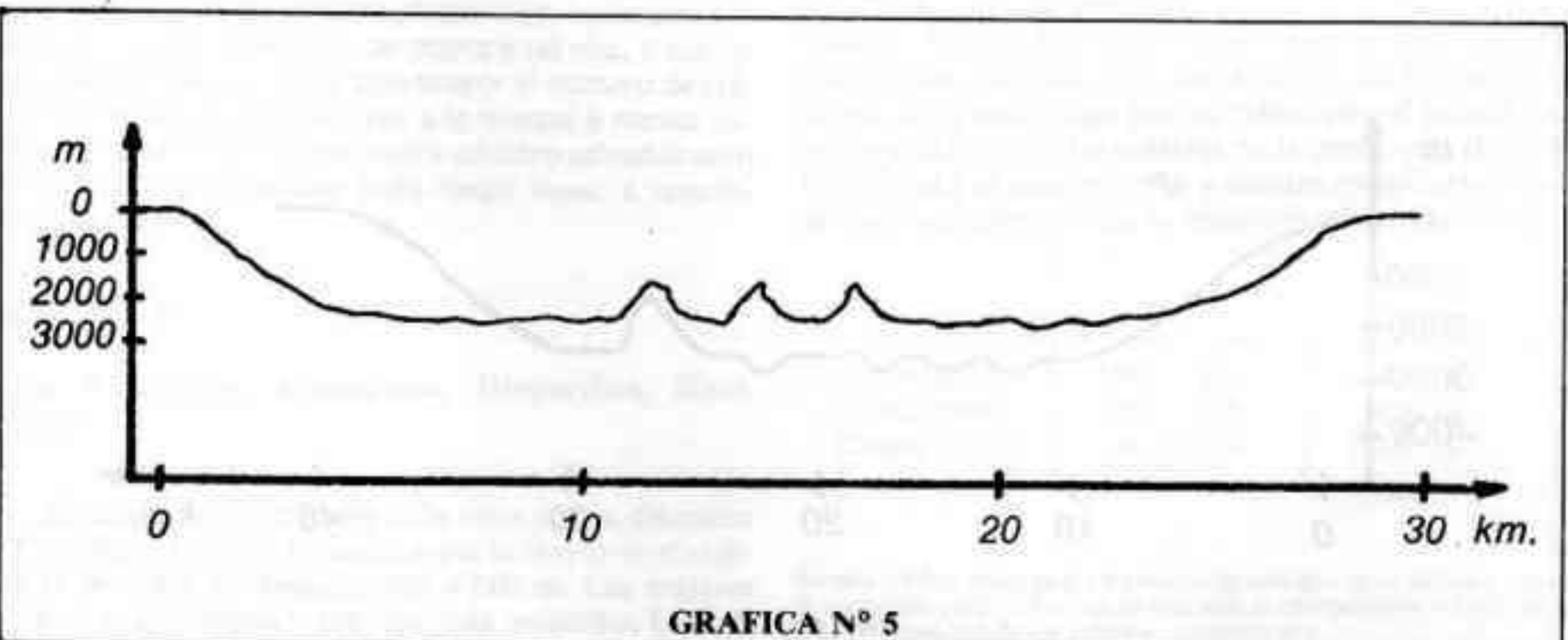
GRAFICA N° 3    GRAFICA N° 4

**Mapa N° 2** (zona Theophilus, Mare Tranquillitatis, Delambre, Julius Caesar):

El cráter Someri, que es el de mayor cantidad de picos internos, presenta el siguiente corte transversal:

GRAFICA N° 5

Theophilus (de forma circular con laderas claramente demarcadas) es entre los cráteres de la zona el de



GRAFICA N° 5

mayor diámetro (95 Km.) y el de mayor profundidad (3.600 m.); Capella de 45 Km. de diámetro tiene también la máxima profundidad de la zona de 3.600 m.. Ariadans es el cráter de menor diámetro (9 Km.) y de menor profundidad con 800 m. (Smith registra asimismo 800 m. de profundidad). El cráter Julio César es el que presenta el relieve interno más accidentado, posee 12 cráteres interiores y 10 montañas (cuatro de ellas aisladas mientras que las seis restantes integran dos metetas de tres picos cada una). La más elevada de todas las montañas internas, de 2.800 m. de altura, se encuentra en el cráter Theophilus. Mientras que en el cráter Julio César encontramos el cráter interno de mayor profundidad (2.800 m.); las menores profundidades son de 400 m. Los cráteres de formación más reciente son Theophilus y Capella, al paso que D' Arres es el de formación más antigua.

El cráter medio de la zona tiene 33,54 Km. de diámetro y 2.018 m. de profundidad. Gráficamente podríamos comparar los diámetros y profundidades de los cráteres mayor, menor y medio de la siguiente manera: GRAFICA N° 6

Teophilus	95 km.	3.600 m.
Ariadans	9 km.	800 m.
Cráter medio	33,54 km.	2.018 m.

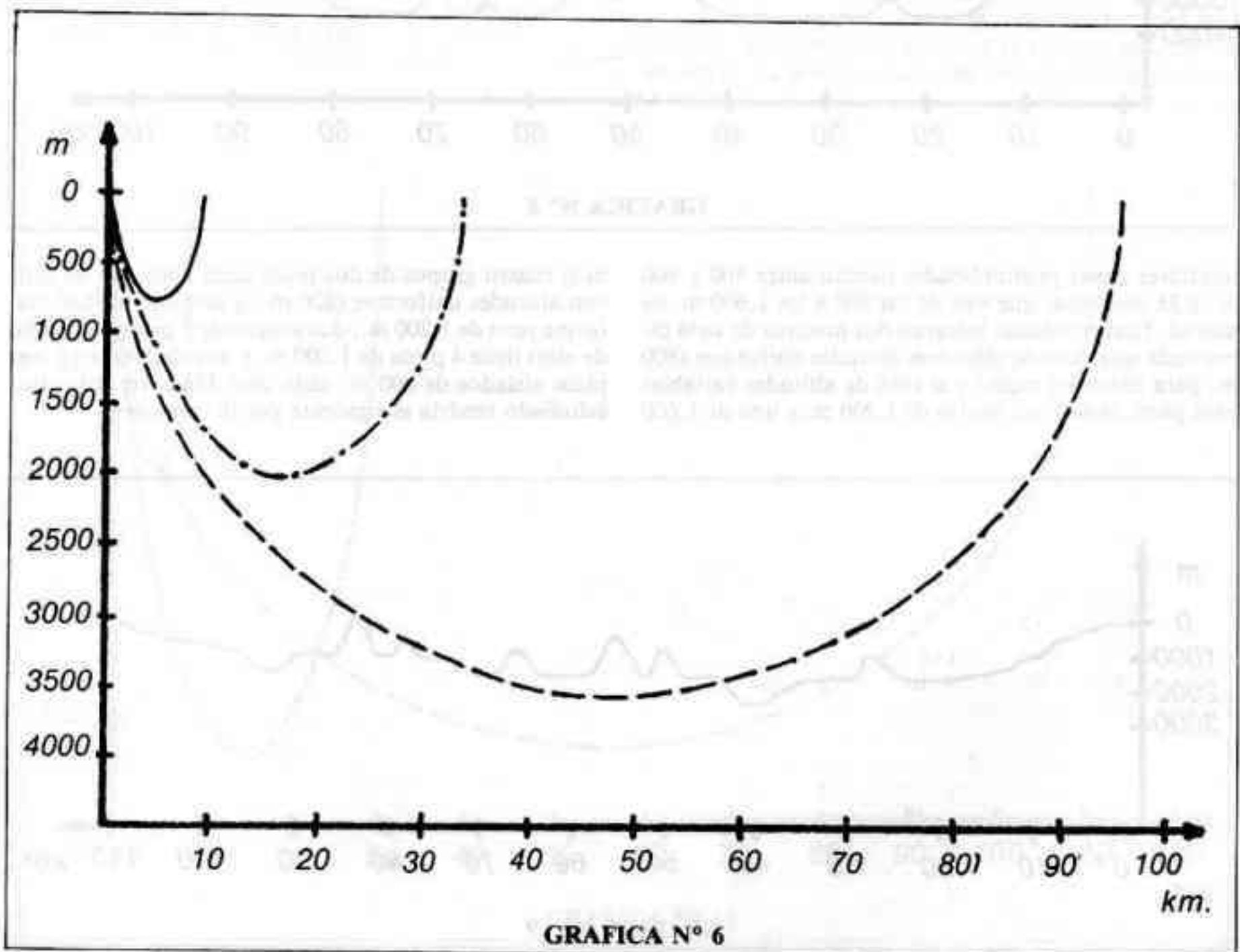
El cráter Julio César es de formación antigua, sus laderas están completamente arruinadas, con profusión de cráteres en las mismas, y ha perdido la tradicional forma circular de los cráteres. Se encuentra en proximidad del Mar de la Tranquilidad con el que limita al oeste. Por esta proximidad se halla inundado con el mismo material de resavios que conforman el mar anteriormente señalado. Las grietas Hyginus y Ariadaeus, dos de las grietas más interesantes de nuestro astro lunar observables con los instrumentos que se encuentran al alcance del aficionado, se localizan en las proximidades de Julio César hacia el NE. Puede ser graficado comparándose sus diversos parámetros con el siguiente esquema:

GRAFICA N° 7

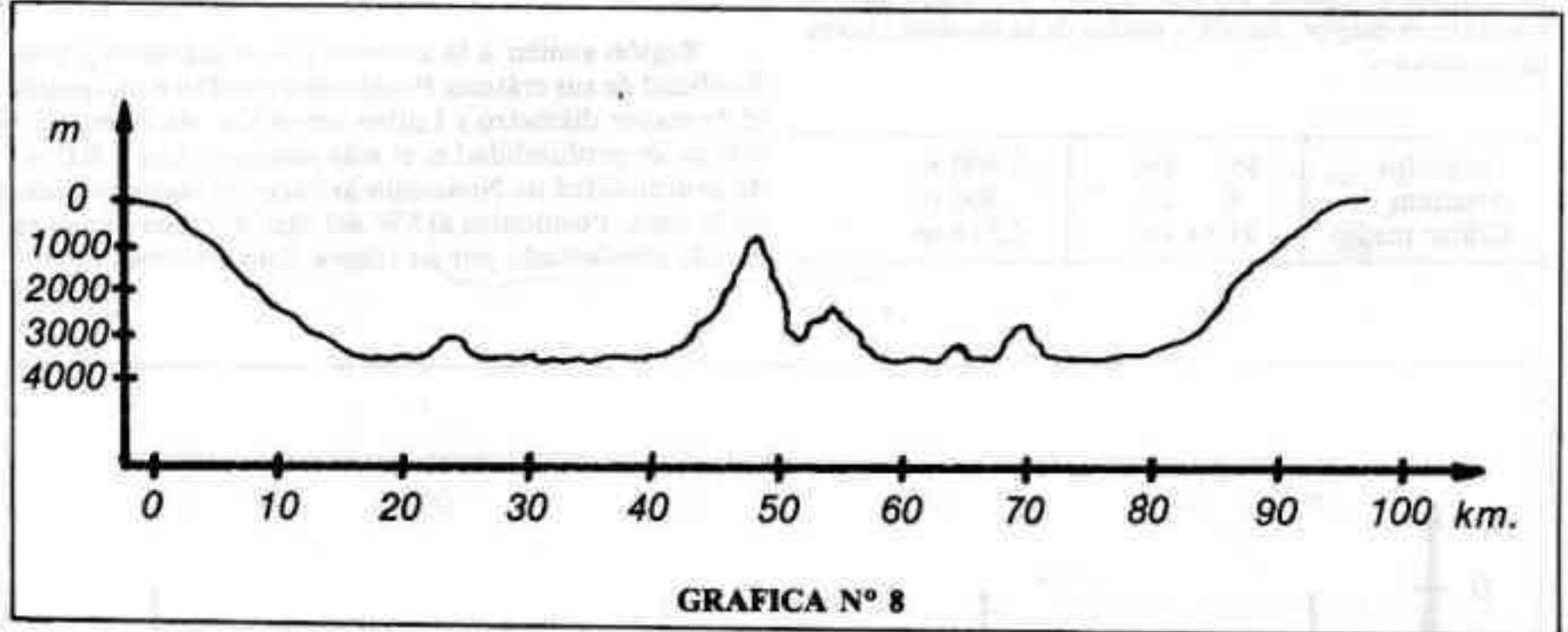
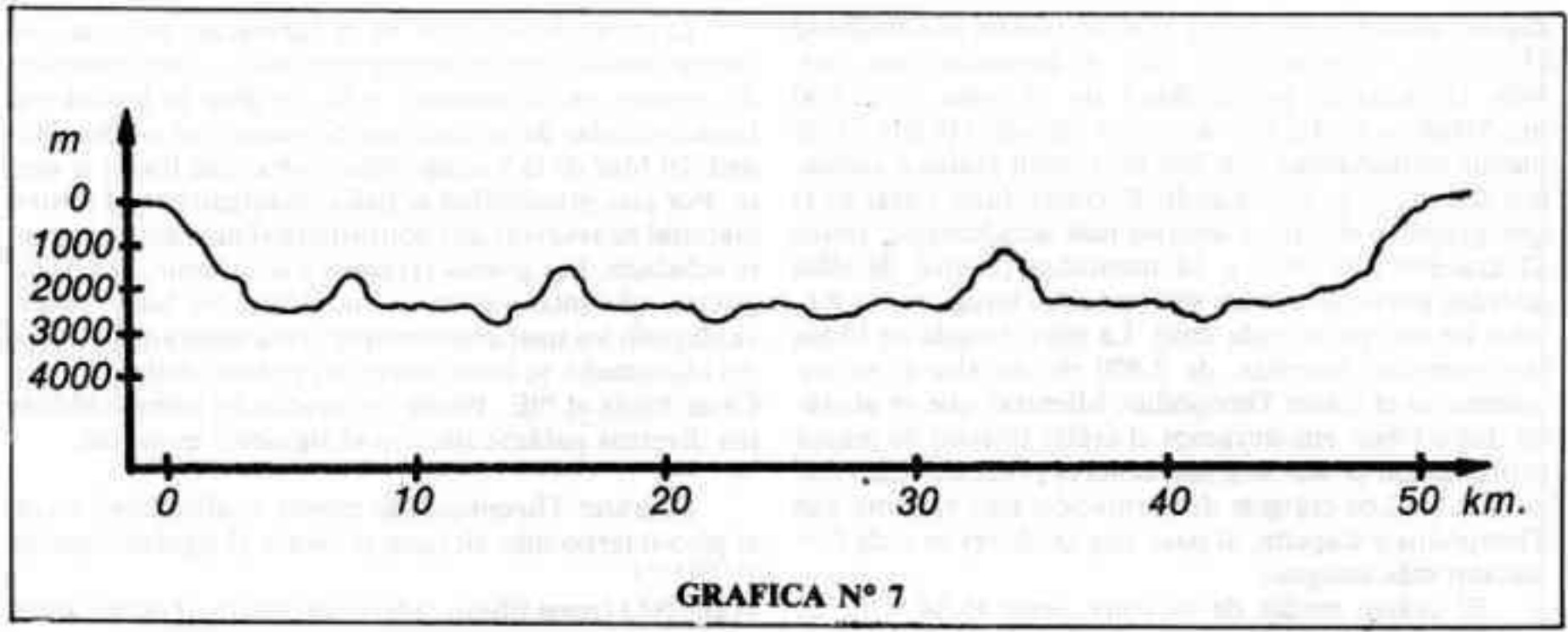
El cráter Theophilus de mayor profundidad y con el pico interno más elevado presenta el siguiente perfil: GRAFICA N° 8

**Mapa N°3** (zona Plinus, Mare Serenitatis, Taurus, Posidonius, Vitruvius):

Región similar a la anterior por el diámetro y profundidad de sus cráteres Posidonius con 110 Km. resulta el de mayor diámetro y Luther con 9 Km. de diámetro y 800 m. de profundidad es el más pequeño. Los 2.800 m. de profundidad de Newcomb lo hacen el más profundo de la zona. Posidonius al SW del Mar de la Serenidad es el más accidentado por su relieve físico, nueve cráteres

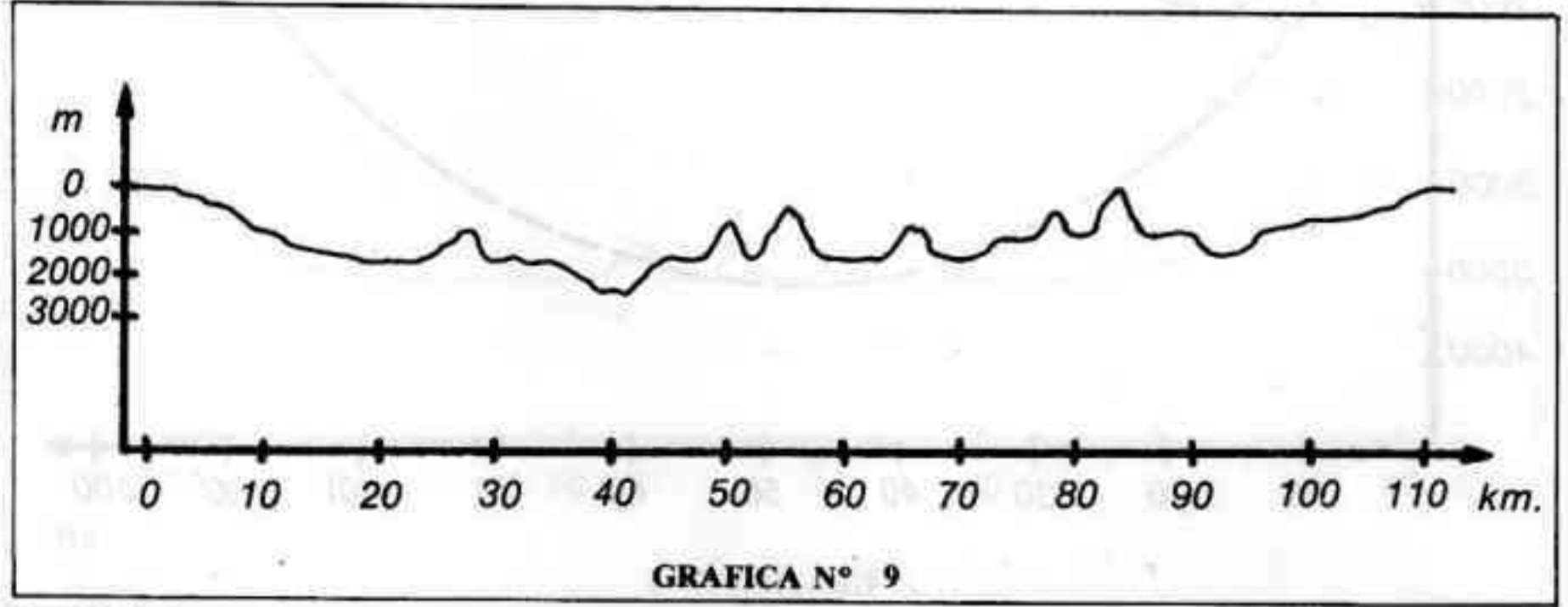


GRAFICA N° 6

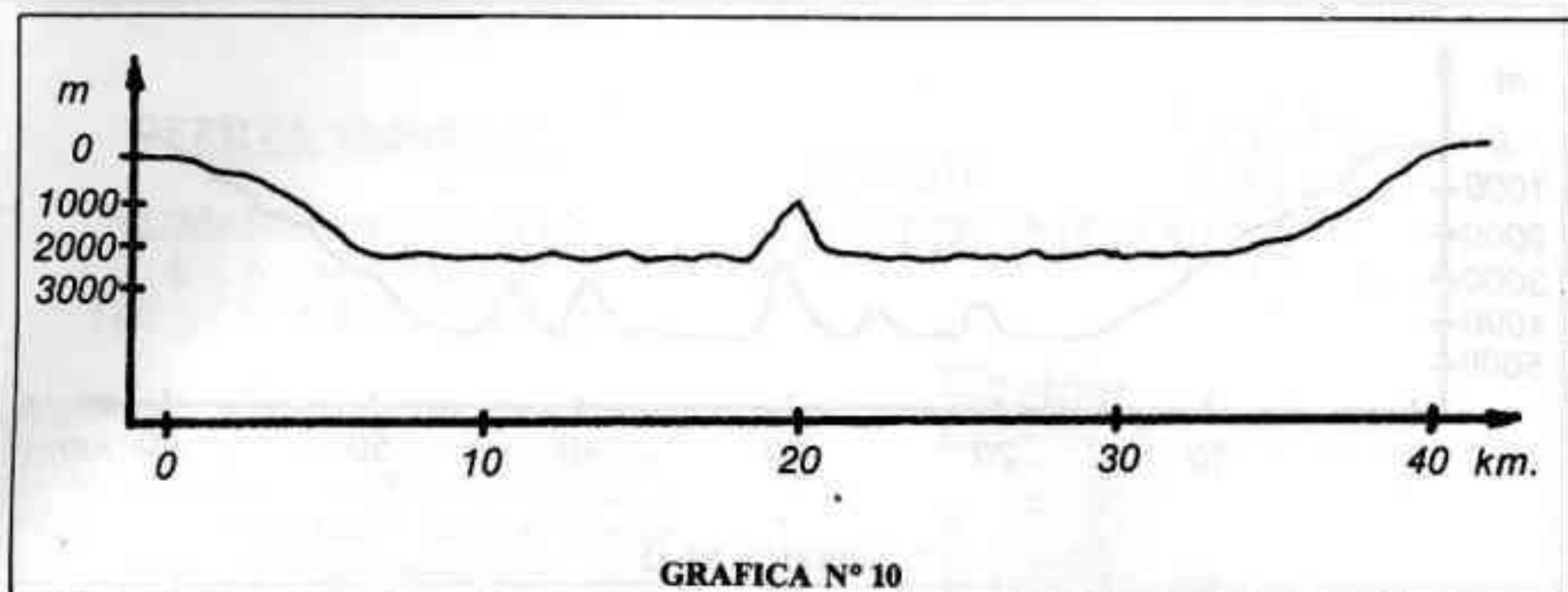


interiores cuyas profundidades oscilan entre 400 y 800 m. y 35 montañas que van de los 800 a los 1.600 m. de altitud. Esas montañas integran dos macizos de siete picos cada una, uno de ellos con altitudes uniformes (800 m. para todos los picos) y el otro de altitudes variables (dos picos de 800 m., cuatro de 1.200 m. y uno de 1.600

m.); cuatro grupos de dos picos cada uno, tres de ellos con altitudes uniformes (800 m.) y uno con altitud uniforme pero de 1.200 m.; dos grupos de 5 picos, cada uno de ellos tiene 4 picos de 1.200 m. y uno de 800 m.; y tres picos aislados de 800 m. cada uno. Un corte del cráter estudiado tendría el siguiente perfil: **GRAFICA N° 9**







GRAFICA N° 10

La región se caracteriza de estar poblada por cráteres relativamente pequeños presentando la mayoría de ellos uno o dos picos centrales. A continuación presentamos el perfil del cráter Romer, representativo de estos pequeños cráteres: GRAFICA N° 10

Los parámetros físicos en cuanto a profundidad y diámetro de los cráteres mayor, medio y menor de la zona son los siguientes:

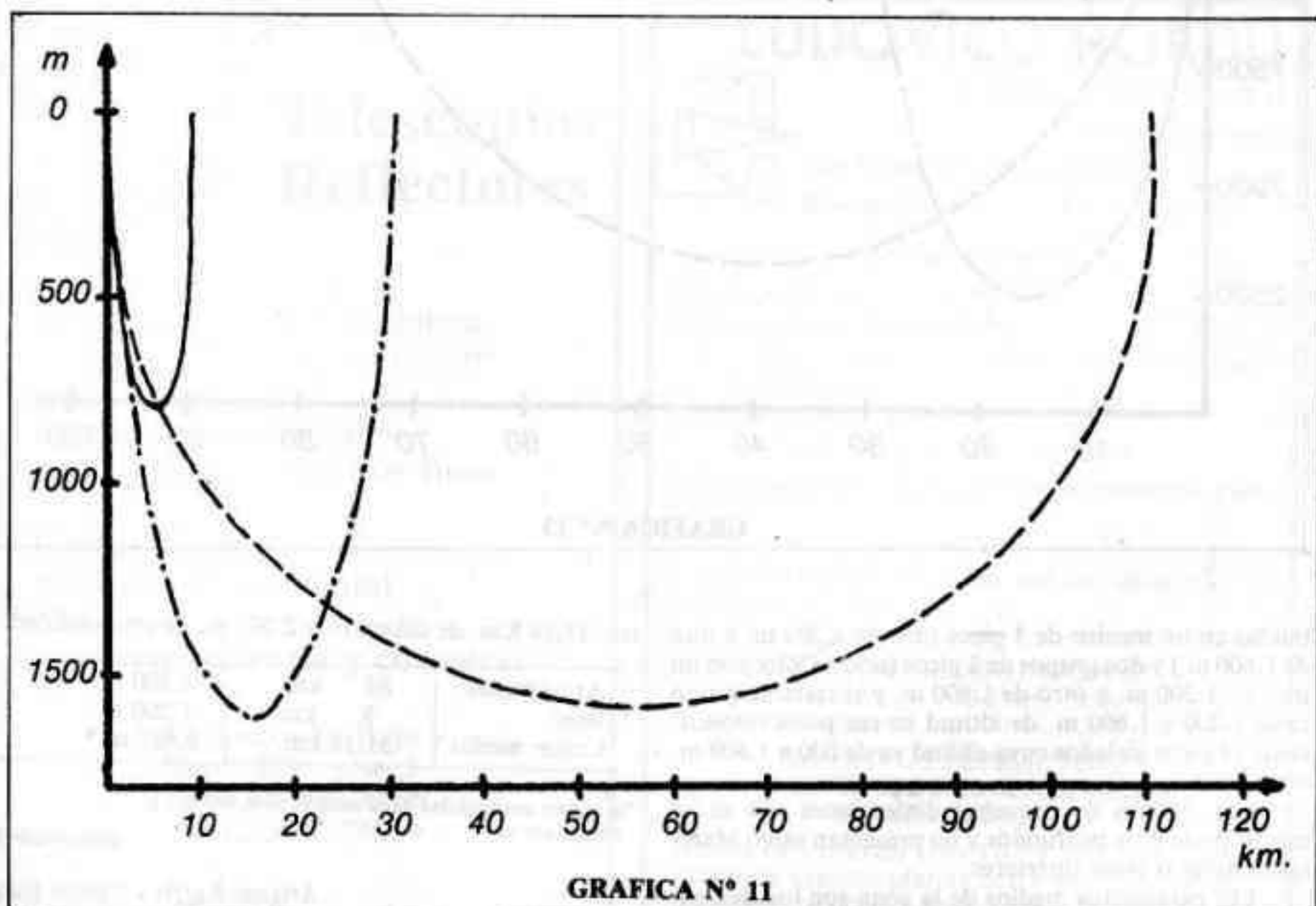
Posidonius	110 km.	1.600 m.
Luther	9 km.	800 m.
Cráter medio	30,47 km.	1.623 m.*

\*el cráter de mayor profundidad (Newcomb) tiene 2.800 m  
GRAFICA N° 11

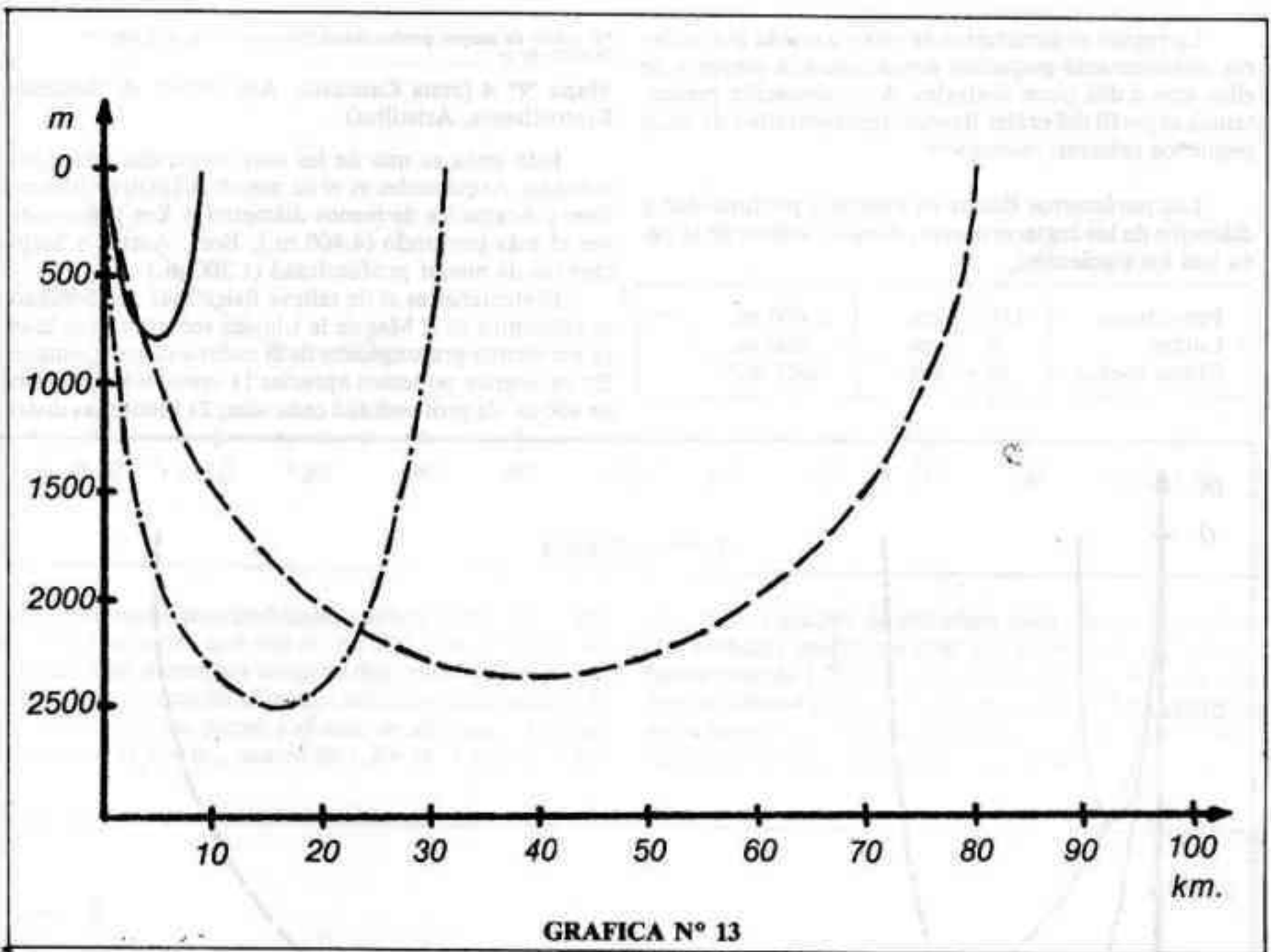
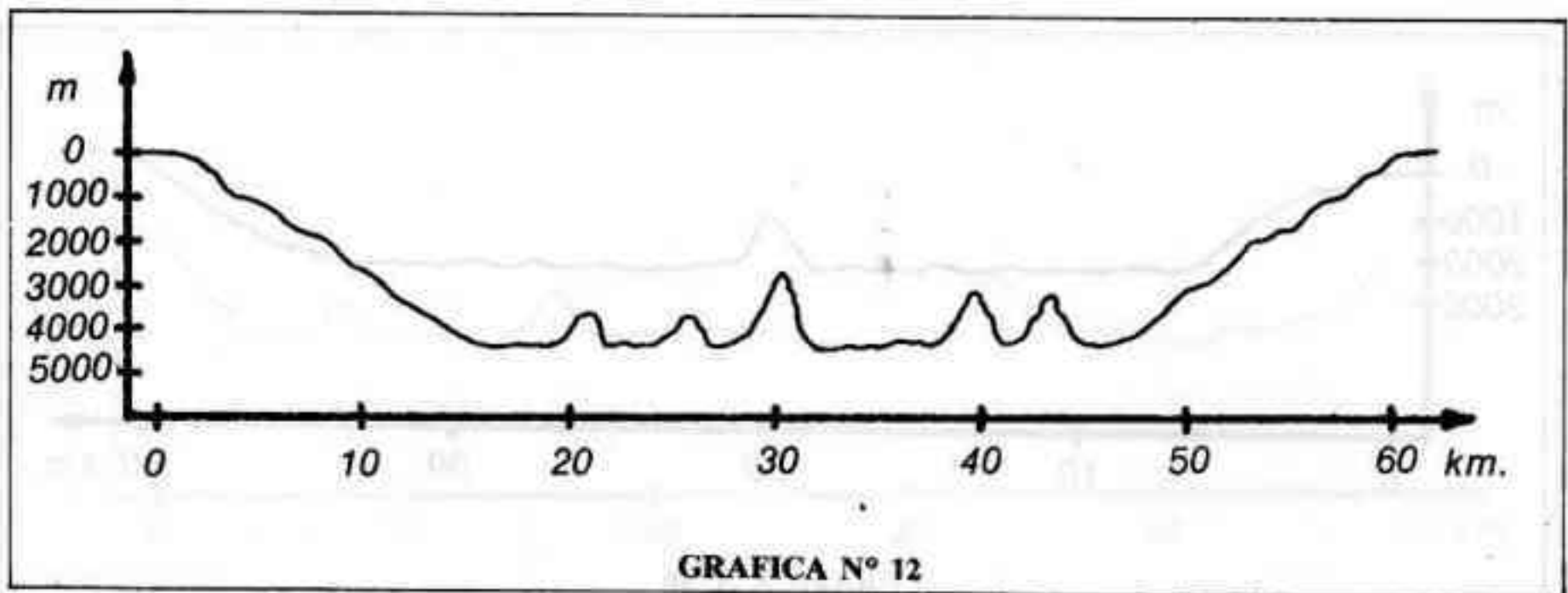
Mapa N° 4 (zona Caucasus, Apenninen, Archimedes, Eratosthenes, Aristillus):

Esta zona es una de las más conocidas por el aficionado. Arquímedes es el de mayor diámetro (80 Km.) Beer y Aratus los de menos diámetro (9 Km.). Eratosthenes el más profundo (4.400 m.), Beer, Aratus y Sulpius los de menor profundidad (1.200 m.).

Eratosthenes es el de relieve físico más accidentado, se encuentra en el Mar de la Lluvias recortando su ladera sur en una prolongación de la cadena de los apeninos. En su interior podemos apreciar 11 cráteres secundarios de 400 m. de profundidad cada uno; 21 montañas distri-



GRAFICA N° 11



buidas en un macizo de 3 picos (dos de 1.200 m. y uno de 1.600 m.) y dos grupos de 2 picos (uno de ellos con un pico de 1.200 m. y otro de 1.600 m. y el restante grupo tiene 1.200 y 1.600 m. de altitud en sus picos respectivos); 14 picos aislados cuya altitud va de 800 a 1.600 m.

GRAFICA N° 12

Los cráteres de pequeñas dimensiones son en su mayor parte muy profundos y no presentan salvo Manilus cráteres o picos interiores.

Los parámetros medios de la zona son los siguientes:

tes: 31,38 Km. de diámetro y 2.507 m. de profundidad.

Arquímedes	80 km.	2.400 m.
Beer	9 km	1.200 m.
Cráter medio	31,38 km.	2.507 m.*

\*la mayor profundidad de la zona es de 4.400 m.

GRAFICA N° 13

*continuará*

*Miguel Ruffo y Carlos Rúa*

## OFERTA ESPECIAL

### NUMERO DEDICADO A LA MEMORIA DE ALBERT EINSTEIN

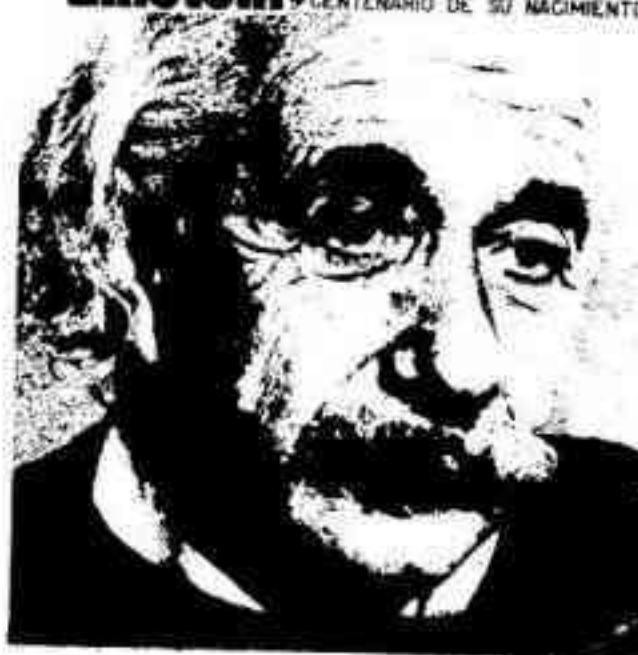
Actualmente contamos con gran stock extra del número 209/10 de Revista Astronómica dedicado a celebrar el centenario del nacimiento de Albert Einstein. Consta de 72 páginas, en el formato anterior de la revista, y a través de excelentes artículos se brinda una imagen de la rica personalidad del genio y su influencia en la ciencia moderna. Si usted es un socio o un suscriptor reciente y no recibió por lo tanto este ejemplar, simplemente envíenos un cheque o giro postal a nombre de la ASOCIACION ARGENTINA AMIGOS DE LA ASTRONOMIA por un monto de \$ 7.000 y a vuelta de correo recibirá su ejemplar.

## REVISTA ASTRONOMICA



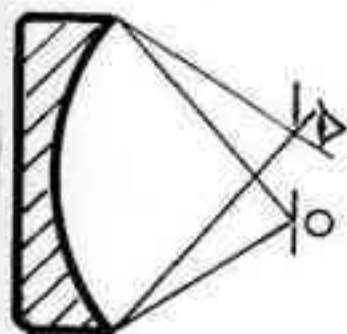
### Einstein

CENTENARIO DE SU NACIMIENTO



Nº 209/10

ABRIL -  
SEPTIEMBRE  
1979



## Telescopios Reflectores

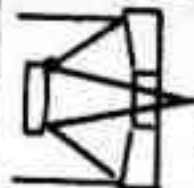
- Tubos con óptica completa de 120 a 250 mm. de espejo
- Monturas ecuatoriales con o sin movimientos finos
- Óptica plana para uso instrumental

### Correspondencia y consultas

Alejandro Di Baja  
Brasil 329 - piso 3  
1154 - Buenos Aires  
T.E. 361-6740

## LUDOVICO HORDIJ

Optica Instrumental  
y Astronómica



Luis Viale 23 (1706) HAEDO

Buenos Aires

T.E. 659-6609

Envíos al Interior

OCULARES: Montura  $\varnothing$  23 mm - Tratamiento anti reflejo en todas las superficies ópticas construidos con cristales ópticos especiales que disminuyen aberraciones y aumentan el campo

RAMSDEN:  $F = 4\text{ mm}$   $F = 7\text{ mm}$   
 $F = 14\text{ mm}$   $F = 24\text{ mm}$

ERFLE: Superior a cualquier ocular conocido, campo  $85^\circ$

$F = 6\text{ mm}$   $F = 12\text{ mm}$

ESPECTROSCOPICO: Con red de difracción de 400 líneas por mm  
 $F = 24\text{ mm}$

ESPEJOS PARABOLICOS STANDARD:

$\varnothing$  75 mm 100 mm 150 mm 200 mm  
f 900 mm 900 mm 1200 mm 1200 y 1600 mm

OBJETIVOS REFRACTORES,  
ANTEOJOS BUSCADORES  
PORTAOCULARES

Discos de vidrio de 100-150 y 200 mm - Metalizado de espejos planos con instrucciones para construir su propio telescopio