

# OBSERVACIÓN PLANETARIA

## SATÉLITES DE JÚPITER (II)

Por Angel Ferrer.  
Coordinador Sección Planetaria.

**Y** a comentamos en la primera parte las características de cada satélite, sus órbitas y resonancias. Ahora comentaremos las relaciones con Júpiter y entre ellos.

Las relaciones con su planeta son los fenómenos clásicos :son ocultados por él o por su sombra o bien transitan por delante de su superficie. Otras veces el tránsito es de su sombra.

Entre ellos se producen fenómenos muy interesante. Son los fenómenos mutuos. Los propios satélites se eclipsan o occultan entre ellos. Esto sucede solamente cada 6 años. Estos fenómenos mutuos puede aportar una precisión muy grande en el cálculo de sus órbitas. Son asequibles con telescopios relativamente pequeños. El problema estaba en determinar cuando se produce el acontecimiento. La complejidad del calculo es enorme y hasta la utilización de ordenadores las predicciones eran muy escasas.

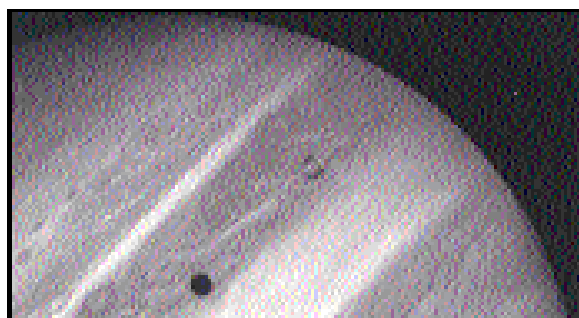
Por último comentaremos los satélites menores de planeta. En total suman 12. 4 mas internos y 8 mas externos que los satélites galileanos. Los mas externos suponemos que no son mas que asteroides atrapados por el inmenso campo gravitatorio de Júpiter.

(Fig-1)

### Fenómenos clásicos.

#### \*Tránsitos de los satélites:

Se produce cuando un satélite pasa por delante de Júpiter. En las efemérides se suele indicar el momento de Ingreso y el momento del Egreso (cuando sale). La duración es variable para cada satélite. Io realiza el tránsito en unas 2h. solamente. Europa en 3, Ganimedes le cuesta más, unas 3,5 horas. Y



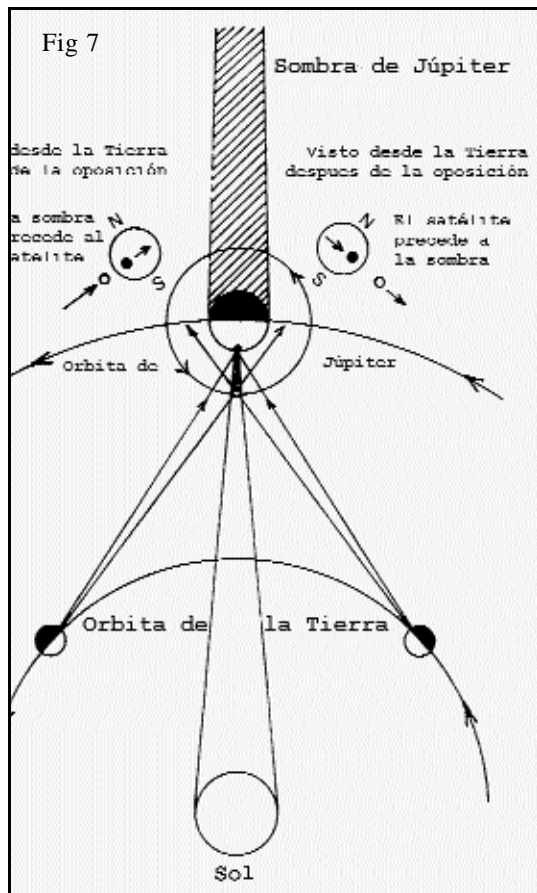
Calisto necesita casi 5 horas. Los últimos, al estar mas alejados, no siempre hacen el tránsito en la zona ecuatorial y de ahí que puede durar menos. Aproximadamente durante 2,5 años de cada 6, Calisto no tiene tránsitos, pasa por el norte o por el Sur del planeta. Ya hemos comenta-

do como se ven cada satélite según si pasa bandas o zonas. Cuando los satélites van a comenzar el tránsito se suelen apreciar muy bien pues coinciden con el fino limbo oscuro de Júpiter.

Una vez progresa el tránsito parece como si desaparecieran por arte de magia. Se confunden con la superficie del planeta y en muchos casos es difícil identificarlos. Cuando finaliza el tránsito se vuelven a ver. Los tránsitos tienen escasa utilidad científica. Es muy difícil determinar con precisión cuando empiezan y cuando terminan. El error es muy grande en comparación con otros fenómenos.

\* Tránsito de la sombra.

El satélite proyecta su sombra sobre la superficie de Júpiter. Cuando están en estricta oposición, es decir cuando están alineados la Tierra, el Sol y Júpiter, la sombra del satélite también está en línea y la ocultará el mismo. No se verá desde la Tierra. Cuando mas alejado estemos de la oposición, mas distancia existirá entre la proyección de la sombra sobre la superficie de Júpiter y el propio satélite. Cuando mas exterior sea el satélite mas distancia habrá. A su vez el tránsito de la sombra puede preceder al satélite o al revés. Esta en función de si la observación se realiza antes de la oposición o pasada esta. En el siguiente esquema se ve muy bien. ( si salen bien las fotocopias). Esta sacado del libro "The Planet Observer's Handbook" de Fred W. Price. Antes de la oposición, la sombra precede al satélite y se aprecia antes que el tránsito del mismo. Después de la oposición sucede al contrario. La sombra se suele ver muy bien como un pequeño disco negro moviéndose en el transcurso de pocas horas. (Fig- 7)



Se producen cuando los satélites atraviesan el cono de sombra del planeta. Son muy espectaculares. Con cualquier telescopio se pueden ver. Estamos contemplando un satélite, cuando en pocos minutos desaparece de nuestros ojos, a veces bastante separado de Júpiter. Ya hemos comentado la importancia que tuvo para la navegación y la determinación de la longitud geográfica. Los satélites no son puntuales y tardan un tiempo en entrar en el cono de sombra. Lo tarda aproximadamente 3 minutos y medio mientras que

Calisto necesita 10 minutos. En el mismo esquema comentado antes se puede apreciar donde se sitúa la sombra y como se producirán los eclipses. En muchos casos tanto el cono de sombra como el planeta se solapan y el satélite pasa de ser eclipsado a ser ocultado. En otros casos, sobre todo para III y IV el cono de sombra está separado de Júpiter y podemos ver como entra en el cono de sombra y luego sale del mismo. En muchos casos va precedido o le sigue una ocultación. La duración del los eclipses es variable, pero

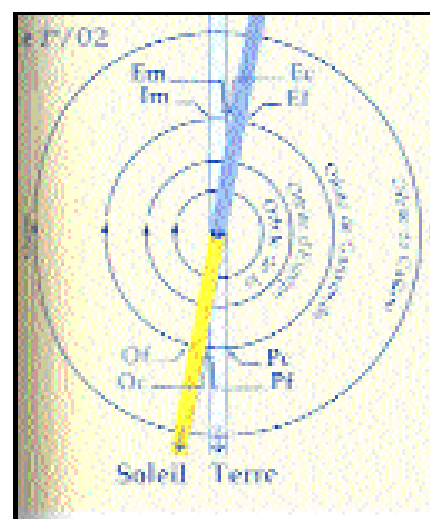


FIG. 8

- Eclipses:

está comprendido entre 3 y 5 horas. Io y Europa tienen muchos eclipses mientras que Calisto muchas veces se escapa por lo comentado anteriormente. Cuando acaba de atravesar todo el cono de sombra reaparece progresivamente. Este último satélite puede tener también eclipses parciales y su luminosidad disminuye menos que en un eclipse total.

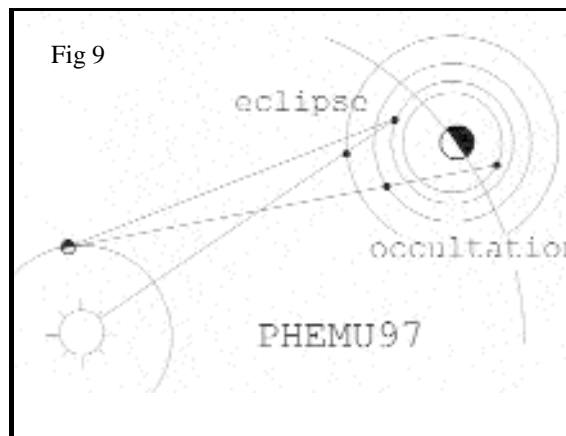
En los eclipses se dan por tanto dos fenómenos observables: las desapariciones y las reparaciones. En las efemérides suministradas por muchas revistas, el tiempo que ponen es a mitad de la desaparición o reaparición. (tiempo medio del eclipse). Si queréis ampliar el tema en la revista Aster nº 126 de 1996, David Fernández y José Gómez publicaron un artículo muy bueno sobre los eclipses de los satélites de Júpiter. Se pueden hacer medidas muy precisas de estos fenómenos y compararlas con las efemérides. No nos olvidemos que cada segundo de error en el tiempo de las efemérides significa que Io, por ejemplo, está 17 km. de donde debería estar.

#### - Ocultaciones.

Se producen cuando el satélite pasa por detrás de Júpiter. La ocultación tampoco es instantánea debido al diámetro de los satélites. Es difícil de determinar con gran exactitud y aporta poca información útil debido a los errores de medición. En muchos casos se combinan las ocultaciones con los eclipses. Primero se produce una ocultación del satélite y no se vuelve a ver hasta que reaparece del cono de sombra. Otras veces sucede al revés, desaparece eclipsado y no lo volvemos a ver hasta que acaba la ocultación. En el siguiente esquema se ve claramente lo comentado. (Fig-8)

En muchas revistas nos ofrecen un esquema con una especie de espiral con las trayectorias de los cuatro satélites a lo largo del tiempo. No son muy precisas. La línea oscura central es Júpiter y a la misma escala están las trayectorias de los satélites. Es fácil saber a cuántos diámetros del planeta se sitúan. También suelen darnos un listado completo de los distintos eventos de los satélites.

Os pongo las efemérides de los fenómenos



mutuos de los 15 primeros días de Octubre. Esta sacado del programa Guide. Es fácil de interpretar. Los tiempos están en Tiempo universal y es evidente que hay que seleccionar los que se producen por la noche, cuando esta visible

Júpiter y a unas horas de la noche oportunas. Con lo cual nos quedamos con muchos menos. (Text01)

También existen muchos programas que calculan las distintas posiciones y eventos de los distintos satélites como el programa "JupSat" o la danza de los Planetas. Personalmente me gusta mucho el programa Guide. Se ven perfectamente los distintos satélites y planetas con imágenes simuladas, el comienzo de la sombra sobre el planeta, los eclipses, ... maravilloso. Nos podemos trasladar a cualquier planeta o satélite y desde allí ver lo que sucede. Y encima sin nubes y con el aumento que queramos. Vale la pena adquirirlo. A título de curiosidad podemos ir a la Luna y ver el tránsito de su sombra por la superficie terrestre, como sucede el 11 de agosto de este año. Visto desde la Tierra es un eclipse Total.

#### **Fenómenos Mutuos.**

Se producen independientemente de Júpiter. Pueden ser ocultaciones o eclipses entre ellos. Las ocultaciones se producen cuando están alineados dos satélites con respecto a la Tierra y los eclipses cuando se alinean con respecto al Sol.

No suceden todos los años sino cada 6 años, cuando el plano de los satélites coincide con el de la Tierra como vemos en el siguiente esquema. Durante aproximadamente 1 año se van produciendo eclipses, ocultaciones entre los distintos satélites.

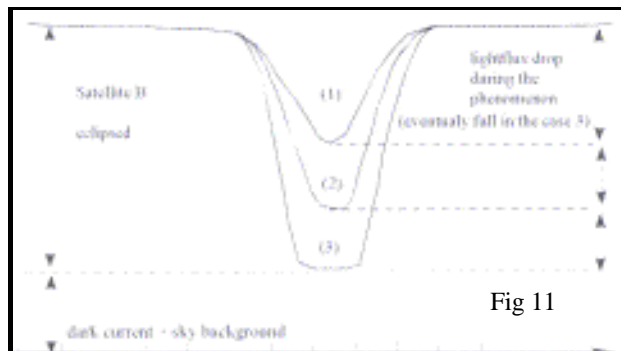


Fig 11

La campaña de 1985-86 fue mucho mas favorable a pesar de encontrarse con una declinación negativa y por tanto muy bajo. Aun así se realizaron 160 curvas de luz, cubriendo 70 fenómenos

mutuos. (Fig-9)

La campaña de 1991 era menos favorable pero Júpiter estaba bastante alto y se pudieron recoger 371 curvas de luz, cubriendo 111 eventos desde 56 localizaciones.

Los fenómenos mutuos han sucedido en 1990-91, 97-98 y los próximos serán en los años 2002-03 y 2009-10. Se repiten cada 6 años. Como la órbita de Júpiter es de 12 años, unas veces la declinación es negativa y el siguiente periodo es positiva. El periodo de 97-98 se produjo con una declinación de  $-18$  a  $-4$  y la siguiente del 2002 estará de  $+23$  a  $+18$ , es decir una condiciones buenas para el hemisferio Norte.

La primera campaña de fenómenos mutuos que se observó fue la de 1973-74. Anteriormente hay observaciones mas bien esporádicas. Se debe a la gran dificultad en predecir con exactitud estos fenómenos. Hasta la aparición de los ordenadores era tarea casi imposible. En esta campaña se realizaron unas 100 observaciones.

La siguiente campaña de 1979 fue muy poco favorable. Coincidió con la conjunción con el Sol y solo se pudieron realizar unas 20 curvas de luz.

De la última campaña de 1997 fueron bastantes más los fenómenos registrados. Hay un registro completo en la página del Instituto de mecánica celeste francés: observador, fenómeno, duración, etc.

Os cuento un poco la historia de las distintas campañas, para apreciar las pocas observaciones realizadas. Son unos fenómenos bastantes raros. Fácilmente visibles y observables. La búsqueda de asteroides y supernovas están copadas por telescopios grandes, con CCD inmensas y automatizados. Registran casi todo el cielo en pocas noches. Los aficionados no podemos competir con ellos pero con los fenómenos mutuos todavía podemos decir algo.

Antes de una ocultación (mutua) (Fig-11) se puede observar una aproximación de los dos satélites implicados. A partir de un instante, en función del poder de resolución del telescopio que empleemos, los dos satélites se confunden en un solo disco, cuya luminosidad va decreciendo rápidamente,

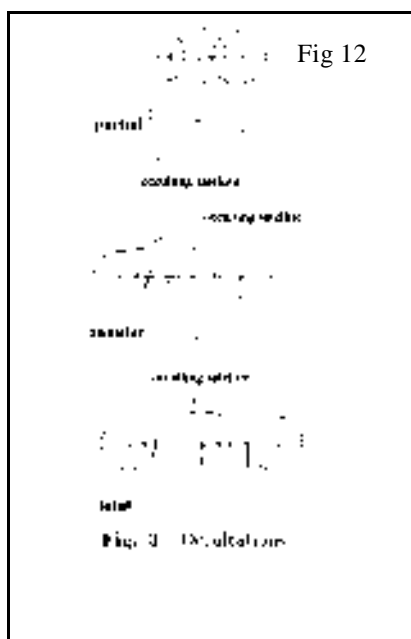


Fig. 12. Ocultación

pasando por un mínimo y volviendo al valor inicial. Posteriormente los satélites van separándose de nuevo. En las siguiente gráficas vemos varias curvas de luz de distintas ocultaciones. (Fig-12)

Durante un eclipse mutuo, el satélite eclipsado está solo. Su luminosidad va disminuyendo conforme se introduce en el cono de sombra del otros satélite implicado hasta llegar a un mínimo de luz y posteriormente va incrementando su luminosidad hasta normalizarse la situación. (Fig-10)

La duración de esta variación de luminosidad puede durar entre unos pocos minutos y 1 hora (en raras ocasiones un poco más). La variación luminosa no es constante, en general es mas vistoso un eclipse que una ocultación. Las ocultaciones y los eclipses tienen las mismas peculiaridades que los eclipses de nuestra luna. Pueden ser totales, parciales y anulares. La gran diferencia es que estamos hablando de discos de satélites de poco mas de 1" por lo que no podemos apreciarlo visualmente. Lo podemos determinar por la curva de luz. Cuando comienza la ocultación o el eclipse parcial, empieza a menguar hasta un máximo y luego se recupera. Si son totales o anulares el mínimo adquiere una forma de meseta en la curva de luz. Se ve mejor en la siguiente gráfica.

No todos los fenómenos mutuos los podemos observar. Los hay que la disminución de la luz o lo que es lo mismo son tan parciales que son casi imposibles de apreciar. Cuanta más variación de luz mas fáciles son de observar. En otros casos el fenómeno sucede de día en nuestra posición geográfica o bien esta muy bajo y lo más típico es que este nublado. Por ello conviene tener la tabla

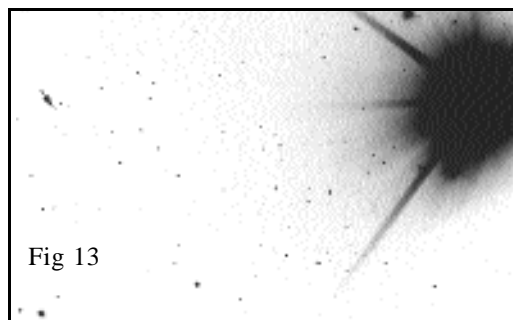
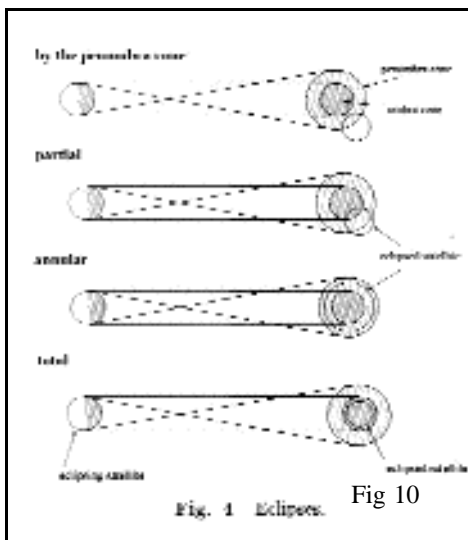
completa y escoger bien los mejores eventos. En las revistas de astronomía suelen dar los fenómenos mutuos con suficiente antelación. Si queréis ampliar la información con todas las observaciones y resultados, así como notas técnicas de la observación de los fenómenos mutuos tanto visual, como con CCD o vídeo los tenéis en la pagina web del Instituto de mecánica celeste - Bureau des longitudes- francés: .

La variación de fenómenos mutuos que se pueden observar a veces es muy numerosa y en poco tiempo. Os propongo 2 ejemplos:

— Día 6-6-1997. Ganimedes oculta parcialmente a Europa a las 2 h 16m. A las 4h 48m oculta parcialmente a Calisto y a las 6 h 22m produce una ocultación total de Io. Pocas veces en astronomía se ven tantas cosas en tan poco tiempo..

— Día 3-9-1997 a las 12h 53m Io oculta a Ganimedes y dos horas mas tarde, a las 15 h 16m lo eclipsa.

Si tenéis el programa Guide, vale la pena reproducirlos en la pantalla del ordenador. Es IMPRESIONANTE. Lo podéis ver desde la Tierra pero



también trasladaron "informáticamente" a Io. El eclipse empieza a las 14 h 46 minutos y acaba a las 15h. Si lo vemos desde el Sol se ve lógicamente como una ocultación que empieza a las 15h

24 minutos y acaba a las 15h 44'. ¿ sabéis a que se debe la diferencia horaria?

### Satélites menores.

La verdad es que visualmente es todo un reto poder detectar alguno. ( Fig. 13). El único que dicen que es asequible es Himalia. No he encontrado ningún programa de ordenador, excepto la danza de los planetas que determine sus posiciones y lo hace con escasa precisión. Se distinguen 2 grupos: los internos y los externos. Los internos tienen una órbita mas próxima a Júpiter que Io. Se denominan: Metis,Adrastea, Amaltea y Thebe. Amaltea fue descubierta por Barnard en 1892, con una magnitud de 14 pero tiene una órbita con un radio la mitad que Io, por lo que queda oculta por el intenso brillo de Júpiter. Los otros tres fueron descubiertos por el Voyager en 1979. Ni intentar verlos.

Los 8 satélites externos presentan dos grupos bien definidos. Los 4 mas internos se llaman Leda (Kowal 1974), Himalia (Perrine 1904), Lysithea (Nicholson 1938) y Elara ( Perrine 1905). Himalia es el mas brillante con magnitud próxima a 15, Leda 20.2, Lisythea 18.4 y Elara 16.8. Tienen órbitas muy lejanas con una duración entre 238 y 259 días, situándose a 11 millones de Km. Presentan una inclinación de 27-29 °.

Los cuatro satélites mas externos se llaman: Ananke (Nicholson 1951) Carme (Nicholson 1938), Pasiphae (Melotte 1908) y Sinope (Nicholson 1914). Los cuatro tienen órbitas retrogradas, inclinadas 42-27°, mas excéntricas que los cuatro Galileanos y situadas a 21-23 millones de kilómetros, con periodos orbitales entre 631 y 758 días. Curiosamente los cuatro retrógrados externos acaban en “e” mientras con los cuatro anteriores acaban en “a”.

Todos estos satélites tienen diámetros inferiores

a 40 km., excepto Himalia que se le atribuyen 85. Dada las características orbitales tan parecidas en estos dos grupos de 4 satélites se les atribuye un origen común: un único asteroide atrapado que sufrió una violenta colisión. También podría ser que por las resonancias orbitales no pudieran situarse en otras órbitas.

Están tan alejadas que pueden situarse a casi 2 grados de Júpiter. Determinar su posición es muy difícil. Están en el límite de la influencia del planeta y son modificadas por el Sol y Saturno. No conozco ningún programa que de con precisión las efemérides. El único que lo refleja es la danza de los planetas. Si queréis saberlas con exactitud la mejor forma es ir a la pagina web de . Es una pagina interactiva en la que podemos preguntar las efemérides de cualquier satélite natural del sistema solar. La nomenclatura empleada es “J” y un numero que es correlativo al año del descubrimiento. No están los 4 satélites internos a los Galileanos. Las efemérides las expresa bien en grados y decimales o bien en grados, minutos y segundos. También nos indica la posición de Júpiter y la separación con el planeta. Podemos pedir varias coordenadas para varios intervalos de tiempo. Imprescindible si queremos buscar uno de los satélites lejanos.

Para concluir os propongo un pequeño ejercicio mental. Nos trasladamos a Júpiter. La noche dura unas 4 horas y media. Podemos encontrarnos con varias lunas de un diámetro aparente como la nuestra, con la diferencia que reflejan hasta un 60 % la luz del Sol. Claro, que ahí el Sol es mucho menos brillante. La diversión de ver eclipses, ocultaciones, fenómenos mutuos, esta asegurada. Las superficies de los distintos satélites también tienen mucha mas variedad y dinamismo que nuestra pobre y muerta Selene. Pero ¿cada cuanto tiempo habrá alguna noche sin lunas para ver el cielo profundo y contemplar las estrellas? Y esas pocas horas ¿habrá nubes? o ¿estarán despejadas?.