

BUSQUEMOS DEIMOS CON CCD

Francisco A. Violat Bordonau

Asociación de Variabilistas de España
Asesores Astronómicos Cacereños

Víctor Violat Martín
Asesores Astronómicos Cacereños

fviolat@yahoo.es

El planeta Marte se encuentra en la oposición el día 28 de agosto, pero 24 horas antes estará a una distancia muy corta de la Tierra (sólo 0,3727 U.A.) al situarse muy cerca de su perihelio orbital. Por esto cualquier trabajo serio, destinado a capturar su lunita Deimos, ha de efectuarse durante la actual oposición.

Alrededor del planeta Marte giran dos diminutas lunitas llamadas **I Fobos** y **II Deimos** en órbitas ecuatoriales muy ceñidas: por ello no es nada fácil buscarlas y observarlas, incluso con telescopios profesionales. Descubiertas en la favorable oposición de 1877 por el astrónomo norteamericano Asaph Hall, gracias al gran refractor de 660 mm que empleó (Observatorio Naval de Estados Unidos), incluso en los mejores instrumentos profesionales no son más que dos "estrellitas" de 11^a magnitud el primero y 12^a magnitud el segundo, cuyas órbitas cumplen a 9.378 y 23.459 km del centro planetario en **0,31891** y **1,262441 días** (7h 39m y 30h 17m respectivamente). Son dos astros verdaderamente singulares en todos los aspectos: en brillo (muy bajo), color (gris muy oscuro), forma (triaxiales, con aspecto *de patata*) y órbitas casi circulares ceñidas sobre el ecuador marciano.

Lamentablemente la casualidad nos lo ha puesto muy difícil: Fobos, el más brillante, al ser interno está ofuscado siempre por el resplandor residual en sus máximas elongaciones mientras que Deimos, algo más lejano de la luz, es más débil (1,08 magnitudes ó 2,7039 veces menos brillante) que Fobos; dicho de otro modo: lo que ganamos alejándonos angularmente del disco planetario lo perdemos por su menor resplandor. Fobos puede elongarse del planeta de 35" en las oposiciones perihélicas a 19" en las afélicas, mientras que Deimos se llega a separar 87" en el primer caso y 48" en el segundo: esto quiere decir que el deslumbramiento originado por el cercano y resplandeciente planeta (de 12 a 14 magnitudes más brillante) será tal que siempre permanecerán ofuscadas para los pequeños instrumentos.

¿Cuál es la abertura necesaria para avistar visualmente Deimos, la más externa y fácil?: cualquiera a partir de los 350-400 mm; a inicios del siglo pasado José Comas Solá comunicó haber visto Deimos con el refractor del Observatorio Fabra (Barcelona), cuya abertura es de 380 mm:

1



Imagen obtenida por Josep María Bosch con un reflector de 300 mm de abertura, la noche del 3-IV-1997.

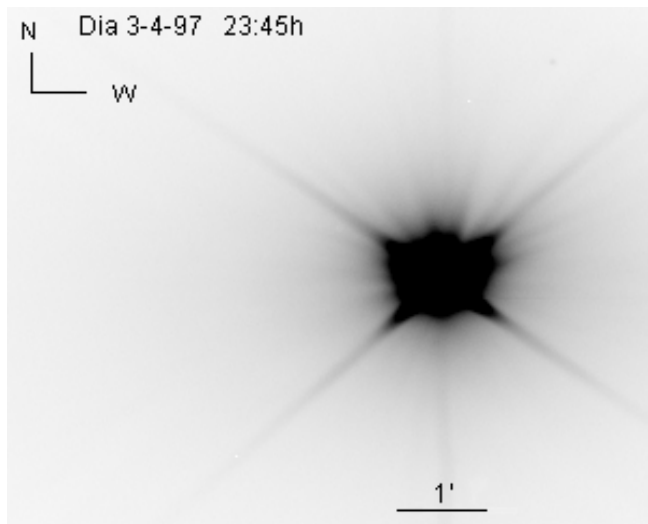
el truco era buscarlo en las máximas elongaciones dejando el disco planetario fuera de campo, centrándose en la zona en la cual debía encontrarse. Por su parte distintos miembros de la "Asociación Astronómica Británica" informaron de su éxito con un modesto 300 mm de diámetro, mientras que en el mundo profesional ha sido estudiado rutinariamente con el astrógrafo de 9 pulgadas desde Pulkovo y de 8 pulgadas desde Kiev: esto indica que instrumentos de 200-300 mm de diámetro permiten su avistamiento y estudio.

En la poco favorable oposición de 1997, con el planeta a nada menos que 0,6593914 U.A. de la Tierra en su mejor momento (21 de marzo) el autor organizó, por medio del eficiente *correo electrónico*, a un pequeño grupo de astrónomos españoles con la esperanzada intención de capturarle; pese a que trabajamos con instrumentos de hasta 300 mm de abertura y buenas cámaras digitales no conseguimos resultados favorables, **convincientes** y seguros (Violat, 1999).

Trabajando con telescopios de 200-300 mm de abertura con CCD **no hemos** conseguido localizar Deimos con total seguridad hasta ahora, aunque lo hemos intentado en las oposiciones ocurridas entre 1993 y 2001 (Violat, 2001a), por desgracia poco favorables. Nuestra técnica es sencilla: buscamos la zona próxima a Marte y conectamos el motor de seguimiento; insertamos en la rueda de filtros el de color rojo intenso y cambiamos el ocular por el cabezal de la CCD, apuntando acto seguido a cualquier estrella medianamente brillante de la zona para enfocar el sistema óptico: para ello usamos la *máscara de Hartmann** que, al tomar imágenes en rápida cadencia, nos ofrece dos estrellas tanto más próximas cuando más enfocado está el sistema óptico; moviendo el enfoque poco a poco éstas se aproximan hasta que al final se funden en una: ya tenemos enfocado el telescopio y podemos quitar la máscara...

Una vez enfocada la CCD orientamos el campo aparente guiándonos de los trazos estelares: con el motor parado las estrellas han de dejar "rastros" perfectamente paralelos a los ojos, en el

* Una cartulina negra que cubre el objetivo del telescopio, con dos pequeñas perforaciones circulares de 20-30 mm en puntos opuestos, muy cerca del borde.



sentido este-oeste, para lo cual habremos de girar levemente la CCD hasta lograrlo; a continuación buscamos el planeta Marte, se centra en el campo de la CCD y parando o acelerando levemente el motor de seguimiento dejamos que el disco derive quedando fuera del campo del chip. En ese momento tenemos en el monitor la zona en la cual Deimos debe encontrarse: oriental u occidental, según sea la elongación. Integraciones de algunos segundos (dependiendo de la focal del sistema óptico) nos deben permitir capturar astros de la 12-13^a magnitud: al procesar las tomas debemos apreciar, sobre el fondo iluminado por la luz difusa, estrellitas de ese brillo; una de ellas debería ser Deimos. ¡La técnica no parece muy difícil!

Sin embargo aunque la teoría es muy sencilla la práctica no lo es tanto, ya que de la distancia r Marte-Sol depende el brillo propio del satélite y de la distancia Δ Marte-Tierra (véase al respecto Violat, Regalado y Ayala, 2000) la separación aparente de la lunita en su máxima elongación: de este modo Deimos será más difícil de encontrar (por brillar bastante poco y estar muy pegado al planeta) en las oposiciones afélicas y bastante más fácil en las perihélicas, al tener un brillo algo más elevado y alejarse angularmente poco más.

Nosotros (Violat y Martín, 1995) comenzamos empleando un catadióptrico de 203 mm de diámetro y 2-4 metros de focal en las campañas de 1993 y 1995 (con una SBIG modelo ST-4 y filtro rojo intenso) y, aunque no tuvimos ninguna posibilidad de éxito, iniciamos esta experiencia inventando técnicas y métodos cuando no encontrábamos nada en los libros consultados. La del año 1997 no fue afélica, pero presentó al planeta a una gran distancia de la Tierra por lo que el brillo propio de ambos satélites fue bastante reducido: así mientras que Fobos presentó en su mejor momento una magnitud 11,92^a Deimos, más externo (llegó a encontrarse a 49" del centro del planeta), apenas rozó la 13^a magnitud. Los esfuerzos instrumentales fueron vanos: la CCD se mostró insuficiente en la tarea ya que con sus 256 niveles de gris se saturaba demasiado pronto y no ofrecía un claro

contraste entre el fondo celeste y las estrellas de la zona; jamás logramos identificar junto al planeta más que astros de 12-12,5^a magnitud, lejos de la magnitud que podía esperarse para Deimos. Tampoco pudimos apresarla con seguridad (Violat, 1999) en la presentación de 1999 -12,4^a magnitud a 56"-, aunque la mayor cercanía a la Tierra y el empleo de mejores cámaras (en este caso una Starlight MX5 de 12 bits) permitieron apreciar en las tomas *presuntas candidatas* estelares de la 12,5^a magnitud que pudieran corresponder a la lunita Deimos, a la vez que mejoraron nuestra experiencia instrumental en este tipo de trabajos.

Pero, ¿realmente podríamos capturar Deimos empleando una CCD y un reflector de 200-300 mm de abertura?: vamos a verlo con números en la mano. El brillo de ambas lunas, como el de cualquier cuerpo no emisor de luz, depende de la distancia r Marte-Sol (el radio vector) y la distancia Δ Marte-Tierra: así cuando el planeta esté en su afelio orbital la luz que reciben del Sol es menor, de modo que el brillo será reducido, por el contrario cuando Marte pasa por el perihelio recibe una cantidad máxima de luz y aumenta su brillo. Para las cuatro últimas oposiciones estos son los valores de sus magnitudes aparentes y máximas elongaciones, así como el diámetro aparente de Marte como referencia:

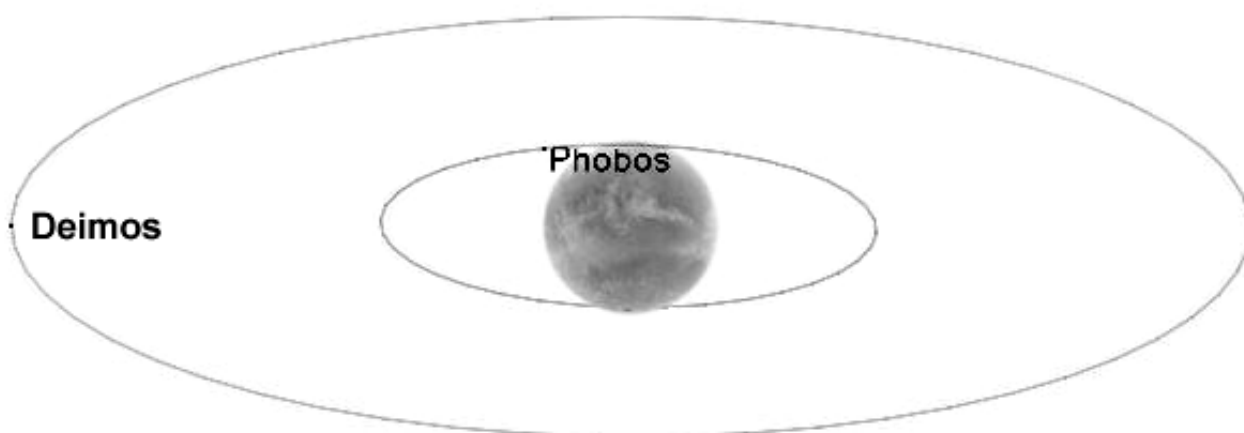
Fecha	Fobos	λ	Deimos	λ	Marte
20-03-1997	11,9 ^a	19,6"	13,0 ^a	49,0"	14,2"
01-05-1999	11,4 ^a	22,3"	12,4 ^a	55,9"	16,2"
21-06-2001	10,8 ^a	28,7"	11,9 ^a	71,8"	20,8"
27-08-2003	10,4 ^a	34,7"	11,5 ^a	86,8"	25,1"

La búsqueda de ambos satélites (sobre todo el más exterior) puede iniciarse si se cuenta con cámaras CCD de buena calidad (nuestros experimentos indican que al menos se ha de tener una electrónica de 12 bits: 4.096 niveles de gris) acopladas a instrumentos de 200 mm de abertura como mínimo (son preferibles los de 250-400 mm de abertura); es un requisito imprescindible tener una focal mínima de 2 metros (dado que necesitamos representar en el monitor la lunita lo más lejana posible del resplandor residual del planeta) recomendando especialmente 3-4 metros para trabajar con una total comodidad: llegado el caso podemos utilizar un duplicador de focal de buena calidad, siempre que se cuente con un buen seguimiento automatizado.

La técnica a emplear es sencilla: en los instantes en los cuales el satélite está en su máxima separación aparente del planeta (elongación oriental u occidental) apuntamos a Marte, nos aseguramos de tener el sistema telescopio-CCD nítidamente enfocado (efectuando para ello pruebas sobre alguna estrella cercana) y dejamos el planeta fuera del campo visual de la CCD: esto se consigue haciendo *microparos* en el motor de seguimiento,

Norte
Este ┌

27 Ago 2003
01h 50m GMT



obteniendo tomas para comprobar la posición del planeta sobre el monitor del ordenador; en unos pocos tanteos el planeta habrá quedado fuera del campo aparente del chip y podemos dedicarnos a su lunita. Efectuamos ahora una corta toma para comprobar que, en efecto, el planeta no aparece: incluso así lo más probable es que la luz residual difundida por el astro nos origine una zona más clara en un lado del campo aparente; es algo inevitable que puede paliarse trabajando con un filtro rojo colocado delante del cabezal de la cámara, ya que de este modo podemos evitar también el cromatismo residual del telescopio a la vez que incrementamos el contraste de la lunita. Una buena idea es situar delante del objetivo del telescopio un diafragma de cartón negro **de forma hexagonal**: de este modo la luz del planeta se concentra especialmente en seis puntas brillantes entre las cuales será más fácil encontrar su satélite.

Una vez comprobado que el planeta está fuera del campo visual realizamos una toma que nos permita la captura de astros de magnitud 12^a al menos (Deimos brilla en esta oposición con magnitud 11,45^a): el tiempo de integración ideal depende del tipo de cámara, la focal final empleada, el uso de algún filtro de color, el diafragma hexagonal y la abertura del instrumento. La focal ideal podría ser aquella que nos represente en el monitor una escala cercana a 1"/píxel, de tal modo que la turbulencia local (2-3" como poco) no afecte demasiado a las imágenes; escalas todavía mayores (p. ej. 0,5" por píxel) pueden ser buenas para ofrecernos sobre el monitor la lunita más alejada del planeta, aunque ya notaríamos los efectos de la turbulencia (bastante alta este año al aparecer Marte a poca altura sobre el horizonte). Esta puede ser una buena escala para intentar la búsqueda de Fobos (magnitud 10,4^a) en instrumentos de 30-40 cm, aunque no es fácil debido a la mo-

lesta luz difundida por el planeta y a su reducida distancia desde su disco (34,7").

¿Cuál es la mejor época para intentar buscar Deimos?: del 20 de agosto al 5 de septiembre, con el planeta en su mínima distancia y la lunita en su mayor separación angular con máximo brillo; desgraciadamente en esta oposición la altura aparente del planeta sobre el horizonte local del observador español es escasa (los mejores lugares están, sin duda alguna, en las Islas Canarias), de manera que el único momento favorable es cuando Marte está en tránsito por el meridiano. Las fechas y horas aproximadas de las máximas elongaciones orientales para las fechas próximas a la oposición, tomadas del "Anuario" de San Fernando, son las siguientes:

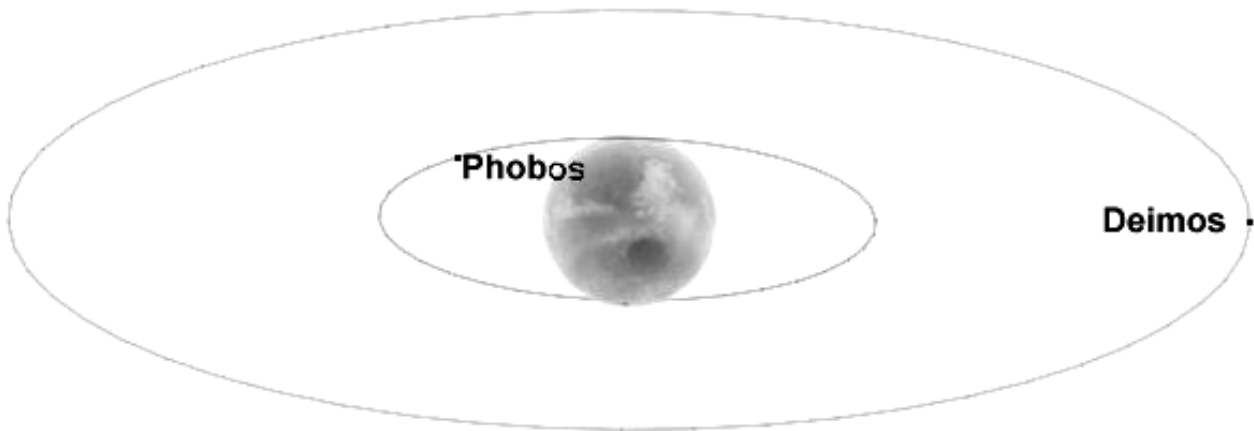
25-08	19.5h
27-08	01.8h
28-08	08.0h
29-08	14.3h
30-08	20.6h

Sabiendo que su período orbital es de 30h 17m 54,9s (30,298575 h) podemos calcular cuánto tiempo emplea en pasar de la elongación oriental a la occidental: justo la mitad de este período (15h 8m 57,45s o bien 15,149291 horas, que podemos redondear a 15,15); si necesitamos calcular alguna elongación no tabulada en el anuario (sólo ofrece las orientales pero no las occidentales) no tenemos más que sumar el período recién hallado a la hora tabulada para saber cuándo ocurre la siguiente. Así tras la elongación oriental del 28 de agosto a las 8.0h se encontrará en la elongación occidental a las:

$$8.0h + 15,15h = \mathbf{23,2h}$$

28 Ago 2003
23h 15m GMT

Norte
└ Oeste



valor no reflejado directamente en el "Anuario" pero muy favorable dada la hora. Por este sencillo procedimiento, sumando o restando 15,15 horas al valor tabulado, podemos elaborar nuestra propia tabla de elongaciones (en negrilla los valores del "Anuario"), siendo E la oriental y W la occidental:

24-08	13.2h E	28.3h W (4.3 día siguiente)
25-08	04.3h W	19.5h E
26-08	10.6h W	25.8h E (1.8h día siguiente)
27-08	01.8h E	16.9h W
28-08	08.0h E	23.2h W
29-08	14.3h E	29.4h W (5.4h día siguiente)
30-08	05.4h W	20.6h E

Podemos notar que el cálculo realizado para la segunda elongación del día 24 nos proporciona el instante de la primera elongación (occidental) del día 25, y el cálculo de la segunda elongación de este día (oriental) coincide con el dato que ofrece el "Anuario"; lo mismo ocurre el día 26 y 29: el procedimiento empleado es perfectamente válido.

La captura de Fobos, más interno aunque más brillante (10,4^a magnitud), exige el empleo de focales superiores a 3-4 metros para poder centrarnos en un campo más próximo al resplandor del planeta y su molesta luz difusa (no olvidemos que necesitamos representar en el monitor una corta distancia angular con una amplia escala); ahora sí es recomendable el empleo de filtros de color.

Si hacemos un estudio colorimétrico de ambas lunetas veremos que sus índices de color **B-V** (el brillo tomado con filtro azul y verde) es 0.6 para Fobos y 0,65 para Deimos, mientras que el índice de color U-B de Deimos (brillo tomado con filtros ultravioleta y azul) es 0,18: esto quiere decirnos que brillan más a longitudes de onda más largas;

en su estudio espectroscópico realizado en la oposición de 1988 Grundy y Fink (1992) comprobaron que el albedo geométrico de la luneta Deimos aumentaba linealmente entre los 500 y 1000 nm, alcanzando su máximo en la zona infrarroja: un resultado plenamente consistente con una composición superficial similar a la de los asteroides más oscuros y rojizos de tipo D, como 773 *Irmintraud* o 368 *Haidea*. Esto nos sugiere una idea: aprovechar la respuesta espectral de los chips más sensibles al rojo (como los de la casa SBIG, modelos ST-4 y similares) para oscurecer el fondo del cielo y centrarnos especialmente (por medio de un filtro rojo intenso) en la emisión roja e infrarroja de la luneta: quizá este sea un buen modo de lograrlo.

BIBLIOGRAFÍA

- Hall, A. Discovery of satellites of Mars (1878), MNRAS **38**, 205.
- Hall, A. Observations of the Satellites of Mars (1878), AN **91**, 11.
- Hall, A. Names of the Satellites of Mars (1878), AN **92**, 47.
- Hall, A. Observations and orbits of the satellites of Mars (1878), QB **403**, H17.
- Hall, A. Observations of the satellites of Mars (1880), MNRAS **40**, 272.
- Hussey, William J. Observations of the satellites of Mars (1898), AJ **18**, 22.
- Brown, Stimson J. Orbits of the satellites of Mars from observations made at the U. S. Naval Observatory and the Lick Observatory 1894-6 (1899), AJ **20**, 81.
- Barnard, E. E. Observations of the satellites of Mars (1910), AJ **26**, 69.
- Hall, Asaph, Jr. Observations of the satellites of Mars (1913), AJ **27**, 163.

Burton, H. E.; Hall, A., Jr. Observations of the satellites of Mars, 1911-22 (1923), *AJ* **35**, 113.

Burton, H. E. Elements of the orbits of the satellites of Mars (1929), *AJ* **39**, 155.

Wilkins, G. A. A new determination of the elements of the orbits of the satellites of Mars (1966), *IAUS* **25**, 271.

Pascu, D. An analysis of Martian satellite photographic observations of 1967 (1975), *Icarus* **25**, 479.

Shor, V. A. Motion of the Martian satellites from 1877 to 1973 and new systems of their orbital parameters (1976), *TrITA* **15**, 91.

Sinclair, A. T. The orbits of the satellites of Mars (1978), *VA* **22**, 13.

Pascu, D. A. History of the Discovery and Positional Observation of the Martian Satellites 1877-1977 (1978), *VA* **22**, 141.

Morley, T. A. A catalogue of ground-based astrometric observations of the Martian satellites, 1877-1982 (1989), *A&AS* **77**, 209.

Bugaenko, O. I. et al. Results of positional observations of Martian satellites at the Mount Maidanak Observatory in 1988 (1990), *A&AS* **86**, 351.

Kalinichenko, O. A. et al. Photographic position observations at Abastumani of Mars' satellites during the Great Opposition of 1988 (1990), *AbaOB* **68**, 99.

Colas, F.; Arlot, J. E. Comparison of observations of the Martian satellites made in 1988 with ephemerides (1991), *A&A* **252**, 402.

Bobylev, V. V. et al. Positional photographic observations of the Mars satellites made at Pulkovo and Ordubad in 1988 (1991), *IzPul.* **207**, 37.

Grundy, William M.; Fink, Uwe. Deimos: A reddish, D-type asteroid spectrum (1992), *Asteroids, Comets, Meteors 1991* pag. 215-218.

Emelyanov, N. V.; Vashkovyak, S. N.; Nasonova, L. P. The dynamics of Martian satellites from observations (1993), *A&A* **267**, 634.

Violat Bordonau, F. A., Martín Mateos, E. Guía del Observador Planetario (1995), Equipo Sirius.

Violat Bordonau, F. A. *Astronomía Planetaria con CCD* (1999), Asesores Astronómicos Cacereños.

Violat Bordonau, F. A., Regalado Querol, M. y Ayala González, C. (2000), *Problemas y ejercicios de Astronomía Planetaria*. Asesores Astronómicos Cacereños.

Violat Bordonau, F. A., *Astronomía con CCD* (2001), Asesores Astronómicos Cacereños (2001).

Violat Bordonau, F. A. *Observación planetaria por aficionados* (2001). AstroRED.

Violat Bordonau, F. A. *Los Planetas* (2001). AstroRED.

En **Internet** puede encontrarse (en Español):

http://www.astrored.org/contenidos/articulo.php/francisco_violat/buscardeimos/1.html

<http://www.todocontenidos.com/ArticuloVe.php?Id=215>

<http://www.astrored.org/contenidos/articulos/telescopios/>

<http://www.canaltiempo21.com/art10.htm>

<http://www.astroava.org/body/03secc/planet/articul/01mars/01mars.html>

www.geocities.com/CapeCanaveral/Hall/6524/Activid.htm