

BÓLIDOS:

CÓMO ESTUDIARLOS Y DISTINGUIRLOS DE OTROS FENÓMENOS LUMINOSOS

JOSEP M. TRIGO RODRÍGUEZ¹, JORDI LLORCA^{2,3},
JOSÉ ÁNGEL DOCOBO⁴, SAÚL BLANCO LANZA⁵
Y ÓSCAR A. RODRÍGUEZ BAQUERO⁶

La observación de un bólido es uno de los momentos más emocionantes para cualquier aficionado a la Astronomía. Estos eventos revisten un extraordinario valor científico dado que anuncian el encuentro de la Tierra con fragmentos de asteroides y cometas de grandes dimensiones. El estudio preciso de sus trayectorias en el cielo desde varios lugares permite establecer si se producen meteoritos y delimitar su lugar de caída. La Red Española de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos está recopilando valiosa información sobre estos eventos y a disposición de la comunidad amateur para asesorar sobre estos temas. Este artículo pretende destacar el extraordinario valor de estudiar los bólidos, informar qué datos se requieren para su estudio científico y mostrar cómo distinguirlos de otros objetos que surcan los cielos.

Los autores pertenecen a las siguientes instituciones: 1. Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA, EE. UU.

2. Departament de Química Inorgànica, Universitat de Barcelona. 3. Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, Barcelona. 4. Observatorio Astronómico Ramón María Aller, Universidade Santiago de Compostela. 5. Asociación Leonesa de Astronomía. 6. Proyecto Museo Español del Espacio, Cádiz.

INTRODUCCIÓN: La importancia de la observación y registro de bólidos

La visión fugaz de un bólido durante una noche o, incluso en pleno día, es uno de los momentos más emocionantes para cualquier aficionado a la Astronomía. La serena observación del firmamento puede verse súbitamente interrumpida por la irrupción de una bola de fuego que, si somos afortunados, persiste lo suficiente como para alzar la vista y alcanzar a verla. Estos eventos inesperados delimitan el brusco encuentro de la Tierra con otros cuerpos del Sistema Solar. Por unos segundos somos partícipes de las enormes velocidades de los objetos en órbita heliocéntrica.

Conseguir información de un evento astronómico requiere unos mínimos conocimientos de cómo

registrarlo y, particularmente en este caso, conservar suficiente sangre fría para obtener estimaciones no sesgadas por nuestros propios criterios. Los observadores de meteoros experimentados son capaces de estimar los parámetros fundamentales que caracterizan estos fenómenos, tales como la trayectoria, magnitud y la velocidad angular. Sin embargo, no resulta nada fácil conseguir todo ello sin experiencia previa, ya que la aparición del bólido nos pilla desprevenidos. Lamentablemente, son muchos los casos que se pierden para siempre por un registro insuficiente, sesgado o impreciso. A veces los bólidos aparecen durante el día y los observadores del fenómeno descartan registrar datos ante la falta de referencias estelares. Este es un craso error dado que los bólidos diurnos al ser más luminosos pueden preconizar la caída de meteoritos. Para conseguir recuperarlos se

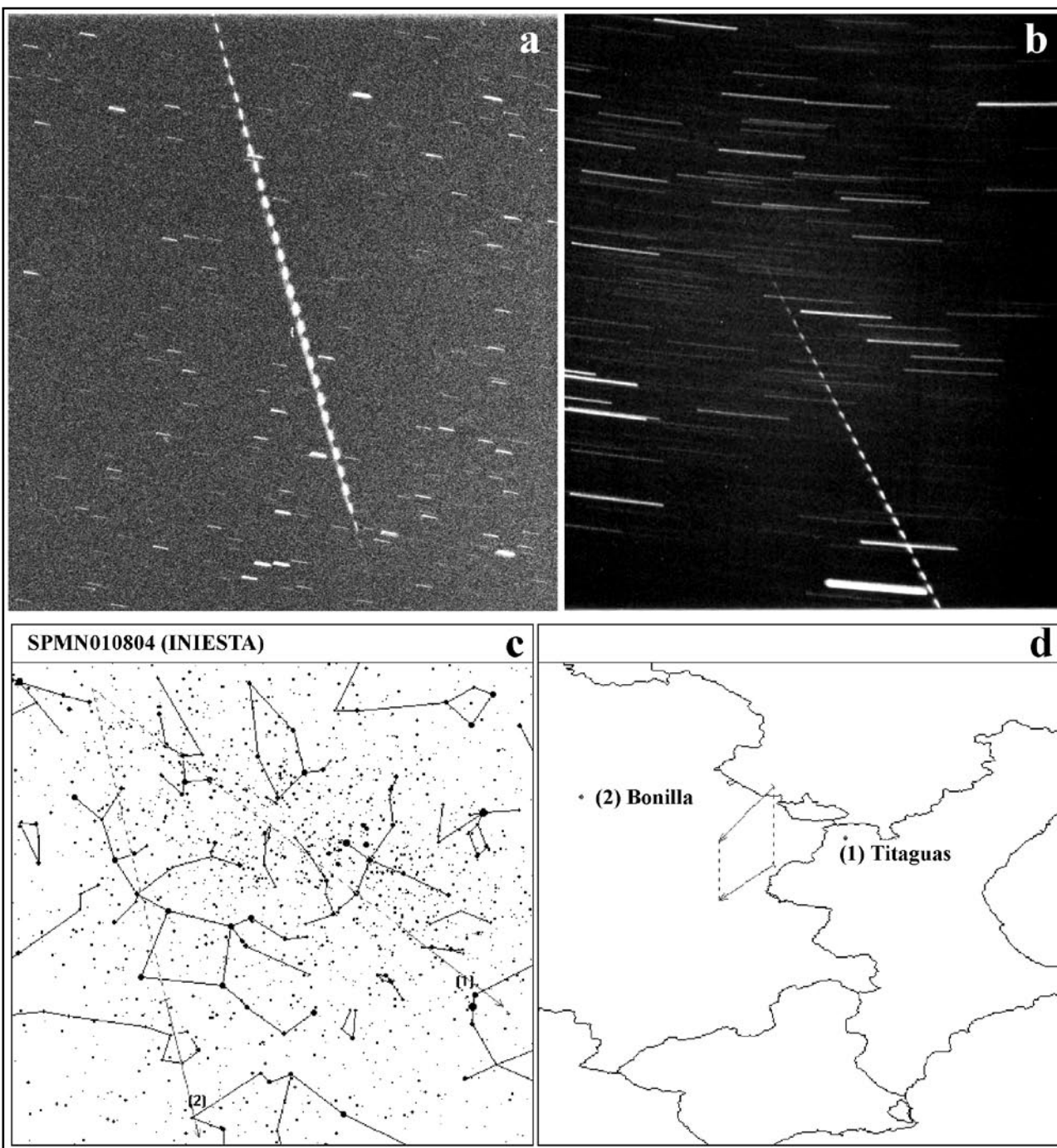


Figura 1. El bólido Iniesta (SPMN010804) fotografiado durante una campaña programada de la Red Española de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos. a) Imagen desde Bonilla (Cuenca) por Francisco Ocaña (AAM). b) Desde Titaguas (Valencia) por Ángela del Castillo y Joan M. Bullón (Cosmofísica). c) El bólido proyectado sobre diferentes constelaciones. d) Su triangulación ha permitido obtener su trayectoria atmosférica y órbita con precisión. (Excepto donde se indique, las imágenes son cortesía de los autores)

necesita la máxima colaboración posible de todos los testigos para obtener las trayectorias aparentes en el cielo desde diferentes lugares.

La investigación sobre meteoros y bólidos no está tan limitada, como en otras disciplinas astronómicas, a la capacidad del instrumental utilizado. Además, realizada rigurosamente, es un ejemplo perfecto de colaboración entre astrónomos aficionados y profesionales (Figura 1). Por la naturaleza efímera e imprevisible de estos fenómenos, paradójicamente los grandes observatorios astronómicos se antojan casi inapropiados en su estudio, especialmente dados los pequeños campos que observan. La posibilidad

del aficionado a acceder a áreas despejadas para cubrir con sus cámaras amplios campos estelares es conocida por los astrofotógrafos. Una red convenientemente coordinada de varios aficionados puede obtener valiosos resultados. Desde la Red Española de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos se viene fomentando este tipo de actividades desde 1997. Integrando los datos procedentes de diversos registros de un mismo meteoro se puede reconstruir con bastante precisión su trayectoria atmosférica. Si son datos visuales deben ponderarse en función de las condiciones de observación, su coherencia con el resto de testimonios recopilados y de la experiencia

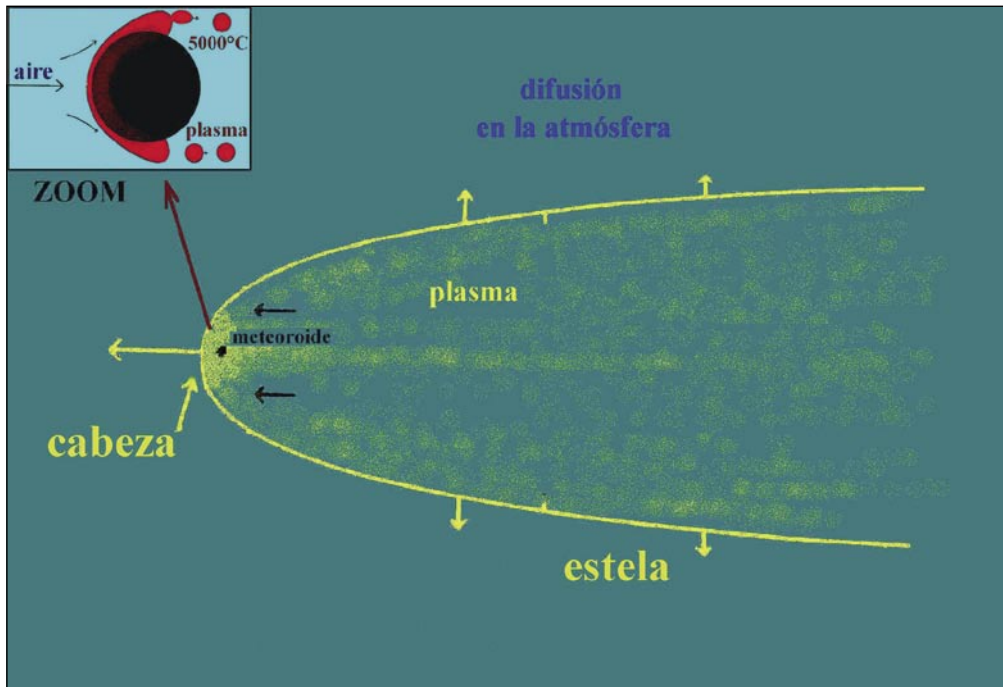


Figura 2. Típica apariencia de un bólido, definiendo sus partes principales. Dada la luminosidad de la cabeza, producida por los vapores ionizados que abandonan el meteorite, éste nunca es visible. El recuadro muestra como se produce la ablación del meteorite a una temperatura de unos 5.000° C. Adaptada de Trigo-Rodríguez (2002).

previa particular. En casos especialmente favorables, registrados casualmente en video o fotografía, es posible calcular con gran precisión la trayectoria real del bólido, el área de distribución de los posibles restos meteoríticos asociados al evento, la energía depositada en la atmósfera e incluso (si la velocidad puede ser estimada) los elementos orbitales del cuerpo progenitor como fue el caso del bólido observado en Galicia el 16 de junio de 1996 (Docobo y Cep-lecha, 1999) ó el superbólido diurno acontecido el 4 de enero de 2004 que generó el meteorito Villalbeto de la Peña (Llorca *et al.*, 2005; Trigo-Rodríguez *et al.*, 2005). Ese evento se ha convertido en un ejemplo excelente

de colaboración enriquecedora entre aficionados y profesionales (Blanco *et al.*, 2005).

A pesar de que son objeto de estudio por parte de la Astronomía, los bólidos son fenómenos luminosos que se producen en el seno de la atmósfera terrestre. En el espacio interplanetario existen una gran cantidad de partículas, desde unas pocas micras (milésimas de milímetro) hasta unos diez metros que se denominan genéricamente meteorites. Sus órbitas alrededor del Sol pueden llevarlos a un rumbo de colisión con nuestro planeta. Dadas las altas velocidades heliocéntricas de los cuerpos celestes, los meteorites penetran a gran velocidad (en un rango permitido desde 11 hasta 72 km/s) en la atmósfera, donde colisionan violentamente con sus moléculas. Conforme profundizan las colisiones cada vez más frecuentes calientan el exterior del objeto causando una rápida ablación

superficial y una pérdida de gran parte de su energía cinética en forma de luz y calor. Alrededor y tras el objeto se forma una columna de gas ionizado que constituye el meteoro (Figura 2). Al profundizar, la presión hidrodinámica puede causar la fractura del objeto con lo que nuevos fragmentos se desprenden incrementando el volumen de cuerpo sometido a ablación, generando breves pero intensos destellos, que pueden ser vistos a cientos de kilómetros. Es el fenómeno conocido como *meteoro*, aunque cuando el brillo sobrepasa el del planeta Venus (magnitud -4) se denomina *bólido* o *bola de fuego*. Algunos bólidos excepcionales superan de lejos la luminosidad de la

Luna Llena (magnitud -17) y son detectables incluso desde el espacio por satélites de reconocimiento, siendo conocidos como *superbólidos*. A pesar de que por lo general más del 95 % de la masa inicial del meteorite suele perderse en su brusco tránsito a través de la atmósfera, algunos fragmentos pueden llegar a la superficie como *meteoritos*. Es totalmente incorrecto, aunque desgraciadamente extendido, referirse al fenómeno luminoso con este nombre que queda reservado a los materiales de origen extraterrestre que se encuentran en la superficie terrestre. Los bólidos o bolas de fuego son un fenómeno luminoso en la atmósfera

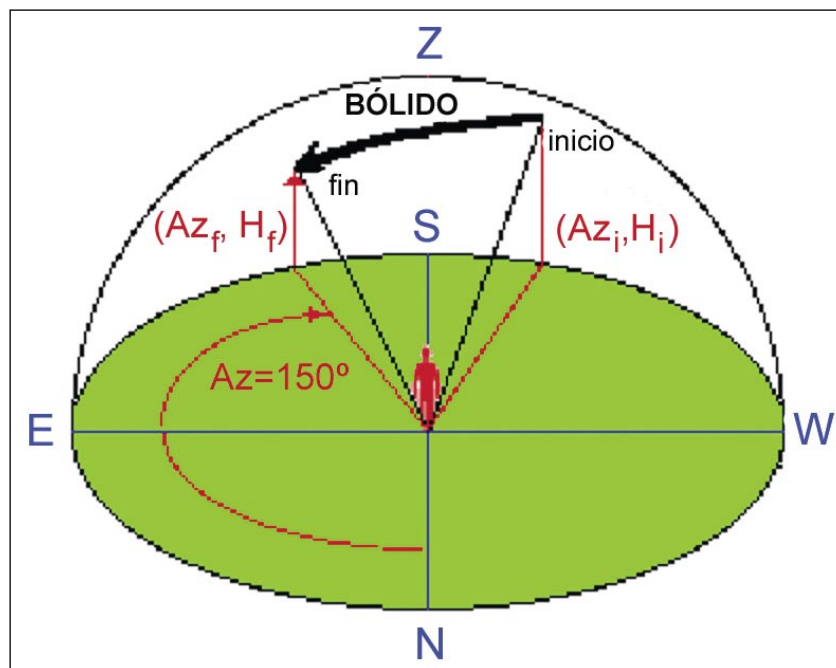
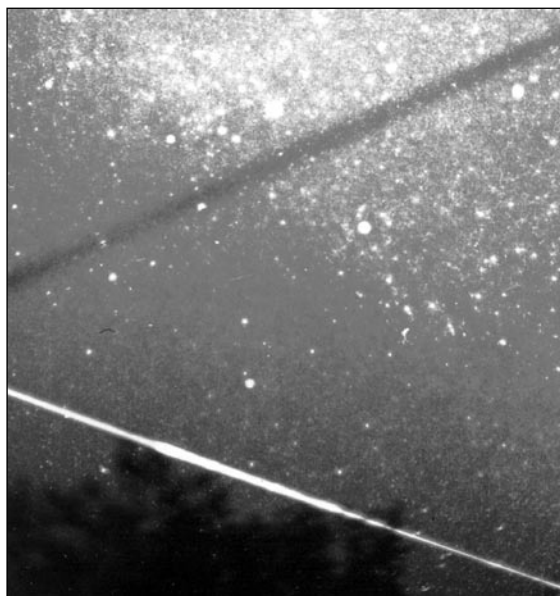


Figura 3. La trayectoria de un bólido se define dando el azimut y la altura del punto de inicio y fin. En estudios de bólidos el azimut se suele medir del Norte hacia el Este como indica la figura (el Este y el Sur serían 90° y 180° respectivamente) aunque los azimuts astronómicos se midan desde el Sur.



terrestre y, por tanto, no son meteoritos aunque en contadas ocasiones puedan generarlos.

El estudio científico de un bólido comienza generalmente con varios registros visuales del fenómeno desde diversas localizaciones geográficas. Los errores más comunes en ese tipo de observaciones son olvidar la trayectoria observada, especialmente si no se han tomado notas o realizado esquemas (el recuerdo se disipa con el tiempo) o incluso no recordar ni la hora ni fecha. Resulta muy importante obtener material gráfico. Si los bólidos dejan tras de sí estelas persistentes tomar fotografías de tales estelas en las que aparezcan detalles del horizonte del lugar (edificios, postes de luz o teléfono) desde lugares bien conocidos (precisión de un metro) pueden permitir una calibración nocturna. Tratar de recopilar todo el material gráfico disponible, en especial fotografías del bólido o su estela o, en su defecto, dibujos requiere conseguir la máxima colaboración de los observadores. Si raras son, dada su imprevisibilidad y fugacidad, las fotografías que se pueden obtener de un bólido, los registros videográficos, sonoros o sísmicos asociados en ocasiones a estos fenómenos, se pueden considerar como excepcionales. Por ello debería considerarse prioritario informar a los expertos y ceder tales registros para fines científicos independientemente del uso adicional que se desee hacer.

OBSERVACIÓN Y REGISTRO DE BÓLIDOS

La única manera de determinar la trayectoria real de un bólido sobre la superficie terrestre es a partir del estudio trigonométrico de las trayectorias aparentes (proyectadas sobre la bóveda celeste) desde diferentes estaciones. En el caso que tengamos una cámara a mano, deberíamos ser capaces de tomar fotografías del bólido o de la estela persistente que haya podido dejar. Las fotos no tendrán valor si no muestran detalles de horizonte, es decir, imágenes con demasiado zoom no permitirán calibrar la trayectoria

seguida desde ese lugar. Cuando nuestros ojos son lo único que podemos emplear, observemos la trayectoria detenidamente y en su totalidad. Intentemos retenerla mentalmente, una vez finalizado. Lo ideal es seguirla con la vista y el dedo índice, fijándonos en la posición de la trayectoria en referencia a objetos fijos situados en el horizonte (edificios, árboles, postes de luz, etc...). Antes de abandonar el lugar exacto de observación, marquemoslo como nos sea posible.

A) Bólidos observados durante el día

A continuación describimos los principales pasos a seguir:

1. Antes de abandonar el lugar de observación haremos un boceto dibujando la trayectoria observada respecto a referencias fijas. En cuanto nos sea posible, volveremos al mismo lugar para tomar una imagen digital mostrando el horizonte y los detalles usados de referencia.

2. Si no disponemos de cámara se puede estimar con un teodolito el azimut y la altura del punto inicial y final del bólido tal y como se explica en la Figura 3. De no ser posible, con una brújula identificaremos el Norte y con ayuda de un transportador estimaremos esos cuatro ángulos.

3. Si disponemos de una cámara, tomaremos una foto que incluya la zona del cielo en la que el bólido se proyectó. Identificaremos en un boceto los puntos cardinales con ayuda de una brújula y posteriormente los marcaremos en la foto. Finalmente nos guiaremos de la altura sobre el horizonte de los objetos que veamos para dibujar los puntos de inicio y fin del bólido en la fotografía.

4. Ubicación geográfica: Intentaremos conseguir un GPS para facilitar nuestra latitud, longitud y altura. Si no podemos conseguirlo marcaremos en un mapa topográfico (escala 1:50.000) el lugar de observación.

Figura 4. Fotografías casuales de bólidos en sesiones astrofotográficas resultan valiosas. Imagen obtenida por José Berenguer desde Valencia el 2/11/1981. (Archivo SPMN)

Figura 5. Alfa Capricornida obtenida el 13/8/1988 por Antonio Francisco desde Valencia. (Archivo SPMN)





Figura 6. Bólido de las Perseidas registrado por Josep Maria Trigo desde Valdelinares (Teruel) el 12/8/1993. (Archivo SPMN)

5. Tomaremos nota del brillo del bólido comparándolo con la Luna o el Sol.

6. Debemos registrar la duración en segundos del paso del bólido. Para ello es conveniente cronometrar varias simulaciones de lo que acabamos de ver. Es fundamental apuntar la hora exacta del suceso.

7. Enviaremos los resultados lo antes posible a expertos. En España una opción es enviarlos a la Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos (www.spmn.uji.es).



Como ejemplo más reciente citaremos también al superbólido diurno del 1 de marzo de 2005 observado en el noroeste peninsular, cuya trayectoria se ha podido calcular gracias a los datos aportados por cerca de una veintena de testigos.

B) Bólidos observados durante la noche

Si se ha observado el bólido en una noche despejada y conocemos las constelaciones podemos indicar la trayectoria del bólido entre las estrellas. Un dato fundamental a facilitar serán las coordenadas ecuatoriales del inicio y fin del bólido en la bóveda celeste. La Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos facilita un software de distribución gratuita a tal efecto. Conviene recordar que si dibujamos la trayectoria del bólido debemos utilizar un atlas estelar de proyección gnomónica pues así podremos trazarla tal y como la hemos visto, como una línea recta. En el caso que no conozcamos las constelaciones, seguiremos los mismos criterios de la observación diurna.

BÓLIDOS Y PSEDOBÓLIDOS

Con cierta frecuencia se reportan fenómenos celestes que visualmente pueden confundirse con bólidos, pero que nada tienen que ver con la penetración de meteoroides en la atmósfera (ver Tabla 1). Hemos acuñado el término «pseudobólido» para referirnos a este tipo de observaciones, de muy distinta naturaleza:

- Reentradas de objetos artificiales (módulos o fases de cohetes, satélites, «chatarra espacial»).
- Destellos de satélites artificiales, cohetes, globos meteorológicos, etc.
- Aviones o estelas de aviones a reacción.
- Expulsión de combustible / agua desde ingenios espaciales.
- Fenómenos meteorológicos excepcionales, como los llamados «rayos esferoidales».
- Misiles y otros experimentos de carácter militar.

Resulta común que personas con pocos conocimientos astronómicos dan cuenta de innumerables pseudobólidos durante los días siguientes a la observación de un verdadero bólido que haya sido ampliamente difundido en los medios de comunicación. Aquí caben tanto testimonios bienintencionados de personas que observan algo para ellos infrecuente en el cielo, hasta casos evidentes de fraude que buscan publicidad. Algunos medios de comunicación no suelen poner mucho de su parte para solventar esa situación y agravan el problema dando crédito a eventos irrelevantes que no tienen nada que ver con los

(Continúa en la página 74)



Figura 8. Estela del bólido de Villalbedo de la Peña obtenida por Raúl Varona desde Aguilar de Campoo (Palencia). Esta imagen fue empleada para calibrar su trayectoria real. (Archivo SPMN)

TABLA 1

Pautas simples para determinar si un fenómeno visual es o no es un bólido.

criterio	Descripción	Sugerencias
Duración	Los bólidos pueden durar desde un segundo a unos 5-10 segundos (raramente más). Algunos bólidos dejan tras de sí estelas persistentes que incluso duran decenas de minutos.	Si tiene una cámara, filme o fotografíe con gran angular para abarcar detalles del horizonte que faciliten la posterior calibración. Anote la duración del fenómeno.
Trayectoria	Los bólidos siguen trayectorias bastante rectilíneas con una cabeza luminosa y una cola más tenue que la sigue. Algunos se fragmentan en varios trozos, apareciendo múltiples núcleos de luz.	Si el bólido aparece por la noche trace su trayectoria entre las estrellas. Durante el día use de referencia edificios u otros objetos.
Brillo	Sucesos con brillo superior a los planetas pueden ser bólidos y debería recopilar información de ellos. Casos con brillo similar o superior a la Luna pueden generar caídas de meteoritos.	Indique la luminosidad del suceso comparándolo con la Luna o los planetas. También puede usar fuentes de luz visibles.
Sonidos	Fragmentaciones pueden ir acompañadas de zumbidos o explosiones audibles con un cierto retraso (unos minutos). Sin embargo, la llegada del sonido al suelo depende mucho de la geometría y las condiciones atmosféricas.	Si observa un gran bólido conecte una grabadora para intentar registrar su sonido. Tales grabaciones son extraordinariamente raras y valiosas.
Fecha y hora de aparición	Cuando la Tierra atraviesa enjambres meteóricos pueden producirse bólidos. Sin embargo, la mayoría de grandes bólidos no están asociados a ningún enjambre meteórico y, por tanto, resultan imprevisibles.	Apunte cuidadosamente la fecha y hora (con precisión del segundo).
Otros casos	Para descartar otras posibilidades lea la sección <i>Bólidos y Pseudobólidos</i> .	No dude en reportar su observación aunque no esté seguro.

(En la página 72): Figura 7. Las nuevas técnicas CCD pueden ser aplicadas para obtener valiosos registros. Bólido de las Perseidas registrado el 12/8/2002 por Albert Sánchez desde Gualba (Barcelona). (Archivo SPMN)



Figura 9. Fotografía en exposición del destello emitido por un satélite Iridium obtenida por Chris Dorreman.

(Viene de la página 72)

bóolidos. A continuación citamos algunos fenómenos usualmente interpretados como bóolidos:

REENTRADA DE OBJETOS ARTIFICIALES

Existen dos tipos de reentradas, las realizadas de modo controlado o aquellas que ocurren de forma natural. Entre las primeras, aquellas causadas por los controladores rusos para destruir las estaciones de la serie *Salyut* y la popular *Mir*, o el descenso del transbordador espacial. Entre las segundas, que se cuentan por decenas, cuando los restos de un cohete, o un satélite abandonado son atraídos por la fuerza gravitatoria de la Tierra y, con el transcurso del tiempo, pierden velocidad y altura, penetrando finalmente en las capas bajas de la atmósfera donde se desintegran. La perspectiva de visión de una reentrada es similar a la observación de un bólido, si bien la primera difiere principalmente de la segunda en la velocidad y longitud de la trayectoria del objeto observado. En el caso de la reentrada, el cuerpo en cuestión entra

en contacto con las capas altas de la atmósfera a una velocidad sensiblemente inferior (en torno a 28.500 km/h, frente al rango de los 40.000-250.000 km/h de un bólido).

Asimismo, un ingenio espacial está compuesto, por lo general, de multitud de estructuras (paneles solares, módulos, etc.) elaboradas en materiales muy diversos que ofrecen una resistencia variable a la presión aerodinámica. Por tales motivos, durante el reingreso atmosférico, suelen observarse estructuras separándose del cuerpo principal. Tal fue el caso de la reentrada, el 17 de noviembre de 1999, de la última etapa del cohete que puso en órbita a la nave china *Shenzhou-1* y cuya trayectoria fue reconstruida por la Red de Investigación sobre Bóolidos y Meteoritos (Trigo-Rodríguez *et al.*, 2000), la de la estación *Mir* el 23 de marzo de 2001, la de la tercera fase del cohete *Soyuz FG* que venía de acoplar el módulo ruso *PIRS* a la Estación Espacial Internacional (Docobo, 2002), o la desafortunada reentrada del transbordador *Columbia* el 1 de febrero de 2003 (en la cual se perdió el vehículo y los siete miembros de su tripulación).

OBSERVACIÓN DE SATÉLITES Y OTROS OBJETOS EN ÓRBITA TERRESTRE

Los ingenios que se encuentran en órbita alrededor de la Tierra son iluminados por el Sol durante largos períodos de tiempo. Con frecuencia, son visibles surcando el firmamento en horas próximas al amanecer o al anochecer, períodos en los que los cielos son oscuros. Iluminados por el Sol son visibles a simple vista desde la Tierra. Como consecuencia, estos ingenios espaciales adquieren la apariencia de una estrella, de magnitud variable (los más brillantes alcanzan hasta $-1,5$), transitando por la bóveda celeste en línea recta a una velocidad relativamente lenta (similar, en ocasiones, a la de un avión). La observación de estos artefactos puede llegar a ser bastante larga (varios minutos).

A veces, la magnitud intrínseca de un ingenio espacial (el brillo reflejado al ser iluminado por el Sol) es tan baja que apenas es visible a simple vista. No obstante, existen satélites que, a pesar de contar

TABLA 2

Las caídas de meteoritos de las que ha sido posible deducir la órbita heliocéntrica del cuerpo progenitor.

Nombre del meteorito	País	Año de la caída	Masa total recuperada (kg)	Tipo de meteorito
Příbram	República Checa	1959	5,8	H5
Lost City	EE. UU.	1970	17	H5
Innisfree	Canadá	1977	4,58	L5
Peekskill	EE. UU.	1992	12,57	H6
Tagish Lake	Canadá	2000	5 – 10	CI?
Morávka	República Checa	2000	1,4	H5-6
Neuschwanstein	Alemania	2002	6,2	EL6
Park Forest	EE. UU.	2003	18	L5
Villabeto de la Peña	España	2004	~ 5	L6

con una magnitud intrínseca muy baja (alrededor de +5), son capaces de emitir destellos. Esto tiene lugar cuando alguna de las estructuras de los satélites (como, por ejemplo, sus antenas o paneles solares) reflejan la luz procedente del Sol (llegando a alcanzar magnitud -9). Tal es el caso de los satélites *Iridium* que forman una constelación de 66 unidades, situados en torno a los 780 km de altura con el objeto de asegurar la cobertura de telefonía móvil en cualquier punto de la superficie terrestre. Sus destellos suelen ser tan brillantes como breves (unos segundos) pero su velocidad angular es muy inferior a la de un bólido (Figura 9).

EXPULSIÓN DE COMBUSTIBLE / AGUA DESDE INGENIOS ESPACIALES

La expulsión de combustible suele registrarse, principalmente, en las últimas etapas de los vehículos de lanzamiento. Tras el despegue y la puesta en órbita de la carga útil, las últimas etapas de los cohetes quedan vagando por la órbita terrestre con un remanente de combustible. El aumento de presión que tiene lugar como consecuencia del calentamiento de estas etapas expuestas a la radiación solar, provoca la pérdida de integridad de los depósitos de combustible, por lo que las sustancias altamente inflamables escapan al espacio formando una nube de gas visible



desde Tierra (alcanzando magnitudes próximas a +2). La expulsión de agua es otro evento llamativo, que ocurre en las misiones del transbordador espacial estadounidense. Las células de combustible de a bordo combinan el hidrógeno y oxígeno líquidos, produciendo energía eléctrica y agua para el consumo de la

Figura 10. Fotograma del vídeo grabado desde Houston (Texas) de la expulsión de agua desde el transbordador Discovery el 25/12/1999. (Cortesía Paul Maley)

Figura 11. Estela de un avión a reacción en una curiosa perspectiva tomada desde Cádiz el 9/12/2004 por Ana M. Ponce.

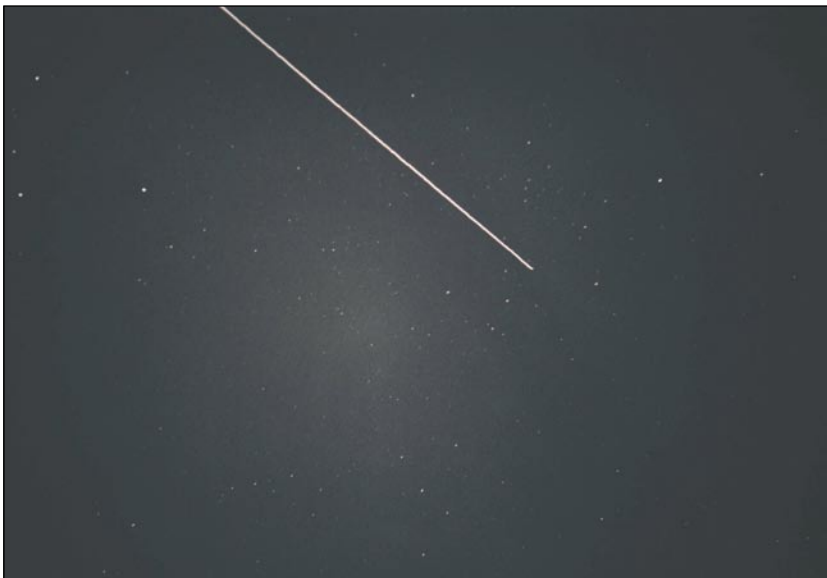


Figura 12. Tránsito del transbordador Endeavour acoplado a la Estación Espacial Internacional el 28/11/2002 sobre Cádiz. (Foto: Oscar A. Rodríguez Baquero)

tripulación. Cuando se registran excedentes de agua ésta es expulsada directamente al exterior, congelándose súbitamente formando millones de minúsculos cristales de hielo que, dependiendo de la incidencia de los rayos solares, desde tierra puede adquirir la apariencia de una cola cometaria extendiéndose a partir de un punto brillante (el transbordador) (Figura 10).

TRAZAS EMITIDAS POR AERONAVES

Este fenómeno ha sido erróneamente confundido con bólidos, tanto por parte de testigos visuales como por medios de comunicación. Estas trazas adquieren una peculiar apariencia durante el amanecer y el atar-

decer, cuando la inclinación de los rayos solares es baja. Por este motivo, aunque la iluminación solar es pobre en la superficie terrestre, sigue siendo rica en las cotas de altitud en las que se desplazan las aeronaves, por lo que, tanto los vapores de combustión como aquellos producidos por su desplazamiento (debido a la condensación de vapor a temperaturas bajas) se muestran especialmente brillantes. De este modo, el avión y su traza adquieren una apariencia similar a la que podría adoptar un bólido durante su ingreso atmosférico (Figura 11).

CONCLUSIONES

Existe un interés creciente en el estudio de los bólidos. Estos raros pero espectaculares eventos nos avisan de la entrada de grandes meteoroides a la atmósfera de la Tierra. Estudiando su comportamiento es posible deducir si pueden haber llegado a la superficie terrestre fragmentos en forma de meteoritos. A partir de registros casuales en vídeo pueden incluso determinarse la órbita del meteoroides progenitor en el Sistema Solar. Hasta la fecha las nueve caídas de meteoritos conocidas (Tabla 2) han producido cuerpos provenientes del cinturón de asteroides.

Prueba del interés actual por esta área, es la formación de grupos especializados profesionales y amateurs en la observación y registro de meteoros y bólidos en todo el mundo. A nivel estatal, la existencia de la Red de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos que recopila información de estos eventos desde 1997, ha proporcionado infraestructura e información necesaria para obtener valiosos resultados científicos en el estudio de la caída de Villalbeto de la Peña,

Palencia, el 4 de enero de 2004 (Llorca *et al.*, 2005; Trigo-Rodríguez *et al.*, 2005). Sin embargo, sería de enorme importancia mentalizar a los diferentes organismos sobre el enorme valor científico del estudio de bólidos y meteoritos. El papel de los astrónomos aficionados en la recopilación de datos es especialmente relevante y, como tal, debería tenderse a compilar toda la información posible de estos eventos.

Por otra parte, algunos de los bólidos registrados durante los últimos años han sido los más notables que se recuerdan en la historia de la Astronomía en nuestro país. El papel de los aficionados ha sido decisivo. Con este artículo hemos pretendido dar unas nociones básicas para identificar bólidos y conseguir que en el futuro se puedan obtener resultados de valor científico sobre un número mayor de casos. Paralelamente a la mayor difusión de estos fenómenos, resulta inevitable que la frecuencia de pseudobólidos registrados aumente también a la par, no sólo por el incremento del número de observaciones y de observadores dispuestos a contribuir, sino también por el aumento de elementos «potencialmente generadores» de estos falsos bólidos, tales como aviones, satélites y cohetes, consecuencia de la innovación tecnológica. Un mayor interés por aprender de esta disciplina dejando de lado ciertas actitudes pseudocientíficas, puede ayudar a que todos a una podamos sumar nuestro esfuerzo en la investigación de estos apasionantes fenómenos. **A**

BIBLIOGRAFÍA

- **Blanco, S., R. Chao, J. V. Casado, Ó. Diez, J. Llorca, J. L. Ortiz, J. Á. Docobo, J. M. Trigo-Rodríguez y A. J. Castro-Tirado** (2004) *Fuego en el cielo: El superbólido del 4 de enero de 2004 y el meteorito Villalbeto de la Peña*, **Astronomía** 67, 26-35.
- **Docobo, J. Á.** (2002) *The bright object observed over Galicia (NW of Spain) on September 16th 2001: Its nature and Trajectory*, Revista Real Academia Galega de Ciencias, Vol XXI, 105-119.
- **Docobo, J. Á. and Cep-lecha, Z.** (1999) *Video record (CD copy attached) of the Spain bolide of June 14, 1996: The atmospheric trajectory and orbit*, Astronomy and Astrophysics Suppl. ser. 138, 1-9.
- **Llorca, J., Trigo-Rodríguez, J. M., Ortiz, J. L., Docobo, J. Á., García-Guinea, J., Castro-Tirado A. J., Rubin, A. E., Eugster, O., Edwards, W., Laubenstein, M., and Casanova, I.** (2005) *The Villalbeto de la Peña meteorite fall: I. Fireball energy, meteorite recovery, strewn field and petrography*, Meteoritics & Planetary Science, en prensa.
- **Trigo-Rodríguez, J. M.** (2002) *Análisis Espectroscópico de fragmentos cometarios y asteroidales a su entrada en la atmósfera terrestre*, Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. (disponible en la web tinyurl.com/9cnbd)
- **Trigo-Rodríguez, J. M., Enric Coll, Juli Castellano y Jordi Llorca** (2000) *Bólidos artificiales y chatarra espacial*, Tribuna de Astronomía y Universo 4, 44-46.
- **Trigo-Rodríguez, J. M., J. Borovička, P. Spurný, J. L. Ortiz, J. Á. Docobo, A. J. Castro-Tirado and J. Llorca** (2005) *The Villalbeto de la Peña meteorite fall: II. Determination of atmospheric trajectory and orbit*, Meteoritics & Planetary Science, enviado.