

En este mes de junio de 2023 se cumplen justo 25 años de la instalación del primer telescopio robótico en España, un modesto reflector Schmidt-Cassegrain de 30 cm de diámetro a f/10 en el entorno de la Estación de Sondeos Atmosféricos (ESAt) del Centro de Experimentación de El Arenosillo (CEDEA) del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), a unos 10 km de Mazagón (Huelva), en pleno entorno natural de Doñana y a 100 m de la Playa de Castilla, de las pocas vírgenes que aún quedan en la España peninsular. Dicha estación recibió el nombre de BOOTES-1 por ser la primera relacionada al acrónimo del experimento con ella iniciado (y también nombre de una constelación boreal): BOOTES (*Burst Observer and Optical Transient Exploring System*, que se pronuncia tal cual al ser latino y no [bu:ts]).



Alberto J. Castro-Tirado

Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) /
Universidad de Málaga
ajct@iaa.es / @AJCastroTirado

Desde entonces, han tenido que transcurrir casi 25 años más para que el pasado diciembre de 2022 viera la primera luz BOOTES-7 en Chile, la última de las estaciones de la Red Global BOOTES que faltaba para completar la misma, haciendo con ello que España se convirtiese en 2022 en el primer país que despliega una red global de telescopios, habiéndolo hecho antes que otras dos conocidas naciones que también perseguían este logro. Ver Figura 1.

El primer telescopio robótico de la red BOOTES (acrónimo en inglés de *Observatorio de estallidos y Sistema de exploración de fuentes esporádicas ópticas*), fue instalado en 1998 en el INTA-CEDEA y resultante de una colaboración hispano-checa, entre el INTA y el Observatorio Astronómico de Ondřejov (Rep. Checa). De modesto tamaño, tenía adosado dos cámaras CCDs con objetivos de 50 mm a f/2 con los que adquirir imágenes de gran campo de manera simultánea. Este último sistema evolucionó con los años, como no podía ser de otra manera, manteniéndose optimizado para Astronomía de gran campo, con diversos sistemas hoy día que en esta estación BOOTES-1 alcanzan campos desde $5^\circ \times 5^\circ$ hasta $15^\circ \times 15^\circ$.

En paralelo, desplegamos la estación BOOTES-2 en la sede del Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea "La Mayora", centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad de Málaga (IHSM/UMA-CSIC) en Algarrobo-Costa (Málaga), con primera luz en 2001. En 2008 reemplazamos el reflector de 30 cm por un Ritchey-Chrétien de 60 cm a f/8, adosado a una montura ecuatorial alemana NTM-500 de Astelco de alta velocidad de movimiento (100 grados/s y con aceleración de 10 grados/s²) para poder responder a eventos transitorios con gran celeridad. También sustituimos la vetusta CCD de SBIG por una EMCCD Ixon de Andor para proporcionar un campo de visión de $10' \times 10'$ y con un juego de filtros SDSS u' g' r' i' complementados por dos de WFCAM/VISTA (Z e Y) así como por un filtro 'clear' (todos con el mismo espesor óptico para no tener que reenfoque al cambiar de filtro). Y es esta configuración instrumental la que hemos ido replicando en el resto de observatorios de la Red desde entonces, ampliándola a todo el globo con las estaciones BOOTES-3 (Lauder, Nueva Zelanda, 2009), BOOTES-4 (Lijiang, China, 2012),



Figura 1. Las 7 estaciones de la Red Global BOOTES, con el año de instalación: BOOTES-1 (El Arenosillo, España, 1998), BOOTES-2 (Algarrobo-Costa, 2011), BOOTES-3 (Lauder, Nueva Zelanda, 2009), BOOTES-4 (Lijiang, China, 2012), BOOTES-5 (San Pedro Mártir, México, 2015), BOOTES-6 (Boyden, Sudáfrica, 2021) y BOOTES-7 (San Pedro de Atacama, Chile, 2022).

Estación	Latitud	Longitud	Altura (m)	Emplazamiento
BOOTES-1	37°05'58.2''N	6°44'14.89''W	50	Mazagón
BOOTES-2	36°45'24.84''N	4°02'33.83''W	70	Algarrobo-Costa
BOOTES-3	45°02'22.92''S	169°41'0.6''E	360	Lauder
BOOTES-4	26°41'42.8''N	100°01'48.24''E	3200	Lijiang
BOOTES-5	31°02'39''N	115°27'49''W	2860	Baja California
BOOTES-6	29°02'20''S	26°24'13''E	1383	Maseespoort
BOOTES-7	22°57'09.8''S	68°10'48.7''W	2440	Atacama

Tabla 1. Las 7 estaciones de la Red Global BOOTES.

	B1A	B1B	B2	B3/4/5/6/7	CASANDRA
Tipo ^a	Ph	SC	RC	RC	Ph
Lente	400 mm + 135 mm	-	-	-	16 mm
Espejo	-	30 cm	60 cm	60 cm	-
Foco ^b	-	Ca	Ca	Ca	-
Focal	f/2.8 + f/2	f/10	f/8	f/8	f/2.8
CCD	4096x4096	512x512	1024x1024	1024x1024	4096x4096
Tesela	9 μm	16 μm	13 μm	13 μm	9 μm
Resolución Angular	4.39" + 13.2''	2''	0.59''	0.59''	2.2'
Campo de visión	5° × 5° + 15° × 15°	17'x17'	10'x10'	10'x10'	180°
Filtro ^c	C	C	g'r'i' C.R.ZY	u'g'r'i' C.ZY	C
Montura	Paramount ME	Paramount MX+	Astelco NTM-500	Astelco NTM-500	-
Cámara ^d	MG4	A887	A888	A888	MG4
Espectrógrafo	-	-	COLORES	-	-

^aPhotolens (Ph), Schmidt-Cassegrain (SC), Ritchey-Chretien (RC).

^bCassegrain focus (Ca).

^cClear (C).

^dMoravian G4-16000 (MG4), Andor iXon EMCCD DV887 (A887), Andor iXon X3 EMCCD, 888 (A888).

Tabla 2. Características de las 7 estaciones de la Red Global BOOTES.

BOOTES-5 (San Pedro Mártir, México, 2015, Figura 2), BOOTES-6 (Boyden, Sudáfrica, 2021, Figura 3) y BOOTES-7 (San Pedro de Atacama, Chile, 2022). Ver Tablas 1 y 2 para más detalles.

Con ello, el pasado 31 de diciembre de 2022 pudimos anunciar en círculos científicos y a principios de enero en la 241 reunión de la American Astronomical Society (en Seattle), que el IAA-CSIC había culminado el desarrollo de la Red BOOTES, logrando que España fuese el primer país en desplegar la primera red de telescopios robóticos con estaciones en los cinco continentes. Con instalaciones en España (dos estaciones), Nueva Zelanda, China, México, Sudáfrica y Chile, la Red Global BOOTES constituye la red más completa de su clase y un recurso único

y totalmente automatizado para combinar datos de instrumentos de todo el mundo, vigilar el cielo y apoyar las observaciones de misiones espaciales. Y así lo comunicamos en notas de prensa dadas a conocer simultáneamente en todos los países de la red el pasado 14 de febrero, teniendo amplia repercusión en nuestro país y dándose a conocer este logro en varios idiomas en otros países del globo.

BOOTES es pues, el resultado de casi veinticinco años de esfuerzo continuado, desde que en 1998 instalamos la primera estación en la sede del INTA en El Arenosillo, la primera institución que apoyó inicialmente el proyecto. El respaldo posterior del CSIC y la perfecta sinergia con la Universidad de Málaga, sustentado con financiación tanto estatal como



Figura 2. Dos de los telescopios de la Red Global BOOTES han sido bautizados con el nombre de reconocidos investigadores de nuestro país y muy vinculados a nuestro grupo de Astrofísica Robótica y de Altas Energías (ARAE) del IAA-CSIC, quienes nos dejaron en 2015 con sólo 3 meses de diferencia entre ellos. Uno de ellos es el Javier Gorosabel Telescope (JGT) en la estación BOOTES-5 en el Observatorio Astronómico de San Pedro Mártir (México). Fotografía: David Hiriart.

autonómica a lo largo de estos años, han hecho posible el despliegue completo, lo que supone un hito científico-tecnológico ya que se trata de la primera red robótica con presencia en todos los continentes. Ello la ha situado en el tiempo por delante de las redes americana (Las Cumbres), cuya estación asiática se halla aún en construcción, y rusa (Master), que carece de instalación en Oceanía.

TECNOLOGÍA

Desde el punto de vista instrumental, es de reseñar la cámara de todo el cielo CASANDRA-1, desarrollada por nuestro equipo en 2002 (Castro-Tirado et al. 2008) y que desde entonces viene recogiendo imágenes de la bóveda celeste cada 60 s alcanzando mag. 7 en el horizonte y 10 en el cénit y que constituyó en 2005 la

primera patente en la historia del Instituto de Astrofísica de Andalucía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAA-CSIC). Este diseño se replicó tanto en Cataluña como en Galicia, en colaboración con J. M. Trigo y J. A. Docobo respectivamente.

También merece la pena reseñar el espectrógrafo COLORES (*the COmpact LOw REsolution Spectrograph*), desarrollado en 2010 en colaboración con la Rep. Checa nuevamente. COLORES es un espectrógrafo ligero optimizado para objetos débiles, que permite en la estación BOOTES-2 tanto imagen directa (hasta mag. 20) como espectroscopía de rendija de baja resolución (entre 15-60 Å) para objetos de hasta mag. 16. COLORES supuso la tercera patente de la Red BOOTES (Rabaza et al. 2013).



Figura 3. El segundo de los telescopios de la Red Global BOOTES llamado en honor de otra insigne investigadora española es el bautizado como Mariló Pérez-Ramírez Telescope (MPRT), tomando el nombre de quien fuera profesora en la Universidad de Jaén, y que se ubica en la estación BOOTES-6 en el Observatorio Astronómico de Boyden (Sudáfrica). Fotografía: Emilio J. Fernández-García.

Uno de los subsistemas más importantes en todas las estaciones de la Red Global BOOTES es el habitáculo que alberga todo el instrumental. El techo del mismo, es abatible a dos aguas, que puede abrirse o cerrarse bajo la acción de motores eléctricos (salvo en BOOTES-2 en el que el sistema es hidráulico). Las dos mitades están diseñadas para abrirse completamente, lo que permite que el telescopio pueda acceder a cualquier parte del cielo, llegando incluso hasta poder apuntar al horizonte. Su apertura/cierre se hace en función de los ciclos día/noche y por supuesto, dependiendo de las condiciones meteorológicas, en función de los valores obtenidos en la estación meteorológica adyacente y el sensor de precipitación que la complementa, y todo bajo la supervisión de un controlador Zelio. Este diseño del habitáculo con techo abatible a dos aguas supuso en 2011 la segunda patente producida por el proyecto.

Recientemente, y en colaboración con la Universidad de Málaga, desarrollamos un sistema de disparo para poder marcar temporalmente ('time stamp') las imágenes obtenidas con las cámaras EMCCD con la máxima resolución temporal, lo que es fundamental para observaciones relacionadas con basura espacial. Esto ha resultado ser muy útil y ha constituido un modelo de utilidad concedido en 2021.

EL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es pieza fundamental en la Red Global BOOTES. Actualmente, se basa en una plataforma ASCOM que contiene una interfaz para comunicarse con el servidor ('host') del telescopio, en entorno del sistema operativo Windows. Cada estación BOOTES tiene una copia de este sistema instalada en su propio servidor. Este sistema está compuesto a su vez por tres subsistemas: 1) el Gestor de Objetos; 2) el Ejecutor de Observaciones y 3) el Controlador del Habitáculo. El Gestor de Objetos se está ejecutando en el servidor de cada estación de la Red BOOTES, servidor que ejecuta un programa para recibir alertas automáticamente y admite una interfaz de navegador web para la comunicación con los usuarios del telescopio. El Ejecutor de Observaciones es un programa escrito en lenguaje VisualBasic, que gobierna la montura del telescopio y llama al módulo MaxIm DL para operar la cámara EMCCD con el filtro en cuestión que se haya requerido. El módulo de enfoque, FocusMax, también se dirige con este software durante la observación,

enfocando una estrella cercana al polo celeste cada pocas horas, para asegurar imágenes en foco toda la noche. Mientras tanto, la hora universal calibrada y la información geográfica también son proporcionadas por el módulo GPS. Por último, el Controlador del Habitáculo es responsable de abrir y cerrar el techo abatible dependiendo de las condiciones ambientales y desempeña un papel fundamental como otros en este sistema para proteger el telescopio del mal tiempo, y asegura que las observaciones se pueden realizar sin peligro alguno para el instrumental que alberga.

Normalmente, hay dos modos de registro de observaciones en la Red Global BOOTES: 1) el modo ToO (*Target of Opportunity*), que tiene mayor prioridad, y 2) el modo Monitor. El modo ToO se activa cuando se recibe una nueva alerta en el servidor (host) y se asigna al objeto la máxima prioridad. Si la posición de dicho objeto es observable en ese mismo instante, el modo ToO interrumpirá el plan de observación actual. De lo contrario, este objeto será puesto en cola en la lista de observaciones pendientes hasta que su ventana temporal esté disponible. El segundo modo, modo Monitor, solo funciona cuando no hay ToO activados. En este modo Monitor, el telescopio ejecuta las observaciones conforme a la planificación de objetos hecha previamente en orden de sus prioridades para la comunidad científica, etc. Y es que cada telescopio de la Red puede ser accedido de manera independiente por cada usuario en cuestión, asignando las prioridades correspondientes a los objetos a observar, con los correspondientes detalles (filtros, tiempo de exposición, hora deseada de observación, si fuera el caso, etc.) (López-Casado et al. 2019). El mismo observador podrá acceder a los datos una vez hayan sido tomados, estando de antemano las imágenes ya calibradas en astrometría (WCS).

CIENCIA DE ALTO IMPACTO CON LA RED GLOBAL BOOTES

La Red Global BOOTES ha permitido significativos resultados en muy diversos campos científicos desde el Sistema Solar hasta Astrofísica Extragaláctica y de Ondas Gravitacionales. Son muchos grupos los que hacen uso de ella, tanto dentro como fuera de nuestro país. Comenzamos con una breve muestra de los diversos resultados científicos en orden ascendente de distancia del objeto de estudio en cuestión a la Tierra a sabiendas de que no podemos destacar todos, por cuestión de limitación de espacio.

Por cercanía, principiamos con la detección, por parte de las cámaras CASANDRA de todo el cielo, de un sinfín de actividad de diversos enjambres meteóricos y bólidos registrados que ha permitido, en el caso de la doble estación entre BOOTES-1 y BOOTES-2 (separadas 250 km) triangular numerosos eventos, y determinar, en colaboración con la Spanish Patrol Meteor Network (Trigo-Rodríguez et al. 2008) y la Red de Detección de Meteoros de la SMA-UMA, lugares de caída de posibles meteoritos en toda la geografía estatal.

Estas cámaras también han registrado algún bólido rozador e incluso un objeto que podríamos catalogar como un asteroide potencialmente peligroso (PHA) que el 25 de enero de 2016 tardó 45 min en

atravesar todo el campo de visión de la cámara de todo el cielo CASANDRA-1, pero cuya órbita no pudimos, por desgracia, determinar.

Sin salirnos del Sistema Solar, la detección de una ocultación de una estrella por parte de Plutón en 2015, permitió, dos semanas antes del paso por dicho planeta enano de la sonda *Pluto Flyby*, caracterizar la atmósfera en Plutón, gracias a los datos de excelente calidad obtenidos desde BOOTES-3 en Nueva Zelanda (Sicardy et al. 2016). Ver Figura 4.

Y ya en nuestra Vía Láctea, la detección de la descomunal fulguración (*superflare*) en tiempo real en 2014 del sistema binario DG CVn mientras se estaban tomando

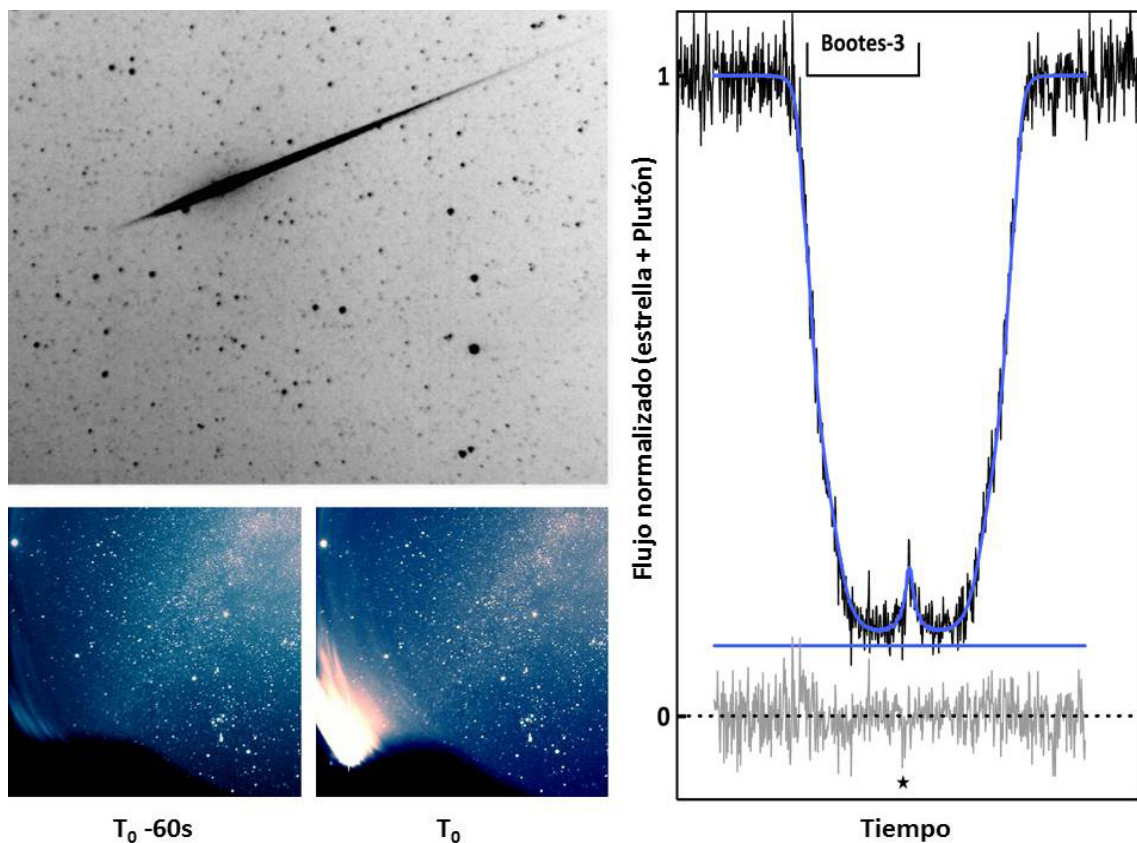


Figura 4. Ejemplos de resultados de la Red Global BOOTES en el Sistema Solar. Izda.: Detecciones de bólidos con las cámaras CASANDRA que registran imágenes del cielo cada 60 s, permitiendo determinación de zonas de caída de meteoritos en algunos casos, haciendo uso de la triangulación entre las estaciones BOOTES-1 y BOOTES-2 separadas 250 km. Dcha.: Curva de la luz de una estrella de fondo tras ser ocultada por Plutón en junio de 2015. La estación BOOTES-3 en Nueva Zelanda se encontraba justo en la prolongación de la hipotética línea que pasaba por los centros de los dos astros, permitiendo registrar el raro flash central en la base de la curva y caracterizar la atmósfera del planeta enano (Sicardy et al. 2016) antes del paso dos semanas después de la sonda *Pluto Flyby*.

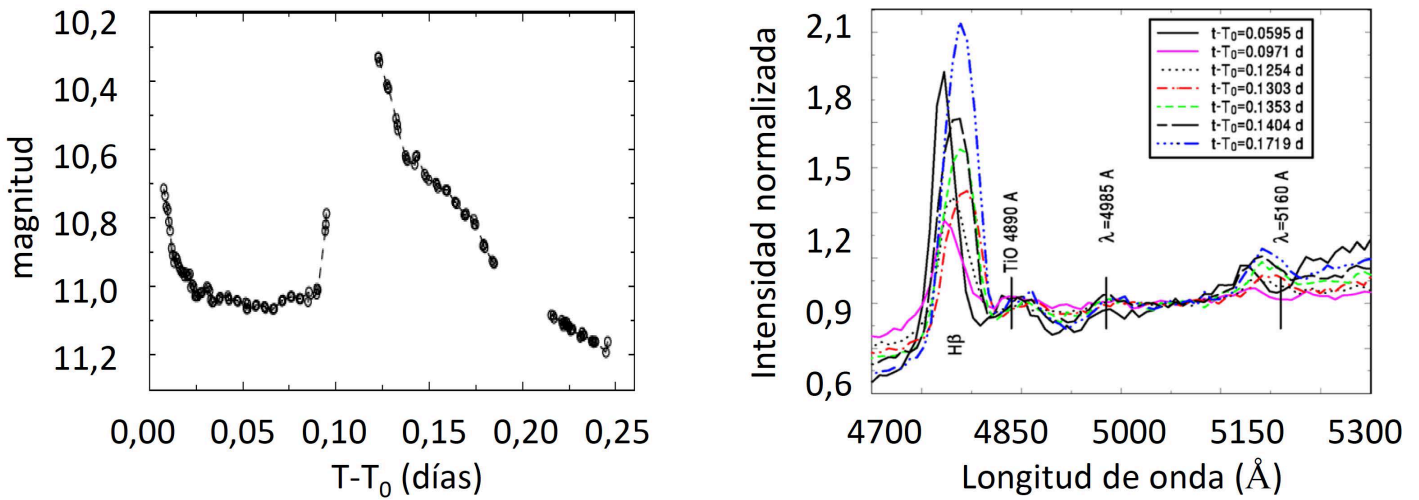


Figura 5. Un ejemplo de resultado de la Red Global BOOTES en Astronomía galáctica. Izda.: La curva de luz en el óptico de DG CVn que, tras la detección de la fulguración en rayos-X por el satélite *Swift*, mostró dos máximos en el óptico, con la fortuna que durante el segundo máximo acaecido 2,4 h tras el primero, BOOTES-2 (+COLORES) estaba ya tomando espectros de manera automatizada (incluido el autocentrado en la rendija de la fuente). Dcha.: La evolución espectral durante todo el episodio, a lo largo de 3,6 h. Se muestra solamente en el rango 4700-5300 Å, de todo el abarcado por COLORES (3900-10000 Å). Nótese la fuerte variación de las líneas de emisión. Más detalles en Caballero-García et al. (2015).

una serie de espectros con BOOTES-2 (+COLORES) simultáneamente a observaciones de alta energía, permitió modelizar en varias longitudes de onda el fenómeno (ver Figura 5) y confirmar la presencia de una o varias regiones activas en la enana roja que forma parte del sistema (Caballero-García et al. 2015).

BOOTES-4 contribuyó en 2020 a la caracterización de una fuente productora de ráfagas de radio de muy corta duración en nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, que se presentó en tres artículos en *Nature* que apuntaban a que un magnetar, una estrella de neutrones con un campo magnético muy intenso, se hallaría tras este fenómeno (Lin et al. 2020).

Ya fuera de nuestra galaxia, en 2021, BOOTES contribuyó al estudio, también publicado en *Nature*, de distintos pulsos en la llamada magnética gigante de una estrella de neutrones en la Galaxia de Escultor (NG 253): en apenas una décima de segundo, un magnetar liberó una energía equivalente a la que produce el Sol en cien mil años, y su análisis en detalle reveló múltiples pulsos en el pico de la erupción, que aportaron luz sobre estas aún poco conocidas llamadas magnéticas gigantes (Castro-Tirado et al. 2021).

Pero ha sido en el campo de los estallidos de rayos-gamma (GRBs), objetivo científico principal de la Red BOOTES, donde las observaciones de seguimiento rápido con BOOTES, desde los primeros segundos hasta las fases finales, han permitido restringir los modelos de este tipo de fenómenos, y también han contribuido a algunos resultados de alto impacto de los últimos años, habiéndose detectado más de 50 contrapartidas ópticas en un rango de corrimientos al rojo desde 0,078 hasta 5,91 (Jelínek et al. 2016, Gupta et al. 2021, Castro-Tirado et al. 2023). Ver Figura 6.

De hecho, uno de los observatorios de la Red, BOOTES-5 fue el único emplazamiento del hemisferio norte que logró observar en 2017 el evento conocido como GW170817, la quinta detección de la historia de ondas gravitatorias y asociado a un GRB de muy baja intensidad, sito todo ello en la galaxia NGC 4993 a 40 Mpc. El fenómeno responsable de esa emisión, la fusión de dos estrellas de neutrones, permitió el primer estudio simultáneo en luz y ondas gravitatorias por vez primera e inauguró una nueva era en la Astronomía (Abbott et al. 2017).

DIVULGACIÓN Y EDUCACIÓN

Aunque son muchas las iniciativas del uso de la Red para divulgación y educación, queremos reseñar la fuerte implicación de la misma en los proyectos GLORIA y ScienceIES.

GLORIA es un proyecto web-2.0 colaborativo, que fue financiado por el programa FP7 de la UE entre 2010 y 2013, basado en una red de telescopios robóticos de acceso libre (entre ellos varios de la Red BOOTES) que fue abierto al público y enfocado a la divulgación astronómica y sobre todo a Ciencia Ciudadana (Castro-Tirado et al. 2014).

ScienceIES es una forma distintiva de enseñar Astronomía y otras disciplinas científicas, centrándose en estudiantes de secundaria (de 15 a 17 años). ScienceIES es el nombre del proyecto iniciado en 2010 a nivel regional en Andalucía que une los sistemas educativos y científicos para involucrar a los estudiantes de último curso de Secundaria y primero de Bachillerato. Algunos de los proyectos de Astronomía se basan en el uso de telescopios robóticos, como ha sido el caso de BOOTES-2/TELMA, que se ha empleado por parte de los alumnos para hacer estudios de estrellas activas, binarias de rayos-X, galaxias del Grupo Local, etc. (Castro-Tirado et al. 2021), habiendo el alumnado previamente visitado in-situ la estación BOOTES-2, lo que les ha motivado sobremanera.

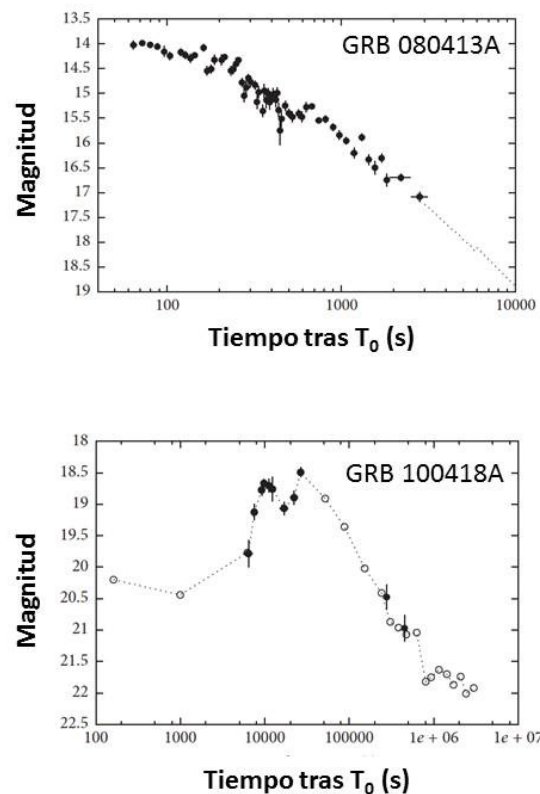


Figura 6. Ejemplos de resultados de la Red Global BOOTES en Astronomía extragaláctica. Izda.: La supernova SN2023ixf de tipo II descubierta el 20 de mayo en la galaxia M101 que está siendo monitoreada en todas las estaciones de la Red Global BOOTES en distintos filtros (crédito: Ignacio Pérez-García y Sergiy Guziy). Dcha.: Curva de luz de las postluminiscencias de dos GRBs: una más clásica, como en el caso de GRB 080413A y otra más atípica, reflejando una inyección de energía, en el caso de GRB 100418A (Jelinek et al. 2016).

CONCLUSIONES

Para el autor de esta contribución, la culminación de la Red Global BOOTES ha supuesto invertir 25 años de su vida en dicho proyecto. Sólo habiendo sido posible con el trabajo incansable de un equipo humano altamente implicado y que no ha desfallecido nunca, a pesar de no haber contado con financiación del Plan Nacional en dos años consecutivos y cuando la ha habido, en los últimos años, con un presupuesto muy inferior a los proyectos similares en otros países. En cualquier caso, hoy día, con cuatro estaciones en el hemisferio norte y tres en el hemisferio sur, siempre habrá al menos un telescopio de la Red BOOTES que cubra el cielo norte y sur, lo que redundará en una enorme eficacia en la detección de fuentes transitorias y fenómenos concretos, campos donde la Red ya ha demostrado su alta capacidad. Además, con todas las estaciones ya operativas, podemos coordinarlas como un único observatorio que cubra todo el planeta, cuyo potencial mostraremos a la comunidad internacional en el congreso de astrofísica robótica que celebraremos bianualmente y que tendrá lugar del 16 al 20 de octubre en Málaga (astrorob.iaa.es). Concebí el proyecto cuando desarrollaba mi tesis doctoral en Dinamarca hace treinta años, y para mí puedo decir con orgullo, que es un sueño hecho realidad.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo no hubiera sido posible sin la importantísima contribución del resto de maravillosos miembros de la actual colaboración de la Red BOOTES en nuestro país: Youdong Hu, Emilio Fernández-García, Ignacio Pérez-García, Francisco Rendón, Sergiy Guziy, María D. Caballero-García, Rubén Sánchez-Ramírez e Ignacio Olivares (todos IAA-CSIC Granada), Irene M. Carrasco-García (SMA, Málaga), Alberto Castellón, Carlos Pérez del Pulgar, Antonio J. Reina Terol y Sebastián Castillo-Carrión (todos de la Univ. de Málaga) y de las muchas otras personas implicadas en el INTA-CEDEA y en el IHSM La Mayora/UMA-CSIC. Tampoco hubiera sido posible sin los científicos y tecnólogos estantes en otros países de la red ni sin las personas involucradas estos años atrás (todos citados en bootes.iaa.es). El apoyo de las instituciones españolas (en orden cronológico del mismo): Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Universidad de Huelva (UHU), Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), Instituto de Hortofruticultura Subtropical

y Mediterránea La Mayora (IHSM/UMA-CSIC), Universidad de Valencia (UV) y Universidad de Málaga (UMA), también ha resultado fundamental, así como la financiación resultante de los distintos proyectos a nivel estatal (del Ministerio de turno con sus variables denominaciones en este tiempo) y autonómicos (de la Junta de Andalucía) y de los que ha bebido este proyecto durante estos 25 años. Y por supuesto, sin el apoyo continuado todos estos años de mi familia: padres, hermanos, esposa e hijo, a quienes tanto debo.

REFERENCIAS

- B.P. Abbott et al. Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger. *The Astrophysical Journal* 848, L12 (2017). <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/aa91c9/pdf>
- M.D. Caballero-García et al. Early optical follow-up of the nearby active star DG CVn during its 2014 superflare. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 452, 4195 (2015) academic.oup.com/mnras/article/452/4/4195/1062524
- A.J. Castro-Tirado et al. The Burst Observer and Optical Transient Exploring System (BOOTES). *Supplement* 138, 583 (1998). DOI: <https://doi.org/10.1051/aas:1999362>
- A.J. Castro-Tirado et al. A very sensitive all-sky CCD camera for continuous recording of the night sky. *Advanced Software and Control for Astronomy II*. Edited by Bridger, Alan; Radziwill, Nicole M. *Proceedings of the SPIE*, Volume 7019, article id. 70191V, 9 pp. (2008). <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/7019/1/A-very-sensitive-all-sky-CCD-camera-for-continuous-recording/10.1117/12.789361.short>
- A.J. Castro-Tirado et al. The Global Robotic Telescopes Intelligent Array for e-Science (GLORIA), *Rev. Mexicana de Astronomía y Astrofísica (Serie de Conferencias)*, 45, 104 (2014) http://www.astroscu.unam.mx/rmaa/RMxAC..45/PDF/RMxAC..45_file7-01.pdf
- A.J. Castro-Tirado et al. Very-high-frequency oscillations in the main peak of a magnetar giant flare. *Nature* 600, 621 (2020) <https://www.nature.com/articles/s41586-021-04101-1>
- A.J. Castro-Tirado et al. The Use of Robotic Telescopes in the Science-IES Project in Spain. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (Serie de Conferencias)* 53, 151 (2021) http://www.astroscu.unam.mx/rmaa/RMxAC..53/PDF/RMxAC..53_Castro-Tirado-Caceres-XXIX.pdf

El autor de esta contribución, el día 14 de febrero de 2023, cuando se anunció la completitud de la Red Global BOOTES, junto al astrógrafo de 28 cm de diámetro del observatorio BOOTES-1, sito en la Estación de Sondeos Atmosféricos del INTA-CEDEA en Mazagón (Huelva). Fotografía: Beatriz Lucía Montes Cantero.



- A.J. Castro-Tirado et al. GRB 130606A within a low metallicity sub-DLA at redshift 5.91, *Astronomy and Astrophysics*, en prensa (2023). <https://arxiv.org/pdf/1312.5631.pdf>
- R. Gupta et al. Observational Properties of TeV detected GRB 180720B and GRB 190829A. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (Serie de Conferencias)* 53, 113 (2021). http://www.astroscu.unam.mx/rmaa/RMxAC..53/PDF/RMxAC..53_Gupta-XXII.pdf
- Y.-D. Hu et al. The Burst Observer and Optical Transient Exploring System in the multi-messenger astronomy era. *Frontiers in Astronomy* 10, 2887H (2023). DOI: [10.3389/fspas.2023.952887](https://doi.org/10.3389/fspas.2023.952887)
- M. Jelínek et al. A Decade of GRB Follow-Up by BOOTES in Spain (2003–2013) *Advances in Astronomy* 2016, 1928465 (2016). <https://www.hindawi.com/journals/aa/2016/1928465/>
- L. Lin et al. No pulsed radio emission during a bursting phase of a Galactic magnetar, *Nature* 587, 63 (2020). <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2839-y>
- M. C. López-Casado et al. Observation scheduling and simulation in a global telescope network. *Future Generation Computer Systems* 95, 116 (2019). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X18317503>
- O. Rabaza et al. Compact low resolution spectrograph, an imaging and long slit spectrograph for robotic telescopes. *Review of Scientific Instruments* 84, 114501-114501-9 (2013). <https://pubs.aip.org/aip/rsi/article/84/11/114501/358750/Compact-low-resolution-spectrograph-an-imaging-and>
- B. Sicardy et al. Pluto's Atmosphere from the 2015 June 29 Ground-based Stellar Occultation at the Time of the New Horizons Flyby, *Astrophysical Journal* 819, L38 (2016). <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8205/819/2/L38>
- J. M. Trigo-Rodríguez et al. 2007 fireball activity imaged by the Spanish Fireball Network: identifying meteorite delivery sources. *European Planetary Science Congress 2008, Proceedings of the conference held 21-25 September, 2008 in Münster, Germany*, p. 727 (2008). <http://meetings.copernicus.org/eps2008>