

# el observador de estrellas dobles

# 20

enero · junio de 2018

Presentación de resultados con  
errores en las medidas  
de estrellas dobles

Antonio Egea

Medidas de estrellas dobles  
con Lucky Imaging

Lluís Ribé

¡nuevo!



PROYECTO

# SEDA

## WDS

el regreso del proyecto  
de observación de dobles  
por excelencia

# Las otras dobles

por Juan-Luis González Carballo

FUERA DE FOCO

## Amadeo Aznar

escribe  
en OED



SECCIÓN

¿por qué observo  
estrellas dobles?

CON

Giuseppe Donatiello



## índice

## ACTUALIDAD

## Editorial | 3

Noticias de actualidad | 4  
por *Francisco M. Rica*

Noticias Comisión G1 de la UAI | 8  
por *Edgardo R. Masa Martín*

## SEDA-WDS

Presentación de la nueva campaña del Proyecto SEDA-WDS | 9

## OBSERVACIÓN

Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica de *Lucky Imaging* | 12  
por *Lluís Ribé*

Medidas de estrellas dobles y presentación de resultados con errores | 18  
por *Antonio Egea*



## DIVULGACIÓN

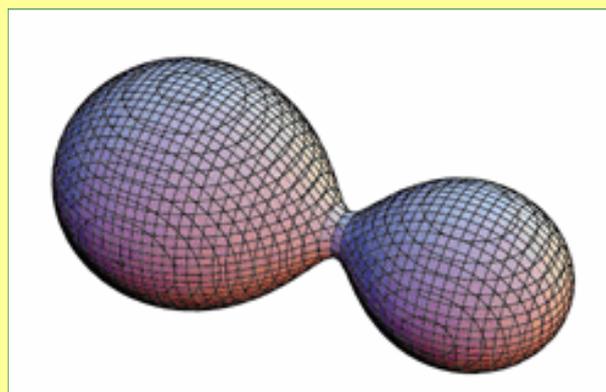
Las otras dobles: las binarias eclipsantes | 23  
por *Juan-Luis Glez. Carballo*

## ¿POR QUÉ...?

¿Por qué observo estrellas dobles? | 31  
*Firma invitada: Giuseppe Donatiello*

## FUERA DE FOCO

EURONEAR | 35  
*Firma invitada: Amadeo Aznar*



## condiciones de publicación

Cualquier trabajo **relacionado con la astronomía de las estrellas dobles** es bienvenido para ser publicado en **El Observador de Estrellas Dobles (OED)**. Los interesados deben atenerse a las siguientes pautas:

- Se aceptará cualquier tipo de trabajo que tenga relación con las estrellas dobles, independientemente de la temática que aborde.
- Los trabajos deberán remitirse a cualquiera de los editores a través de los correos electrónicos que figuran en la parte inferior de la página siguiente.
- Se remitirán archivos de texto en formato Word o similar. Se agradece que vengán corregidos ortografía y sintácticamente. No hay que dar formato al texto (sin columnas ni tipografía especial).
- Se deberán adjuntar las imágenes o dibujos que se desean publicar, preferentemente insertados en el texto.
- En la cabecera del artículo deberán figurar los siguientes datos: nombre y apellidos del autor, agrupación o asociación astronómica a la que pertenezca y dirección de correo electrónico.
- Los artículos deberán venir precedidos por un breve resumen del contenido del mismo (4 líneas) en inglés y en español.
- OED tendrá una periodicidad semestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de mayo de 2018.
- En la web de OED se puede encontrar una guía con las instrucciones de formato y estilo para publicar en la revista (<http://elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com>), rogamos a los interesados leerlas con atención.

Un año más, como un regalo traído por los Reyes Magos, tienes en tus manos un nuevo ejemplar del **el observador de estrellas dobles**. Un número realmente especial en el que pretendemos incentivar y fomentar la observación de todos los aficionados ampliando los objetos que podemos observar.

Como descubrirás en las páginas centrales, Juan-Luis González Carballo nos hace una puesta a punto sobre las binarias eclipsantes, estrellas que han caído siempre en el campo de estudio de los aficionados a las variables, pero que obviamente su carácter binario hace de ellas que deban ser protagonistas indiscutibles de nuestra revista. De este modo, proponemos que las observes y que en próximos números puedan aparecer trabajos de caracterización y observación de nuestras queridas eclipsantes.

Otra de las propuestas que hemos querido rescatar es el proyecto SEDA-WDS que tanto éxito tuvo hace algunos años entre nuestros lectores. Con la idea de que todos podamos participar hemos incluido sistemas, por lo general no observados desde hace algunas décadas, para todos los equipos y configuraciones. Desde parejas fáciles asequibles a los equipos más modestos, hasta estrellas dobles únicamente observadas por el satélite Hipparcos en 1991 y que necesitarán de la técnica de lucky imaging. Desconocemos en la actualidad cuál habrá podido ser su evolución y esto es lo que hace tan atractivo este proyecto. Del mismo modo, también hemos incluido en el listado parejas que por su naturaleza astrofísica merecen ser observadas y estudiadas con todo detalle, nos referimos a los sistemas orbitales y parejas de alto movimiento propio común que siempre son tan llamativas en su recorrido sobre el cielo estrellado. Esperamos que sea del agrado de todos.

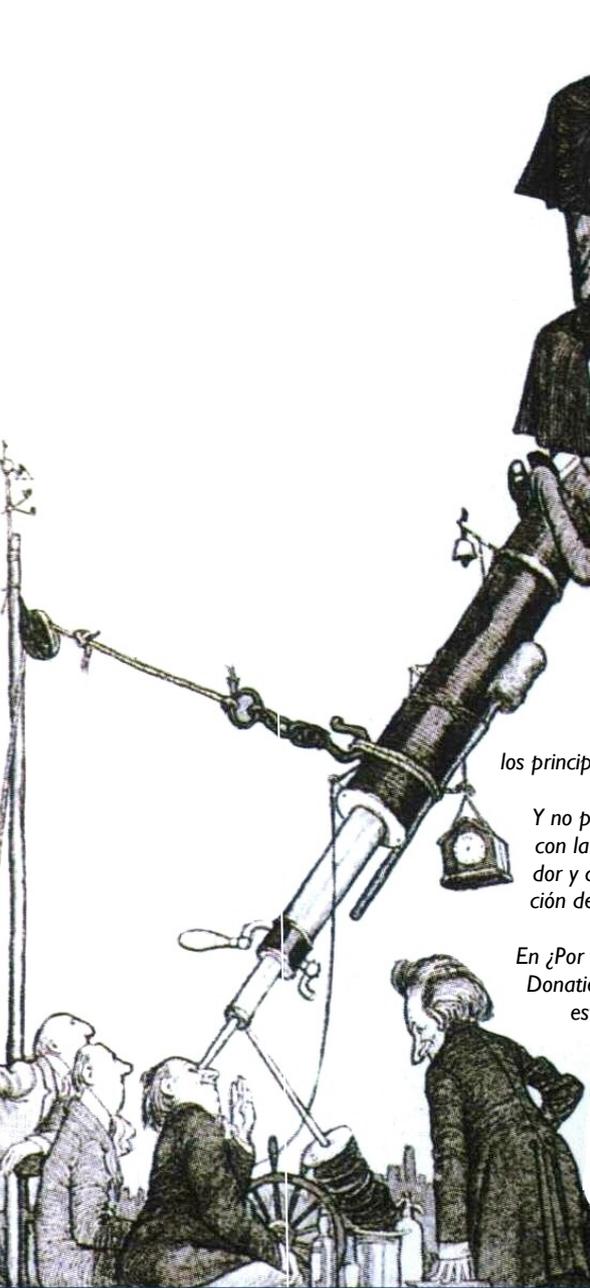
Francisco Rica nos pone al día con las noticias de Actualidad, comentándonos todos los trabajos y artículos sobre estrellas binarias publicados recientemente. En las noticias de la comisión GI de la Unión Astronómica Internacional, Edgar R. Masa nos ofrece un regalo realmente muy especial como son algunas de las obras firmadas por F.G.W. Struve, un auténtico tesoro editado en la primera mitad del siglo XIX y que constituye uno de los principales pilares de nuestra afición.

Y no podían faltar los trabajos de medidas astrométricas. En este caso disfrutamos de los resultados obtenidos con la técnica de Lucky Imaging obtenidos por Luis Ribé y además contamos también con un nuevo observador y colaborador, Antonio Egea, que nos hace especial hincapié en el cálculo de los errores en la presentación de medidas.

En ¿Por qué observo estrellas dobles? contamos con un invitado muy especial procedente de Italia, Giuseppe Donatiello. Y en la sección Fuera de Foco, Amadeo Aznar nos presenta uno de los proyectos punteros en el estudio de asteroides cercanos a la Tierra: EURONEAR, donde están obteniendo unos resultados absolutamente impresionantes.

Los editores de la revista os deseamos un feliz año 2018 con cielos claros y despejados lleno de observaciones de estrellas dobles. ☺

¡Gracias a todos!  
LOS EDITORES



**director honorífico**

**editores**

**sitio web  
colaboradores**

**Sr. D. José Luis Comellas García-Llera**

Rafael Benavides Palencia  
Juan-Luis González Carballo  
Edgardo R. Masa Martín

rafaelbenpal@gmail.com  
struve1@gmail.com  
ermasa.dsa@gmail.com

[www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com](http://www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com)

Florent Losse, Rafael Caballero, José Martín Carro, Francisco Violat Bordonau, Juan Jordano, Francisco M. Rica, Carlos A. Krawczenko, Martine Castets, Bernard Tregon, Ángel M. López Borrega, Jesús R. Sánchez, Óscar Lleixà Subirats, Paco Bellido, Ignacio Novalbos, Ángel R. López, Angel Otero, Juan M.ª Díaz, Tomás Vázquez, Miguel Muro, Ángel Gómez Roldán, Javier Armentia, Margarita Granada, Pablo Santos Sanz, Israel Tejera Falcón, Josefina F. Ling, Rainer Antón, Brian D. Mason, David Galadí, Juan Lendínez, Antonio Agudo Azcona, Lluís Ribé de Pont, Germán Bresciano, Giuseppe Micello, J. A. Docobo, Carlos Alberto Lasgoity, T. Tobal, X. Miret, Francisco Soldán Alfaro, David Cejudo, Enrique de Ferra, Faustino García, Javier M. López Cuñat, Roberto Vasconi, Julio Castellano, W. Hartkopf, Luis Lahuerta, Salvador Lahuerta, José Antonio Caballero, Joerg Schlimmer, Mark Kidger, Gianni Galli, Manuel J. del Valle, Fco. Gutiérrez Turpin, Oleg Malkov, Vladimir Surdin, Giuseppe Donatiello, Marcel Fay, David Chiron, Blanca Troughton, Carme Jordi, Enzo de Bernardini, Amadeo Aznar, A. Egea

con el apoyo de

## Pares de co-movimientos separados en el catálogo GAIA-DR1

■ La parte principal del catálogo GAIA-DR1 es la solución astrométrica Tycho-GAIA (más conocido como TGAS), compuesta por unos 2 millones de estrellas del Tycho-2 mejorando las paralajes y movimientos propios. La precisión astrométrica mejorada presenta una oportunidad para encontrar nuevas estrellas binarias y grupos de movimiento. Un equipo de astrofísicos norteamericanos buscó pares con grandes posibilidades de tener co-movimiento identificando estrellas con la misma velocidad 3D distinguiendo pares de co-movimiento de estrellas de la población de campo. Los astrónomos encontraron 13.085 pares de estrellas con co-movimiento con separaciones de hasta 10 pc (el límite de búsqueda del estudio). Muchos de estos pares se encuentran en cúmulos abiertos y asociaciones OB conocidas, pero también informaron del descubrimiento de nuevos grupos de estrellas con co-movimiento. Más sorprendentemente, los astrónomos descubrieron un gran número de binarias muy separadas ( $> 1$  pc) y compilaron un catálogo de pares de estrellas con muchas posibilidades de tener co-movimiento. [Oh S. et al., Junio 2017, AJ, 153, 257] ©



Figura 1. Gaia es una misión espacial de astrometría, y sucesora de la misión Hipparcos de la ESA. Crédito: <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dr1>

## Nuevas órbitas basadas en interferometría Speckle desde el SOAR

■ El conocido astrónomo Andrei Tokovinin (Cerro Tololo Inter-American Observatory) ha presentado las órbitas de 44 binarias visuales cerradas y rápidas, calculadas en base a las observaciones speckle. Entre ellas, 23 órbitas han sido determinadas por primera vez y el resto son revisiones, algunas de ellas importantes. Para 6 órbitas se usaron medidas de velocidad radial, además de

las medidas astrométricas. La mediana de los periodos orbitales es de sólo 15,6 años y el periodo más corto es de ¡sólo 1 año! La mayoría de las estrellas son enanas cercanas de tipo tardío. Las observaciones astrométricas se obtuvieron desde el telescopio SOAR (Southern Astrophysical Research). [Tokovinin. A., Septiembre 2017, AJ, 154, 110T] ©

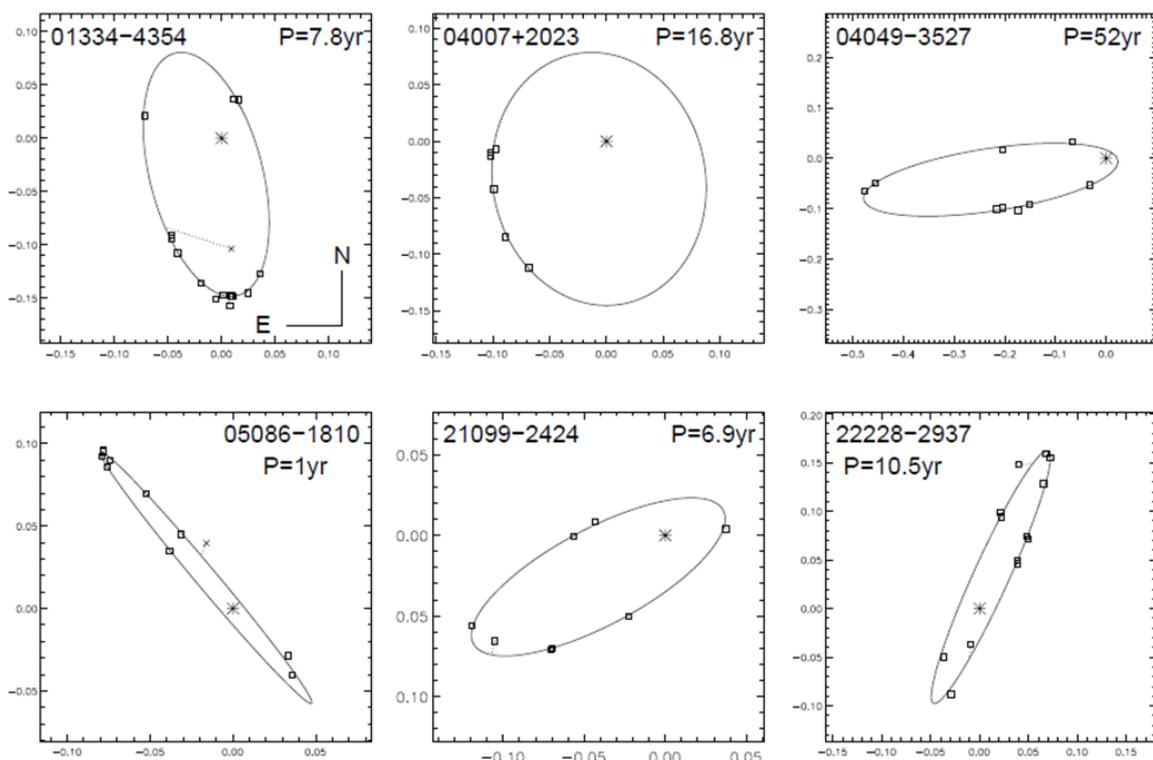


Figura 2. Nuevos cálculos orbitales publicados recientemente por un equipo de astrónomos liderados por A. Tokovinin. Crédito: [https://www.researchgate.net/publication/318958898\\_New\\_orbits\\_based\\_on\\_speckle\\_interferometry\\_at\\_SOAR\\_II](https://www.researchgate.net/publication/318958898_New_orbits_based_on_speckle_interferometry_at_SOAR_II)

## Masas de binarias conocidas formadas por enanas marrones

■ A la distancia de 2 pc, una de las binarias de enanas marrones más cercanas, Luhman 16 AB, ha sido muy estudiada desde hace 3 años y aún así, datos tan fundamentales como la masa de cada una de las estrellas todavía no se ha determinado con precisión. En este trabajo un numeroso equipo de astrónomos ha presentado la órbita astrométrica completa y el movimiento baricéntrico de Luhman 16 AB y la primera medición precisa de las masas de cada una de las estrellas. Para ello utilizaron observaciones de archivo realizadas durante 31 años de varias fuentes (ESO Schmidt Telescope, DENIS, etc.). Finalmente incluyeron tres medidas de velocidad radial de las dos componentes que cubren 1 año de observación. Con toda esta información los astrónomos utilizaron un algoritmo Markov Chain Monte Carlo para ajustar un modelo de 16 parámetros (incluyendo parámetros de la órbita mutua y del movimiento baricéntrico) y así limitar las masas individuales a 27,9 masas de Júpiter para la enana de tipo T y 34,2 masas de Júpiter para la enana L (errores entre 1,0 y 1,3 masas de Júpiter). Los resultados (las mediciones, relaciones de las masas y movimiento baricéntrico) son consistentes a los resultados de otros trabajos. [García, E. V. et al., Agosto 2017, arXiv170802714G] ©

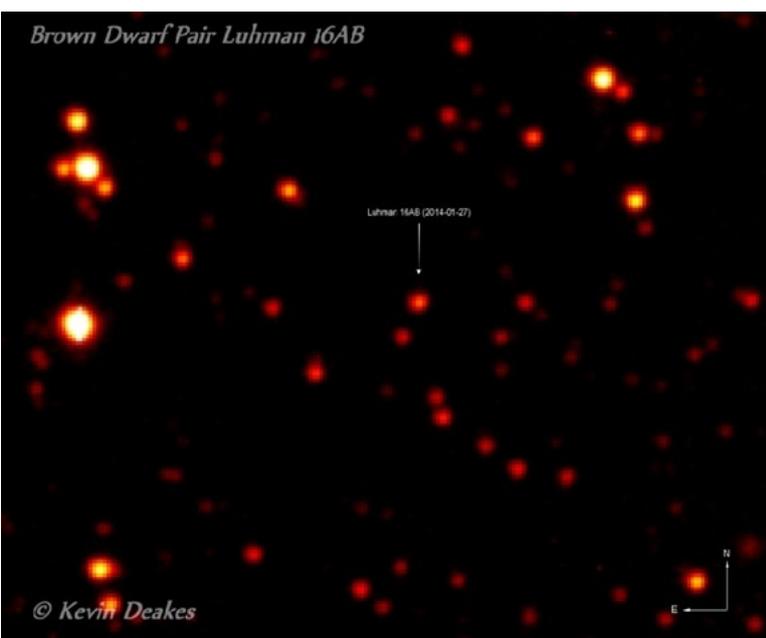


Figura 3. La cercana binaria Luhman 16 AB formada por enanas marrones. Créditos: [http://spaceweathergallery.com/indiv\\_upload.php?upload\\_id=94067](http://spaceweathergallery.com/indiv_upload.php?upload_id=94067)

## Nuevas visita al sistema AB Doradus: las masas dinámicas de sus estrellas

■ El estudio de las estrellas pre-secuencia principal (PMS) con mediciones de sus masas independientes de un modelo físico son esenciales para validar los modelos teóricos sobre evolución estelar. La famosa estrella PMS y binaria AB Doradus es una importante piedra angular para esta tarea, ya que muestra intensas emisiones de radio lo cual hace posible la aplicación de técnicas astrométricas de alta precisión.

Un equipo internacional de astrónomos, con una fuerte presencia de españoles de la Universidad de Valencia, ha presentado un estudio en el que se visita al sistema AB Doradus para refinar comparaciones anteriores de las medidas de parámetros estelares con la predicción de modelos estelares.

Las observaciones astrométricas realizadas por estos astrónomos usando un radiotelescopio fueron analizadas junto con medidas anteriores realizadas con el VLBI, con el satélite Hipparcos y otras medidas infrarrojas.

Las masas dinámicas obtenidas en base al movimiento orbital, han sido de  $0,90 \pm 0,08 M_{\odot}$  y  $0,090 \pm 0,008 M_{\odot}$ , para AB Dor A y AB Dor C. Comparaciones con modelos de evolución estelar indican una edad de 40-50 millones de años para AD Doradus A y de 25-120 millones de años para AB Doradus C. Se comprobó que los modelos teóricos tienden a infravalorar levemente las masas de las estrellas de baja masa. [Azulay, R. et al., Octubre 2017A&A...607A..10A] ©

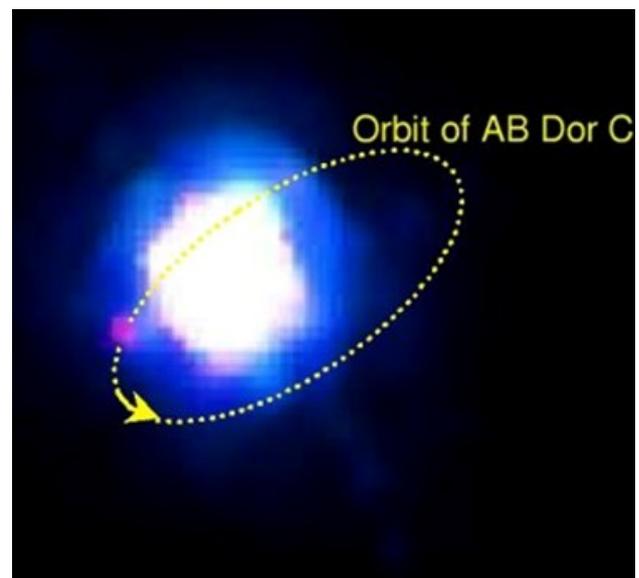


Figura 4. Órbita del sistema AB Dor C.

## Formación de binarias separadas a partir de núcleos adyacentes

■ El conocido astrofísico Andrei Tokovinin (Cerro Tololo Inter-American Observatory) realizó un trabajo sobre la formación de binarias separadas.

Los pares de estrellas separados y gravitacionalmente unidos se pueden formar a partir de núcleos pre-estelares que se mueven lo suficientemente lentos unos con respecto a otros. Estas binarias son remanentes de procesos primordiales de la formación de cúmulos. Los astrónomos observan que en regiones de formación de baja densidad estelar, la fracción esperada de pares separados gravitacionalmente unida puede ser mayor que la fracción de pares separados en el campo estelar. Sin

embargo las binarias separadas no se forman ni sobreviven en cúmulos densos. Recientes trabajos sobre la distribución de separación de binarias jóvenes, resumidos en el trabajo de A. Tokovinin, lo confirma.

Mecanismos alternativos de formación de binarias separadas, tales como la disolución de cúmulos o la disgregación de sistemas triples, no pueden explicar la gran fracción de pares separados jóvenes que se han observado, y por tanto no son mecanismos dominantes. [Tokovinin, A., Julio 2017, MNRAS, 468, 3461T] ©

## Nuevas binarias en la asociación estelar Epsilon Cha

■ Los astrónomos Briceno y Tokovinin han presentado observaciones astrométricas mediante interferometría speckle de 47 estrellas jóvenes de la asociación estelar Epsilon Cha. Para ello usaron un telescopio de 4,0 metros observando en banda I. Resolvieron diez nuevas binarias, además observaron otras cinco y dos sistemas triples previamente conocidos. La frecuencia de binarias detectadas en la asociación estelar es similar a la de la secuencia principal en el campo estelar. Los astrónomos analizaron las binarias, tanto las nuevas como las conocidas y observadas en este trabajo. Los movimientos observados en el sistema triple Epsilon Cha, compuesta por tres estrellas de tipo similar a B9V, pueden ser descritas con órbitas de periodos entre 13 y 900 años, con grandes inclinaciones mutuas entre las tres componentes estelares. [Briceno, C. & Tokovinin, A., Septiembre 2017, 2017arXiv170905044B] ©

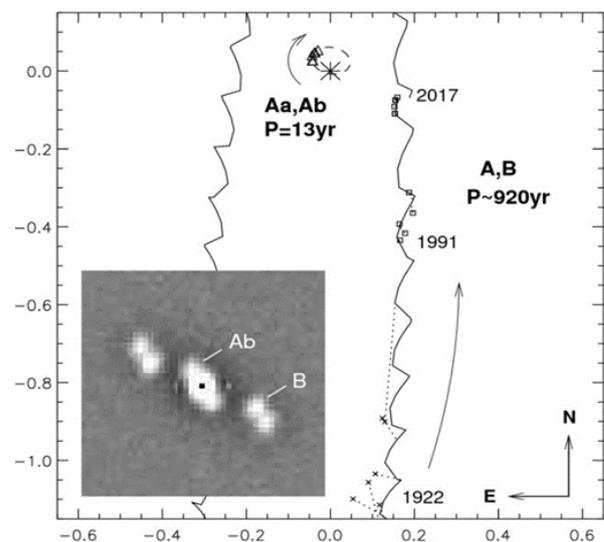


Figura 5. Órbita del sistema triple Epsilon Cha, compuesta por estrellas de tipo similar a B9V. Crédito: <http://arxiv.moonhats.com/2017/09/18/new-binaries-in-the-epsilon-cha-association-ssa/>

## Binarias separadas en el cúmulo Sigma Orionis resueltas con UKIDSS

■ A pesar de la importancia del estudio de la formación estelar para todo el rango de masas, el joven cúmulo cercano Sigma Orionis todavía adolece de un estudio comprensible de multiplicidad. Un equipo de astrónomos profesionales y no-profesionales compuesto por los españoles J.A. Caballero, I. Novalbos, T. Tobal y F. X. Miret, ha intentado cubrir ese hueco observacional buscando binarias separadas con separaciones angulares entre 0,4 y 4,0 segundos de arco. Buscaron en total compañeras alrededor de 331 miembros catalogados o candidatos del cúmulo. Para ello usaron las imágenes de estudio UKIDSS en la banda K, situadas a más de un minuto de arco del sistema Sigma Ori.

De los 18 pares de estrellas identificadas, 10 tienen muchas posibilidades (>99%) de no ser una

alineación casual y por tanto son consideradas en este trabajo como pares físicos. Cuatro de estos pares son nuevos, mientras que los otros 6 habían sido descubiertos previamente. La separación física proyectada y la diferencia de magnitud de los 10 pares probablemente unidos gravitacionalmente, oscila entre los 180 y los 1220 UA y desde los 0,0 hasta las 3,4 magnitudes en banda K.

Determinaron la frecuencia de multiplicidad para separaciones proyectadas  $s = 160-1600$  UA en el cúmulo Sigma Orionis de un 3% aproximadamente (teniendo en cuenta todos los sistemas conocidos, incluso binarias espectroscópicas, este porcentaje sube al 10%). También descubrieron un sistema formado por una gigante azul y una estrella tipo T-Tauri (sistema Lindroos). [Caballero, J. A. et al., 2017arXiv170700436C] ©

## Imágenes de alta resolución de sistemas planetarios de tránsitos. Observaciones *lucky imaging* en 2015-2016.

■ Actualmente se debate la formación e historia dinámica de los planetas jupiteres calientes y las binarias estelares separadas se han sugerido como un potencial medio de formación. Además, la contaminación de compañeras binarias y estrellas no asociadas físicamente puede sesgar significativamente los resultados de los estudios de la caracterización, pero puede ser corregido si las propiedades de las estrellas contaminantes son conocidas. Los astrónomos realizaron una búsqueda de compañeras binarias de estrellas con exoplanetas en tránsitos, con el objetivo de determinar la multiplicidad de estrellas con jupiteres calientes. También caracterizaron estrellas no asociadas físicamente permitiendo que las observaciones fotométricas y espectroscópicas sean corregidas.

Los astrónomos también analizaron imágenes *lucky imaging* de 97 estrellas con exoplanetas del hemisferio Sur. Para ello usaron el telescopio Danés de 1,54 metros. En cada compañera detectada, determinaron para dos bandas fotométricas, la relación del flujo relativo a la estrella con exoplanetas. También midieron la posición relativa de las estrellas. Para determinar la probabilidad de estar físicamente ligada a la estrella con exoplaneta se usó fotometría de dos colores.

En compañeras con posibilidad de tener relación física, revisaron los archivos y catálogos para obtener más evidencias. En WASP-77AB y WASP-85AB los astrónomos combinaron sus medidas con medidas históricas para determinar las órbitas binarias. [D. F. Evans et al., Septiembre 2017, arXiv170907476E] ©

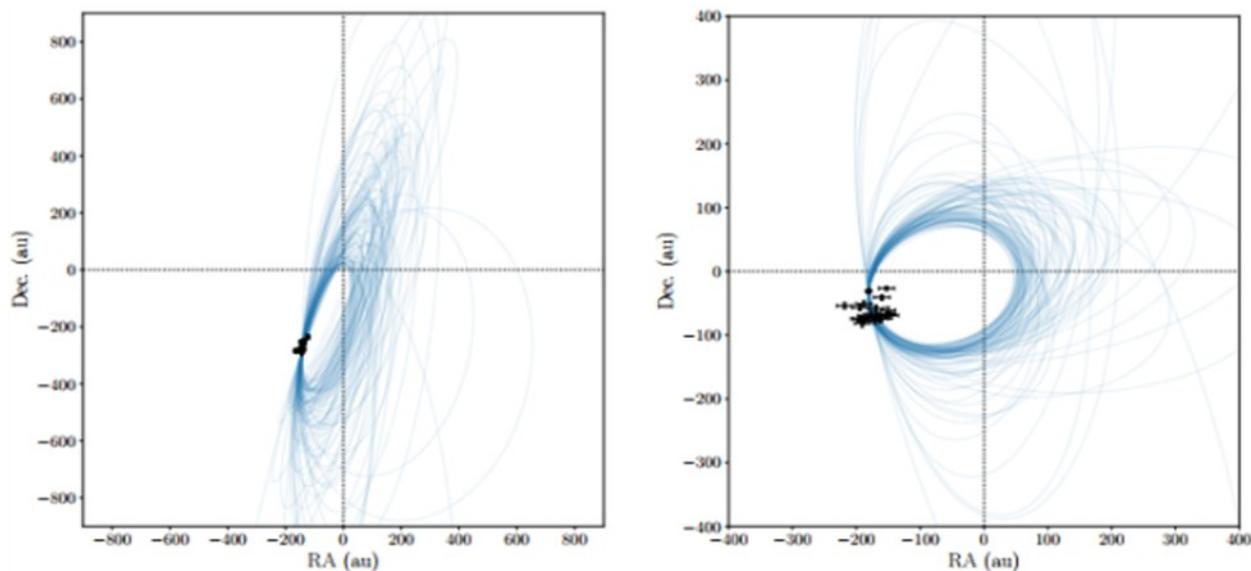


Figura 6. Las binarias con exoplanetas WASP-77 y WASP-85 cuyas posibles soluciones orbitales han sido recientemente estudiadas por astrónomos profesionales. Los símbolos negros son las posiciones de la estrella secundaria con respecto a la estrella principal (en el centro de coordenadas). Crédito: <https://wasp-planets.net/tag/wasp-77/>.

Noticias de la Comisión G1 de la Unión Astronómica Internacional  
Sistemas Estelares Binarios y Múltiples



por Edgardo Rubén Masa Martín  
Miembro Asociado de la Comisión G1 de la UAI

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION  
COMMISSION G1 (BINARY AND MULTIPLE STAR SYSTEMS)  
DOUBLE STARS INFORMATION CIRCULAR No. 193 (OCTOBER 2017)

Fieles a la periodicidad establecida, los astrónomos J. A. Docobo y J. F. Ling del Observatorio Astronómico Ramón María Aller, publicaron en octubre de 2017 la circular informativa n.º 193 de la Comisión G1.

En esta edición se incluyen 73 nuevas órbitas de sistemas binarios publicadas por los equipos habituales de astrónomos expertos en este tipo de cálculos. Remarcar que una de estas órbitas que se incorpora al catálogo –en concreto la de HDS 7– ha sido calculada por nuestro compañero Francisco Rica Romero.

Interesante también la órbita calculada por Scardia *et al.* para BU 941AB, sistema olvidado por los observadores desde 1993. El lento movimiento orbital fue detectado al observar el sistema mediante interferometría speckle el 2 de junio de 2017, situándose la secundaria en el cuarto cuadrante. Hace 24 años, en la observación de 1993, la compañera se encontraba en el segundo cuadrante, hecho que sugiere que está girando alrededor de la estrella principal habiendo pasado por el periastro. El periodo calculado es de casi 657 años. Resultará muy interesante su observación en los próximos años.

Mason y Hartkopf, como en habituales ediciones, continúan realizando ajustes lineales en sistemas con evidente movimiento relativo rectilíneo. En esta ocasión se ha añadido el par BUP 158 al catálogo correspondiente. Asimismo se dan a conocer cinco nuevas estrellas dobles, la mayoría cerradas, descubiertas por Marco Scardia y Kacper Wierzechos.

<http://ad.usno.navy.mil/wds/bsl/cir193.pdf>



## Digitalización de las obras de Struve

Muy relevante el anuncio de que el Observatorio Astronómico de Brera (Italia) ha escaneado dos de las obras originales más importantes de F. G. W. Struve (1793-1864), más otra de su hijo Otto (un catálogo con 512 nuevas estrellas dobles), las tres conservadas en su biblioteca. Los correspondientes archivos PDF que se han creado a partir de las digitalizaciones son de libre acceso y pueden descargarse en la página web del observatorio a través del siguiente enlace:

<http://www.brera.inaf.it/?page=struve>



Las obras mencionadas son:

1. Stellarum Duplicium et Multiplicium Mensurae Micrometricae... (1837)
2. Additamentum in F.G.W. Struve Mensuras Micrometricas... (1840)
3. Catalogue de 514 étoiles doubles et multiples decouvertes... (1843)

La popularización de estos trabajos, sin duda pilares fundamentales de la historia de la astronomía de las estrellas dobles, es una iniciativa con un valor trascendental para todos aquellos estudiosos interesados en la evolución de esta disciplina astronómica tan importante astrofísicamente. Efectivamente, el tener acceso directo a las obras originales de los autores más relevantes, en nuestra propia casa y con un simple clic, es una facilidad con un valor incalculable. Según esta filosofía, desde OED apoyamos la idea de que en el futuro el Observatorio de Brera tenga previsto escanear otra de las obras de Struve, *Catalogus Novus Stellarum Duplicium et Multiplicium*, además de los volúmenes de mediciones de estrellas dobles realizadas por otros dos grandes pioneros observadores: G. V. Schiaparelli y E. Dembowski.





LOS EDITORES DE OED queremos iniciar el año astronómico **relanzando un veterano proyecto observacional de estrellas dobles** que vio la luz en 2010 y que estuvo activo durante cuatro años consecutivos, recopilando observaciones en ambos hemisferios. Como el lector ya habrá intuido, nos referimos a nuestro querido **Proyecto SEDA-WDS**. Durante su tiempo de vigencia se obtuvieron muy importantes resultados, totalizándose más de 600 medidas de estrellas dobles y descubriéndose un buen puñado de nuevos pares. Todos estos datos descansan ya en el Catálogo WDS englobados bajo el código SDA.

Creemos que este es el momento idóneo para poner de nuevo en marcha el proyecto. En los ocho años transcurridos la tecnología instrumental ha avanzado considerablemente y **cualquier amateur con los equipos actuales puede ofrecer resultados profesionales** a la comunidad astronómica sin mucho esfuerzo. Ahora, además, utilizando técnicas de alta resolución (interferometría speckle y lucky imaging), ya totalmente asequibles al doblista no profesional, es sencillo traspasar la barrera del segundo de arco y acceder a los pares más cerrados que son a la vez los más interesantes astrofísicamente hablando. Ya sabemos que el campo de las estrellas dobles es uno de los más agradecidos y permite **establecer una relación Pro-Am** de manera directa. Se necesitan medidas de estrellas dobles y podemos hacer ciencia desde nuestra casa con un mínimo de rigor metodológico.

Emplazamos pues de nuevo a la legión de doblistas que en aquel tiempo dieron respuesta a nuestro llamamiento **involucrándose de lleno en la observación** con la certeza de que la andadura

que reiniciamos sea acogida –otra vez– con el máximo interés.

Para justificar los objetivos de SEDA-WDS hemos querido rescatar el texto original que en su día redactamos y que es cabecera de la web del proyecto. Eso sí, **adaptando cuando sea necesario aquella primera idea a las nuevas características y peculiaridades** que serán propias de esta nueva versión.

### Los objetivos

El Washington Double Star Catalog (WDS), el catálogo de referencia mundial en este campo, es mantenido y administrado por el Observatorio Naval de los EE.UU. (USNO). En él se catalogan más de 142000 estrellas dobles y múltiples y está en constante actualización, en base a medidas remitidas por observatorios profesionales y, sobre todo, por astrónomos amateur que, de esta manera, **desarrollan un interesante proyecto de colaboración Pro-Am de primer nivel**. Además, el número de estrellas que aparecen publicadas en el WDS aumenta cada día en base a descubrimientos recientes, la mayoría de ellos realizados por esos dedicados astrónomos aficionados.

No obstante, como ocurre en todos los catálogos tan extensos, son **muchas las estrellas dobles que requieren una revisión de sus datos**. Teniendo presente que buena parte de las estrellas allí publicadas pertenecen a descubrimientos de observadores históricos (algunos de los cuales realizaron sus observaciones hace dos siglos) y, sobre todo, debido al enorme número de estrellas allí listadas, muchas de las dobles del WDS se consideran abandonadas (neglected): son estrellas que no han sido confirmadas y/u observadas hace más de 20 años (algunos casos son especialmente llamativos: no se miden

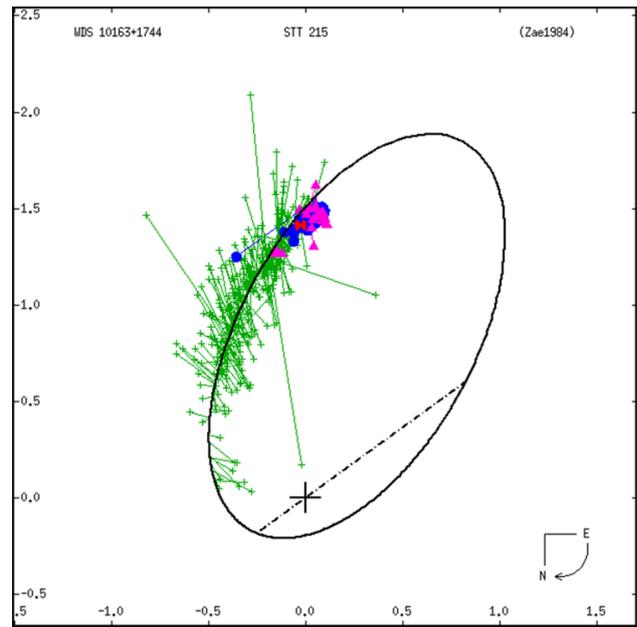
desde hace 200 años).

El proyecto SEDA-WDS (Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas del WDS) pretende, por tanto, realizar una importante aportación de cara a la actualización de los datos que aparecen en el WDS. Con una periodicidad semestral se pondrá la realización de la astrometría relativa de los pares de una cierta constelación y por sus peculiaridades ofrezcan un especial interés a nivel astrofísico, y siempre, con el único requisito de que puedan ser observadas y medidas por el mayor número posible de observadores.

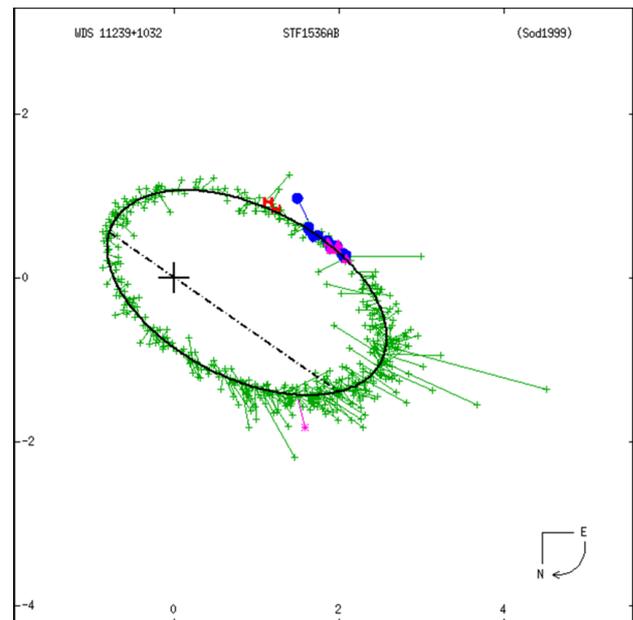
A través del presente proyecto de investigación se pretende **aunar la labor de observadores amateur** en una propuesta abierta a la cooperación internacional, pretendiendo realizar una interesante aportación a la investigación sobre el apasionante mundo de las estrellas dobles. Teniendo presente, además, que los tiempos de observación de los observatorios profesionales son muy limitados, este **es un trabajo que recae de forma casi exclusiva en la labor callada y constante de astrónomos no profesionales**.

Los criterios de selección para confeccionar las listas de estrellas dobles a observar han variado ligeramente con respecto a la primera versión de SEDA-WDS. En esta **nueva propuesta** hemos querido que los **listados contengan pares de variadas características que puedan ser observadas por un amplio abanico de observadores**. De esa forma se incluyen pares cerrados y olvidados, a veces sin confirmar, muy indicados para aprovechar al máximo toda la potencia y la precisión de las técnicas de alta resolución y los modernos equipos de los observadores más exigentes. De igual modo habrá también estrellas dobles más fáciles con separaciones mayores y más fáciles de localizar destinadas a los doblistas más noveles. La idea general es que las **parejas sean abandonadas**, considerando como tales a aquellas que **llevan sin observarse al menos 20 años**. Sin embargo, **en esta nueva edición habrá excepciones** y es que por su interés propondremos pares de rápido movimiento propio común (parejas LDS) y ciertos sistemas orbitales que, a pesar de ser conocidos, todo el mundo debería observar por su acusado atractivo astrofísico. En definitiva, **habrá sistemas para todos los equipos y combinaciones de cámaras posibles**.

En suma, **los objetivos** del proyecto SEDA-



Representación de la órbita de STT 215, una de las estrellas propuestas para su observación en la presente campaña de SEDA-WDS. Tiene un periodo de 670,27 años.



La otra orbital propuesta en la presente campaña es STF1536AB, que tiene un periodo de 186 años.

WDS son:

- Aportar datos actualizados al WDS.
- Participar en un proyecto de colaboración Pro-Am de primer nivel.
- Desarrollar un proyecto colaborativo entre la comunidad amateur internacional.
- Aumentar el interés por la observación y estudio de las estrellas dobles, especialmente entre aquellos que no se dedican habitualmente a este campo de trabajo.

– Fomentar el uso de las técnicas digitales que provienen del uso de las cámaras CCD para la realización de astrometría relativa de estrellas dobles y el software específico de reducción de datos.

## Campaña enero/junio 2018

En esta primera campaña hemos elegido **la constelación de Leo** y proponemos un único listado de 17 pares que será **observable desde ambos hemisferios** a lo largo de los próximos meses.

Los **coordinadores** del proyecto **se ofrecen para atender** cualquier tipo de consulta o duda que pueda surgir, además de orientar siempre que sea necesario.

**Participar es muy sencillo** y agradecemos la colaboración de todos los interesados, sean expertos doblistas o no. Para ello sólo se requiere el uso de un telescopio dotado de cámara CCD y unas mínimas nociones sobre el uso de software especializado. Un amateur especializado en cometas, asteroides, estrellas variables o cualquier otro campo de la astronomía bien puede dedicar un pequeño tiempo de su observación a este apasionante proyecto. **El plazo límite en el envío de las medidas será el próximo 1 de junio.**

Los **resultados obtenidos serán publicados en las páginas de esta revista**, seleccionada por el USNO como publicación de referencia para la admisión de datos en el WDS. Cada observador conservará la autoría de su medida dentro del proyecto. 

### CAMPAÑA ENERO/JUNIO 2018 | SEDA-WDS | LEO

Id. WDS	Desc.	Rho	Theta	Mg. A	Mg. B	Nº	Última	Coordenadas	pmA AR	pmA DEC	pmB AR	pmB DEC	Coord. precisa
09287+3055	<b>LDS3896</b>	3,9	286	12,8	13,4	4	2017	092839,39+305439,0	-013	-228	-013	-228	sí
09458+2500	<b>COU 776</b>	1,1	238	10,84	11,01	5	1991	094545,65+250029,0	-052	-014	-052	-014	sí
09473+0833	<b>TDS 553BC</b>	1,8	281	9,73	11,99	1	1991	094715,81+083315,5	-080	-033	-080	-033	sí
09561+2433	<b>TDS6906</b>	1,2	59	10,96	11,07	1	1991	095606,31+243319,2	+045	-074	+045	-074	sí
09564+1040	<b>STF1396AC</b>	3,8	276	8,79	11,1	1	1895	095622,21+103955,5	-004	-007			sí
10062+0911	<b>HEI 492</b>	1,2	98	10,95	11,27	3	1996	100612,03+091129,8	+010	-019	+010	-019	sí
10110+1834	<b>COU 287</b>	1,1	94	10,52	10,77	14	1998	101058,48+183358,6	-194	-003	-194	-003	sí
10163+1744	<b>STT 215</b>	1,5	178	7,25	7,46	434	2017	101616,05+174424,6	-007	+001	-007	+001	sí
10344+2136	<b>HU 1338AB</b>	3,5	184	7,54	13,6	2	1920	103423,24+213536,4	-004	+008			sí
10578+1314	<b>HJ 2551</b>	28,3	196	12,39	12,33	3	2001	105641,45+131433,1	+006	-028	-008	-005	sí
11033+2323	<b>A 1773</b>	2,5	44	9,31	11,5	18	1997	110319,03+232236,5	-051	+016			sí
11146-0015	<b>BAL1157</b>	3,7	328	11,57	11,8	1	1909	111433,09-001433,1	-007	+009			sí
11205+1841	<b>TDS7797</b>	6,0	251	10,58	11,61	1	1991	112029,26+184043,2	+014	+010			no
11239+1032	<b>STF1536AB</b>	2,2	96	4,06	6,71	544	2016	112355,37+103146,9	+153	-065	+153	-065	sí
11362+0318	<b>A 2777</b>	3,8	86	7,29	12,9	4	1990	113614,63+031804,4	-029	-046			sí
11489+1802	<b>LDS5742</b>	4,3	114	14,1	15,1	3	2001	114852,87+180057,9	-571	+043	-535	+027	sí
11504+1508	<b>SLE 889</b>	16,2	17	12,80	14,30	3	2001	115026,12+150731,1	-035	-015	-054	+034	sí

Toda la información sobre SEDA-WDS (incluyendo tutoriales e instrucciones, formularios de envío de medidas y la tabla de estrellas seleccionadas en formato PDF), puede consultarse y descargarse desde la web del proyecto:

<https://sites.google.com/site/sedawds/>



# Medidas de sistemas dobles cerrados Con la técnica Lucky Imaging (3ª serie)

Lluís Ribé de Pont

- Agrupación Astronómica de Sabadell (ASS), Observatorio Viamar, Badalona (Barcelona), IAU MPC C84
- Correo-e: luisribedepont@gmail.com

Presentamos la tercera serie de medidas de sistemas dobles cerrados obtenidos con la técnica de *Lucky Imaging* desde el Observatorio Viamar (Badalona).

We present the Third Series of Close Double Star measurements using Lucky Imaging technique from Viamar Observatory (Badalona).

## Introducción

RECOJO EN ESTE ARTÍCULO las observaciones que hice el 20 de junio de 2017. Había un buen *seeing*, por lo que las condiciones eran las adecuadas.

## Equipo

He utilizado un telescopio Schmidt-Cassegrain *Celestron* de 203 mm, sobre una montura ecuatorial alemana computarizada CGEM de *Celestron*. La focal del telescopio es de 2030 mm f/10, pero la he alargado con una *barlow* x 2, pasando a f/20.

Las imágenes han sido tomadas con una DMK 21AU618. Esta cámara contiene el sensor de Sony ICX618ALA, con un tamaño de píxel de 5,6  $\mu\text{m}$  x 5,6  $\mu\text{m}$ . Con esta configuración he conseguido una resolución de 0,21"/píxel.

Para paliar la turbulencia he utilizado un filtro IR.

Como telescopio guía me he servido de un refractor de 60 mm EZ-60 con una distancia focal de 230 mm.

## Obtención de imágenes

Para localizar las estrellas dobles me he ayudado del telescopio guía al que he acoplado una cámara Luna QHY-5. La imagen obtenida la he visualizado en *PHD Guiding*, un conocido programa de guiado, que con la función "*Coarse Grid*" me presenta una retícula

para situar la estrella y poder centrarla en el telescopio principal con facilidad.

Para capturar imágenes he utilizado *FireCapture*. Puede grabar tanto vídeos en formato AVI como imágenes en formato BMP y FIT. Yo trabajo con formato FIT. También permite grabar *subframes*, de modo que he seleccionado únicamente la parte donde sale la estrella.

Como las condiciones atmosféricas eran bastante buenas, capturé sólo 1000 imágenes por cada sistema.

## Calibración y reducción

Para medir las estrellas abro las 1000 imágenes con *Reduc* y las ordeno en función de su calidad. Después, según su separación las mido de dos maneras. Para las menos cerradas utilizo la función "*AutoReduc*", seleccionando las 50 mejores imágenes, aunque puede variar según las condiciones atmosféricas de turbulencia. Para los pares más cerrados, los hago manualmente: Primero amplio la imagen mediante la función "*QuadPx*" y a continuación la mido con "*Surface*".

## Resultados

En los casos de sistemas orbitales he comparado el valor observado por mí con el calculado por las efemérides. He incluido en el cuadro el grado de la órbita (tabla 1).

## Álbum fotográfico

En la tabla 3 se muestran las imágenes de los pares observados. No hemos incluido los más abiertos. Se han obtenido con la función “ELI” del programa *Reduc*. Son recortes de 128 x128 píxeles. Todas las imágenes están orientadas con el norte arriba y el este a la izquierda.

## Referencias

Argyle, R. W., *Observing and measuring Visual Double Stars*, 2004.

Benavides Palencia, R., 2012, *Medición de 28 sistemas dobles usando Lucky Imaging*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 9, 91-98.

Benavides Palencia, R., 2014, *Medidas de estrellas dobles mediante la técnica de lucky imaging con filtro IR*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 12, 21-30.

Benavides Palencia, R., 2015, *Medidas de sistemas cerrados mediante la técnica Lucky Imaging con filtro IR Pass (Segunda serie)*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 16, 50-71.

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R., *Observación de estrellas dobles*, MARCOMBO S. A., 2017.

Hartkopf, W. I. et al., *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Hartkopf, W. I. et al., *Sixth Catalog of Orbits of*

*Visual Binary Stars*, U.S. Naval Observatory.

Mason, B. D. et al., *The Washington Double Star Catalog (WDS)*, U.S. Naval Observatory.

Ribé de Pont, Ll.; 2017, *Medidas de sistemas cerrados con la técnica de Lucky Imaging*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 18, 25-31.

Ribé de Pont, Ll.; 2017, *Medidas de sistemas cerrados con la técnica de Lucky Imaging (Segunda serie)*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 19, 19-33.

Para realizar este trabajo he usado los siguientes programas:

—*Firecapture* versión 2.5.11: captura de imágenes. <http://www.firecapture.de/>

—*PHD Guiding* versión 1.14.2: localización y centrado de las estrellas dobles. <http://www.starklabs.com/phdguiding.html>

—*TheSky 6*: conectado con el telescopio para buscar los sistemas dobles. <http://www.bisque.com>

—*Reduc* versión 5 Beta Vilanova: medida y apilado de los sistemas dobles. <http://www.astrosurf.com/hfosaf/>

Este trabajo ha hecho uso de los catálogos *Washington Double Star Catalog*, *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* y del *Fourth Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars*, todos ellos mantenidos por el Observatorio Naval de los Estados Unidos. 

WDS	DESCUBRIDOR	O-C RHO	O-C THETA	GRADO	COMENT.
14514+1906	STF 1888 AB	-0,111	0,39	2	Xi Boo
15183+2650	STF 1932 AB	0,043	0,23	2	
15245+3723	STF 1938 Ba,Bb	0,067	0,67	2	
15348+1032	STF 1954 AB	0,177	0,61	4	Del Ser
16289+1825	STF 2052 AB	0,066	0,3	2	
17053+5428	STF 2130 AB	-0,052	-2,04	4	Arrakis
17146+1423	STF 2140 AB	-0,185	0,46	4	Rasalgethi
17419+7209	STF 2241 AB	-0,485	2,47	5	Dziban
18055+0230	STF 2272 AB	-0,064	0,35	1	70 Oph
18101+1629	STF 2289	0,053	-1,23	4	
18359+1659	STT 358 AB	-0,07	-1,33	4	
18443+3940	STF 2382 AB	0,018	-0,48	4	Eps1 Lyr
18443+3946	STF 2383 CD	0,033	0,04	4	

Tabla 1. Residuos O-C de los sistemas orbitales observados. Para theta el valor se ofrece en grados y para rho en segundos de arco.

TABLA 2. MEDIDAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES OBSERVADAS.

WDS	DESC	M1	M2	RHO	$\sigma$ RHO	THETA	$\sigma$ THETA	ÉPOCA	NOTAS
14514+1906	STF 1888 AB	4,8	7	5,585	0,085	300,11	0,43	2017,47	1
15041+0530	STF 1904 AB	7,2	7,3	10,122	0,092	347,73	0,46	2017,47	2
15183+2650	STF 1932 AB	7,4	7,4	1,577	0,107	265,77	1,577	2017,47	3
15245+3723	STF 1938 Ba,Bb	7,1	7,7	2,316	0,042	3,13	0,35	2017,47	4
15348+1032	STF 1954 AB	4,2	5,2	4,148	0,1	171,29	0,44	2017,47	5
15382+3615	STF 1964 AC	7,6	7,9	15,105	0,096	85,41	0,44	2017,47	6
16289+1825	STF 2052 AB	7,8	7,8	2,346	0,071	118,4	0,47	2017,47	7
16362+5255	STF 2078 AB	5,3	6,4	3,089	0,079	103,06	0,47	2017,47	8
16442+2331	STF 2094 AB	7,5	7,9	1,2	0,097	74,45	0,67	2017,47	9
17053+5428	STF 2130 AB	5,8	5,8	2,587	0,074	359,06	0,47	2017,47	10
17146+1423	STF 2140 AB	5	6,1	4,826	0,081	102,42	0,52	2017,47	11
17237+3709	STF 2161 AB	4,4	5,3	4,149	0,089	319,6	0,5	2017,47	12
17290+5052	STF 2180	7,7	8	3,065	0,077	258,85	0,47	2017,47	13
17419+7209	STF 2241 AB	4,6	5,8	30,065	0,092	14,33	0,49	2017,47	14
17446+0235	STF 2202 AB	6,2	6,5	20,851	0,095	93,03	0,42	2017,47	15
17564+1820	STF 2245 AB	7,4	7,4	2,543	0,083	291,39	0,58	2017,47	16
18015+2136	STF 2264	4,9	5,3	6,488	0,097	256,05	0,56	2017,47	17
18055+0230	STF 2272 AB	4	5	6,498	0,092	124,05	0,54	2017,47	18
18057+1200	STF 2276 AB	7,1	7,44	7,079	0,089	256,87	0,51	2017,47	19
18078+2606	STF 2280 AB	5,8	5,9	14,488	0,088	182,6	0,47	2017,47	20
18101+1629	STF 2289	6,5	7,3	1,185	0,05	216,83	0,45	2017,47	21
18272+0012	STF 2316 AB	5,4	7,6	3,819	0,078	321,6	0,59	2017,47	22
18359+1659	STT 358 AB	6,9	7	1,566	0,077	146,83	0,94	2017,47	23
18362+4117	STF 2351	7,6	7,7	5,074	0,09	159,84	0,45	2017,47	24
18389+5221	STF 2368 AB	7,6	7,9	1,915	0,085	320,94	0,49	2017,47	25
18443+3940	STF 2382 AB	5,1	6	2,311	0,102	345,88	0,43	2017,47	26
18443+3946	STF 2383 CD	5,1	5,4	2,357	0,08	75,26	0,48	2017,47	27
18455+0530	STF 2375 AB	6,5	6,6	2,559	0,094	120,11	0,49	2017,47	28
18535+7547	STF 2452	6,7	7,4	5,737	0,098	216	0,54	2017,47	29

## Notas

1. STF 1888 AB. Xi Boo. Sistema orbital con un periodo de 151,6 años y grado 2. Está a 22 años-luz. Clase espectral G8V y K5V.

2. STF 1904 AB. Clases espectrales F2IV y F0V. Está a 247 años-luz.

3. STF 1932 AB. Sistema orbital con un periodo de 203 años y grado 2. Clases espectrales F6V y F6V. Está a 117 años-luz.

4. STF 1938 Ba,Bb. Sistema orbital con un periodo de 265 años y grado 2. Clase espectral G0V. Está a 117 años-luz.

5. STF 1954 AB. Del Ser. Sistema orbital con un periodo de 1038 años y grado 4. Clase espectral F0IV. Está a 228 años-luz.

6. STF 1964 AC. Clase espectral F5. Está a 359 años-luz.

7. STF 2052 AB. Sistema orbital con periodo de 230 años y grado 2. Clase espectral KIV. Está a 64 años-luz.

luz.

8. STF 2078 AB. 17 Dra. Clase espectral B9.5V. Está a 412 años-luz.

9. STF 2094 AB. Clase espectral F5III. Está a 156 años-luz.

10. STF 2130 AB. Arrakis. Sistema orbital con periodo de 812 años y grado 4. Clase espectral F7V. Está a 89 años-luz.

11. STF 2140 AB. Rasalgethi. Sistema orbital con periodo de 3600 años y grado 4. Clase espectral M5Ib-II. Está a 110 años-luz.

12. STF 2161 AB. Rho Her. Clase espectral B9.5III. Está a 120 años-luz.

13. STF 2180. Clase espectral A7IV. Está a 262 años-luz.

14. STF 2241 AB. Dziban. Sistema orbital con periodo de 100 años y grado 5. Clases espectrales F5IV y F8V. Está 74 años-luz.

15. STF 2202 AB. 61 Oph. Clase espectral A1IV-V. Está 277 años-luz.

16. STF 2245 AB. Clase espectral A0III. Está a 786 años-luz.

17. STF 2264. 95 Her. Clase espectral A5III<sub>n</sub>. Está a 417 años-luz.

18. STF 2272 AB. 70 Oph. Sistema orbital con periodo de 88 años y grado 1. Clases espectrales K0V y K4V. Está a 16,5 años-luz.

19. STF 2276 AB. Clase espectral A7p. Está a 450 años-luz.

20. STF 2280 AB. 100 Her. Clase espectral A3V. Está a 162 años-luz.

21. STF 2289. Sistema orbital con periodo de 3040 años y grado 4. Clases espectrales A0V y G0III. Está a 860 años-luz.

22. STF 2316 AB. 59 Ser. Clases espectrales G0III y A6V. Está a 144 años-luz.

23. STT 358 AB. Sistema orbital con un periodo de 380 años y grado 4. Clase espectral F8V. Está a 33 años-luz.

24. STF 2351. Clases espectrales A1V y A0V. Está a 674 años-luz.

25. STF 2368 AB. Clase espectral A3. Está a 858 años-luz.

26. STF 2382 AB. Eps1 Lyr. Sistema orbital con periodo de 1725 años y grado 4. Clases espectrales A4V y F1V. Está a 162 años-luz.

27. STF 2383 CD. Sistema orbital con periodo de 724 años y grado 4. Clases espectrales A8V<sub>n</sub> y F0V<sub>n</sub>. Está a 155 años-luz.

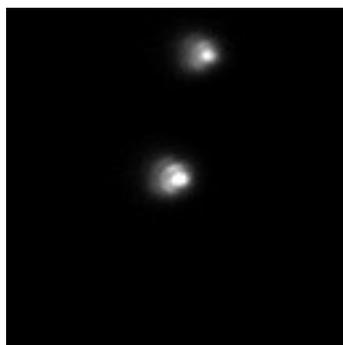
28. STF 2375 AB. Clase espectral A1V. Está a 615 años-luz.

29. STF 2452. 233 Dra. Clase espectral A1V. Está a 803 años-luz.

### TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



STF 1888 AB



STF 1904 AB



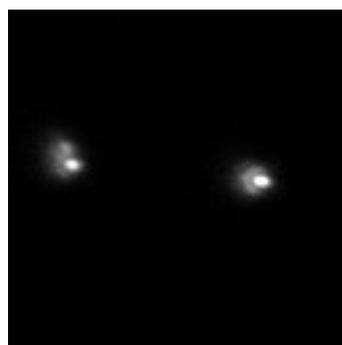
STF 1932 AB



STF 1938 Ba Bb



STF 1954 AB



STF 1964 AC

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO. (CONT.).



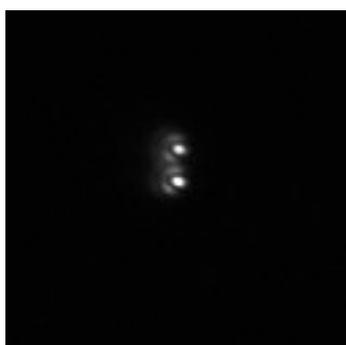
STF 2052 AB



STF 2078 AB



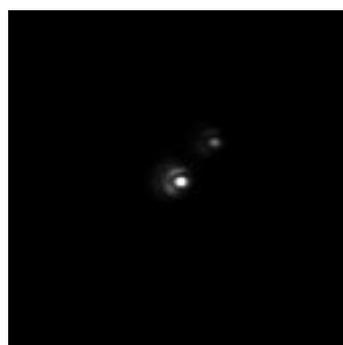
STF 2094 AB



STF 2130 AB



STF 2140 AB



STF 2161 AB



STF 2180



STF 2202 AB



STF 2245 AB



STF 2264



STF 2272 AB

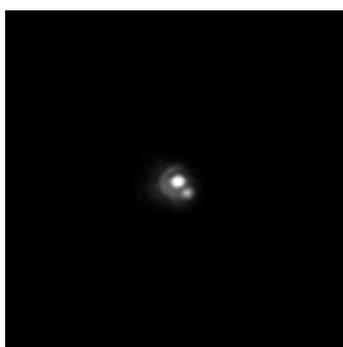


STF 2276 AB

TABLA 3. ÁLBUM FOTOGRÁFICO. (CONT.).



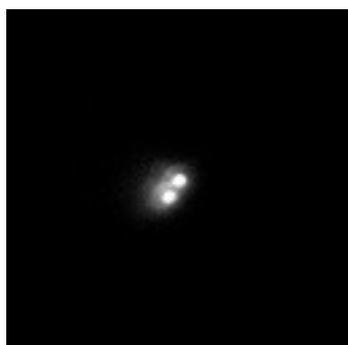
STF 2280 AB



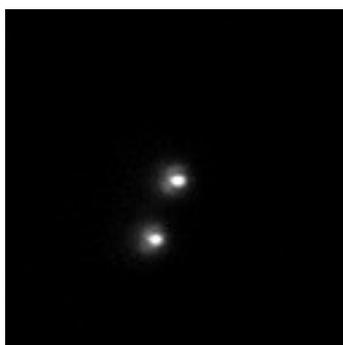
STF 2289



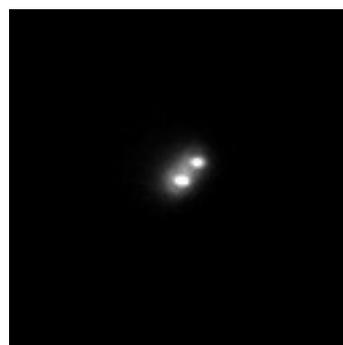
STF 2316 AB



STT 358 AB



STF 2351



STF 2368 AB



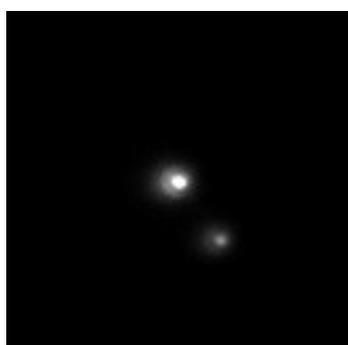
STF 2382 AB



STF 2383 CD



STF 2375 AB



STF 2452

# Medidas de estrellas dobles y presentación de resultados con errores

Antonio Egea Gómez

■ Correo-e: [aegeaprimer@gmail.com](mailto:aegeaprimer@gmail.com)

Se exponen las mediciones de 78 estrellas dobles para las cuales se hace una estimación del error de cada medición. Se han tenido en cuenta las habituales normas acerca del cálculo de errores y del redondeo numérico.

I present the measurements of 78 double stars for which an estimate of the error of each measurement is made. Standard rules on error calculation and numerical rounding have been taken into account.

## Introducción

A PARTIR DEL MES DE MARZO del 2017, me propuse poner en marcha el equipo del que dispongo acercándome al estudio de sistemas estelares múltiples, dobles en particular. Como parece ser una norma habitual, la contaminación lumínica es grande y en mi caso, diversas luminarias se encuentran situadas por encima del conjunto montura telescopio, lo que me hacía pensar en las dificultades con las que me iba a encontrar. Sin embargo, los primeros resultados me parecieron prometedores y afinando los elementos disponibles he logrado hacer mediciones hasta magnitud 16.

Este estudio tiene además otro objetivo, se trata de dar los resultados según es habitual en los estudios técnicos con el error correspondiente. El motivo es que ha habido recientes debates en AAVSO (*American Association of Variable Star Observers*) acerca de los resultados que presentan distintos observadores, donde parece ser que algunos de estos datos son cuestionables (aunque el debate es más amplio). Siendo así las cosas y si echamos un vistazo a los resultados que presentamos en diferentes comunicaciones, vemos que faltan los valores de la estimación del error que debe acompañar a toda medición física.

Me he propuesto en mis medidas corregir esta situación y presento una columna final con los resultados del ángulo y separación con la estimación del error correspondiente.



**Figura 1.** En esta reciente fotografía, se ha cambiado la cámara Atik 383L por una ASI1600MM sin rueda de filtros y sin refrigeración.

## Equipo

- Instalación fija (véase la figura 1).
- Montura: EQ8
- Tubo: Celestron C11 a f/10 (sin reductor de focal ni lente de Barlow).
- Cámara: Atik 383L+ y rueda con filtros fotométricos BVR y filtro no fotométrico IR.
- Guiado: Guía fuera de eje con cámara Lodestar,
- Buscador: TS65 con longitud focal 420 mm y cámara QHY8L.

## Instrumentación y soporte informático

Para encontrar la orientación de las imágenes y la escala, se ha utilizado el programa *Xparallax* desarrollado por un alumno del máster en Astronomía y Astrofísica de la Universidad Politécnica de Valencia, disponible en <https://sourceforge.net/>. En el caso de este equipo, la escala resulta ser de 0,370 arcseg/píxel lo cual proporciona una longitud focal efectiva de 3010 mm frente a la nominal de 2800 mm. Se utilizó solamente el filtro IR al hacer las mediciones para estabilizar en la medida de lo posible la turbulencia atmosférica.

El programa que proporciona el ángulo y la separación finalmente es *Reduc*. Aunque se ha intentado acudir a *AstroimageJ* y *APT Photometry* para que proporcionen las posiciones de los centroides y calcular ángulos y separaciones a partir de estos informes. Sin embargo, a día de hoy no hay conclusiones definitivas y por tanto, el programa de referencia por su comodidad y buen comportamiento es *Reduc*.

La captura de imágenes se realizó con un programa comercial y para el guiado se utilizó *PHD2* cuyo comportamiento asociado a la guía fuera de eje y a la cámara *Lodestar* fue excelente.

## Selección de observaciones.

No utilicé criterio alguno en realidad, he tratado en este primer trabajo de acercarme a la magnitud límite que permite el equipo y he procurado elegir pares preferentemente poco separados y en los que alguna de las componentes se acerquen a magnitud 16 y/o sean más débiles que magnitud 12. En general ha sido posible, aunque para pares débiles he tenido que plantear tiempos de exposición de 240 segundos.

## Medición

Sin duda, *Reduc* hace un gran trabajo. Sin embargo, al objeto de tener constancia de la incertidumbre de cada uno de los cálculos llevados a cabo, he pretendido utilizar algunos otros programas (*AstroimageJ* y *APT Photometry*) que permiten, a través de una hoja de cálculo determinar lo más precisamente posible y en cada paso, la dispersión.

En algunos pares, efectivamente, el error pro-

porcionado por estos programas, a través del cálculo de los centroides, ha dado una estimación del error menor que la proporcionada por *Reduc* pero no de forma general.

El estudio no concluye aquí pues seguiremos intentando eliminar las posibles fuentes de discrepancia.

## Cálculo de errores

Para encontrar una estimación del error de cada una de las medidas, se ha utilizado la hipótesis de la propagación cuadrática de los errores y el hecho de que si se aumenta el número de medidas, se obtiene una menor incertidumbre de su valor medio.

Es decir, partiendo del valor de la desviación, si se divide por la raíz cuadrada del número de medidas, obtenemos una estimación del error al efectuar N medidas.

El valor de la desviación que habitualmente proporcionan los programas es el siguiente:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{(N-1)}}$$

Mientras que la *desviación estándar de la media*, aunque se puede encontrar bajo otros nombres, es:

$$\sigma_{N-1} = \frac{S_x}{\sqrt{N}}$$

Todos los errores estimados se han obtenido de esta manera, tomando N como el número de imágenes útiles obtenidas para cada sistema.

Teniendo en cuenta que el error proviene de:

- 1º) El error en la medición del factor de escala.
- 2º) El error en la medición del ángulo de la orientación de la imagen respecto del norte.
- 3º) El error en las mediciones del propio ángulo entre las estrellas binarias y de su separación.

He podido determinar un valor medio para los dos primeros errores, a través de las medidas de todas las imágenes obtenidas en esta campaña.

Error factor escala  $er(f)=0,0002$   
Error orientación norte  $er(a)=0,01$

Así las cosas, la estimación de ambos errores, es decir, el del ángulo del sistema binario respecto del norte y el de la separación son respectivamente.

$$er(\theta_{final}) = \sqrt{[er(f)]^2 + [er(\alpha)]^2 + [er(\theta_{medido})]^2}$$
$$er(\rho_{final}) = \sqrt{[er(f)]^2 + [er(\alpha)]^2 + [er(\rho_{medido})]^2}$$

Sin embargo, según mis datos, el error factor de escala es 50 veces menor que el error orientación norte y en las ecuaciones anteriores se puede despreciar. Entonces para calcular los errores utilizo:

$$er(\theta_{final}) \cong \sqrt{[er(\alpha)]^2 + [er(\theta_{medido})]^2}$$

$$er(\rho_{final}) \cong \sqrt{[er(\alpha)]^2 + [er(\rho_{medido})]^2}$$

Y tanto uno como el otro se han calculado en función del número de imágenes de cada sistema como se mencionó anteriormente.

## Conclusiones

La medición de 78 sistemas dobles ha sido una experiencia nueva y motivadora, es un placer ver aparecer en un enorme mar de estrellas un sistema de estrellas muy poco separadas.

Algunos de los medidos no tienen más que unas pocas mediciones y otros a los que se dedica inevitablemente un esfuerzo, parecen ser pares sin relación gravitatoria. Creo que en cualquier caso, esta información es útil pues indica un camino a seguir o no.

Se ha dejado para dentro de unos meses el estudio fotométrico de las estrellas dobles medidas, estudio a mi juicio muy interesante que pondrá de manifiesto la variabilidad o no de estas estrellas con el consiguiente significado para el sistema estudiado. Esperamos la próxima entrega de GAIA con la esperanza de encontrar estrellas de comparación fotométrica ya que en estos momentos, es prácticamente inabordable

el estudio al tener pocas o ninguna estrella de comparación y las que se pueden encontrar, tienen unas incertidumbres demasiado altas.

## Agradecimientos

Este estudio ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

Infinitas veces deberé agradecer a Florent Losse el consentimiento de utilización del programa *Reduc*, una herramienta imprescindible a día de hoy.

— Xparallax VIU: <https://sourceforge.net/projects/xparallaxviu/files/latest/download>

— Site Informatique des Etoiles Doubles de Nice, SIDONIE por mantener una base de datos de fácil utilización.

— WdsPick: <http://www.astrosurf.com/legalet/software/wdspick/WdsPick-2.1.1.zip>

— Stelle Doppie: <http://stelledoppie.goaction.it/index2.php>, por Gianluca Sordiglioni

A los editores de esta publicación por su esfuerzo de años.

## Referencias

Benavides, R., González, J. L., Masa, E. R, Observación de estrellas dobles, Ed. Marcombo, 2017. 

TABLA 1: MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

IDENT. WDS	DESC.	EP. BESEL.	$\theta$ MED	$\rho$ MED	IMG	M 1	M 2	$\sigma$ ( $\theta$ )	$\sigma$ ( $\rho$ )	$\theta$ FINAL	$\rho$ FINAL
07097+2338	<b>POU2503</b>	2017,13878	344,12	9,652	10	12,02	13,8	0,54	0,027	344,1±0,2	9,652±0,005
07097+2331	<b>POU2504AB</b>	2017,13878	277,71	5,824	11	12,9	14,6	0,64	0,047	277,7±0,2	5,824±0,006
07097+2331	<b>POU2505AC</b>	2017,13878	274,15	12,561	8	12,9	15,7	0,24	0,046	274,15±0,09	12,561±0,009
07098+2338	<b>POU2508</b>	2017,13878	11,37	12,85	8	12,6	13,3	0,46	0,087	11,4±0,2	12,85±0,01
07103+2335	<b>POU2518</b>	2017,13878	206,74	15,085	14	13,1	13,1	0,18	0,056	206,74±0,06	15,085±0,008
07332+3252	<b>WAL 53AC</b>	2017,14430	60,72	44,429	12	8,36	11,32	0,05	0,054	60,72±0,02	44,43±0,02
07104+2332	<b>POU2519</b>	2017,13808	110,34	7,934	15	11,85	14,6	0,52	0,068	110,3±0,1	7,934±0,007
07114+2333	<b>POU2533AB</b>	2017,15523	84,52	6,768	9	12,2	12,3	0,23	0,035	84,52±0,09	6,768±0,006
07114+2333	<b>POU2534AC</b>	2017,15523	110,07	7,669	7	12,2	13,6	0,45	0,056	110,1±0,2	7,67±0,01
07178+3328	<b>HJ 415AB</b>	2017,14426	291,25	14,512	13	10,69	11,7	0,22	0,042	291,25±0,07	14,512±0,007
07178+3328	<b>HJ 415AC</b>	2017,14426	302,52	40,495	8	10,69	13,32	0,07	0,062	302,52±0,03	40,50±0,02
07331+2255	<b>POU2828</b>	2017,13892	18,1	20,039	8	10,7	11,7	0,28	0,051	18,1±0,1	20,04±0,01
07395+2449	<b>POU2857</b>	2017,14438	59,78	12,613	8	10,56	12,4	0,16	0,019	59,78±0,07	12,613±0,006
07412+2318	<b>POU2867</b>	2017,14441	120,5	12,121	12	10,4	12,7	0,16	0,026	120,50±0,06	12,121±0,005
07450+2317	<b>POU2886</b>	2017,15801	327,5	3,781	8	10,8	11,4	0,32	0,012	327,5±0,1	3,781±0,003
07517+2104	<b>HO 248</b>	2017,14443	236,55	11,056	11	9,34	14,16	0,32	0,069	236,6±0,1	11,056±0,009
08011+2201	<b>COU931</b>	2017,20211	266,37	3,883	6	9,5	12,2	0,86	0,081	266,4±0,4	3,88±0,01
08034+2305	<b>POU2921</b>	2017,20720	223,66	5,857	11	10,69	12,3	0,26	0,025	223,66±0,09	5,857±0,004
08230+2410	<b>POU2956</b>	2017,20727	127,79	8,063	15	12,6	12,8	0,19	0,026	127,79±0,06	8,063±0,004

TABLA 1: MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

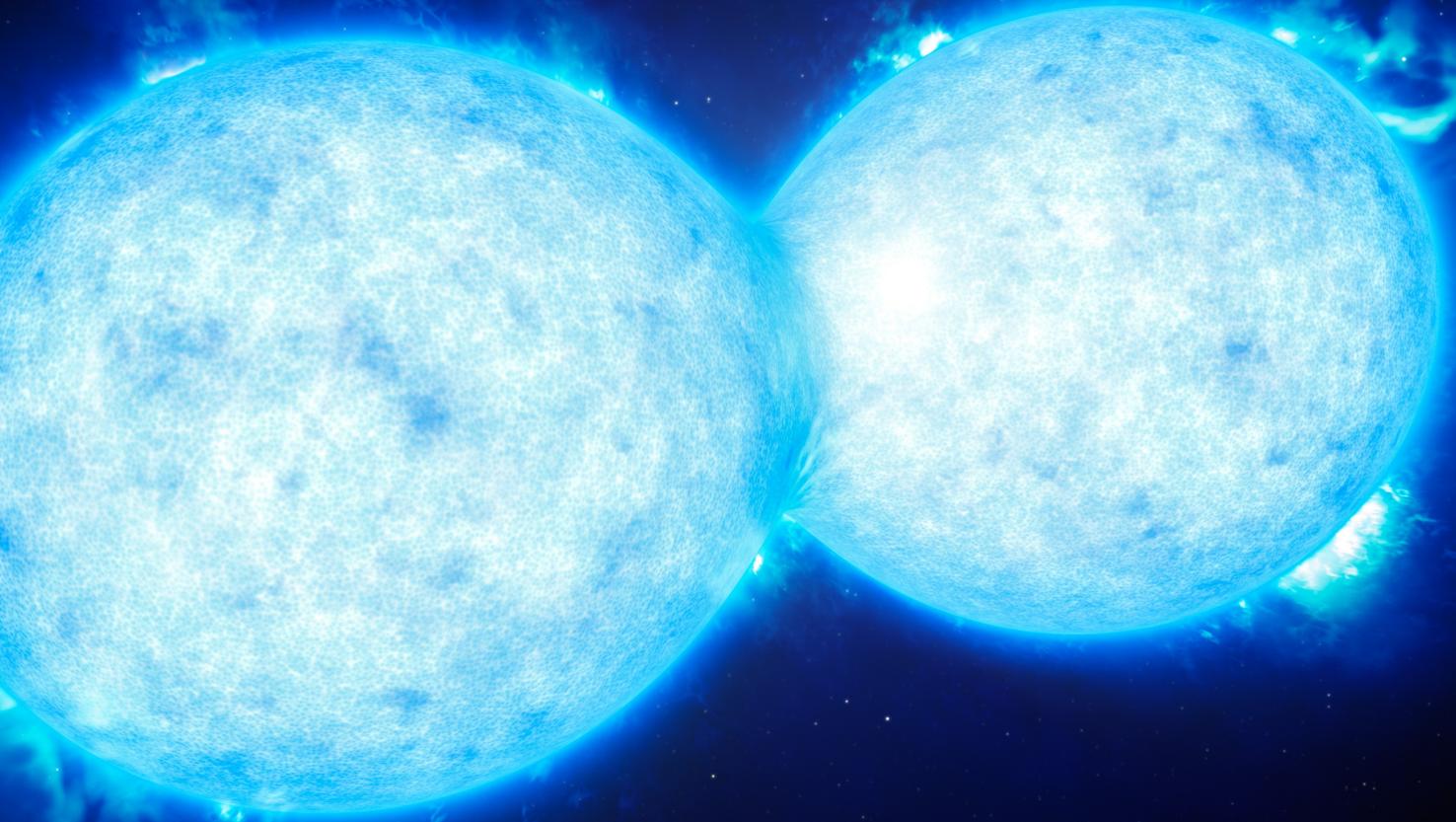
IDENT. WDS	DESC.	EP. BESEL.	$\theta$ MED	$\rho$ MED	IMG	M 1	M 2	$\sigma$ ( $\theta$ )	$\sigma$ ( $\rho$ )	$\theta$ FINAL	$\rho$ FINAL
08236+2409	<b>POU2960</b>	2017,20728	309,3	4,581	13	12,37	12,8	0,54	0,029	309,3±0,2	4,581±0,003
08305+2337	<b>POU2975AB</b>	2017,15540	21,74	5,981	11	12,5	14,7	0,21	0,036	21,74±0,07	5,981±0,005
08305+2337	<b>POU2974BC</b>	2017,15540	83,62	13,593	8	14,7	13,7	0,26	0,05	83,6±0,1	13,59±0,01
08305+2337	<b>POU2974-5AC</b>	2017,15540	65,73	17,249	10	-	-	0,05	0,035	65,73±0,03	17,249±0,008
08469+2357	<b>POU3009</b>	2017,20734	97,49	10,931	13	12,1	13,8	0,32	0,048	97,5±0,1	10,931±0,007
09027+1803	<b>BRT2397AB</b>	2017,20457	303,01	4,318	17	11,25	11,6	0,041	0,042	303,01±0,02	4,318±0,004
09052+2314	<b>POU3024</b>	2017,15544	35,49	17,412	7	12,07	14,1	0,23	0,057	35,5±0,1	17,41±0,01
09142+2518	<b>FAL27</b>	2017,20193	249,62	9,748	11	8,47	11,44	0,18	0,016	249,62±0,06	9,748±0,004
09307+2238	<b>POU3047</b>	2017,20459	125,37	6,539	12	14,2	14,4	0,16	0,04	125,37±0,06	6,539±0,005
09311+2123	<b>BRT2400</b>	2017,20465	242,28	4,675	11	10,7	11,4	0,35	0,011	242,3±0,1	4,675±0,002
09340+2412	<b>POU3051</b>	2017,20741	238,96	10,245	12	9,79	15	0,27	0,07	238,96±0,09	10,245±0,009
09352+2223	<b>BRT2401</b>	2017,20465	12,43	3,492	8	11,2	12,4	0,67	0,026	12,4±0,2	3,492±0,004
09527+2103	<b>BRT2402</b>	2017,20471	323,04	4,415	13	12,7	12,8	0,27	0,032	323,04±0,08	4,415±0,004
10120+2007	<b>HJ476</b>	2017,20198	48,91	24,262	11	7,56	11,7	0,1	0,034	48,91±0,04	24,26±0,01
10217+2144	<b>COU171</b>	2017,20476	130,14	3,72	9	11,7	12,8	0,39	0,014	130,1±0,1	3,720±0,003
10302+3050	<b>SEI520</b>	2017,15551	0,8	7,814	9	12	12	0,12	0,024	0,80±0,05	7,814±0,005
10534+1326	<b>HJ2547</b>	2017,20208	58,08	28,09	10	10,65	11,27	0,1	0,049	58,08±0,04	28,09±0,01
11119+1900	<b>GWP1555</b>	2017,25940	87,83	299,194	9	10,51	12,81	0,02	0,113	87,83±0,02	299,19±0,09
11205+1841	<b>TDS7797</b>	2017,25943	?	?							
12073+3253	<b>ES2470</b>	2017,34964	138,35	4,104	8	11,55	13,1	0,63	0,022	138,4±0,2	4,104±0,004
12467+3327	<b>DAM709</b>	2017,34968	68,01	5,155	6	15,5	15,9	0,22	0,04	68,0±0,1	5,155±0,008
12578+3038	<b>LDS1348</b>	2017,34972	281,35	5,314	9	12,07	14,77	0,43	0,055	281,4±0,2	5,314±0,008
13156+3042	<b>LDS1375</b>	2017,39894	217,56	18,231	6	13	13,7	0,12	0,03	217,56±0,06	18,23±0,01
13163+3040	<b>UC2508</b>	2017,39894	321,96	17,461	7	13,3	14,3	0,15	0,013	321,96±0,07	17,461±0,007
13365+3543	<b>DAM342</b>	2017,34981	287,65	6,018	7	12,7	15	0,24	0,049	287,7±0,1	6,018±0,009
13379+4808	<b>LDS5784 AB C</b>	2017,34717	257,93	109,712	8	9,77	14,47	0,03	0,037	257,93±0,02	109,71±0,03
13409+3211	<b>ES2473</b>	2017,34977	192,67	3,542	6	13,3	13,4	0,25	0,022	192,7±0,1	3,542±0,005
13449+2755	<b>LDS1396</b>	2017,37980	300,7	45,323	5	14,3	16,5	0,04	0,033	300,70±0,03	45,32±0,02
13463+3110	<b>LDS1397</b>	2017,39900	64,42	103,809	7	13,53	13,73	0,02	0,042	64,42±0,02	103,81±0,03
13499+2855	<b>CBL431</b>	2017,38811	358,14	58,56	8	14,6	15,4	0,05	0,034	358,14±0,03	58,56±0,02
13529+4744	<b>ES960 AB</b>	2017,34714	270,29	4,644	13	10,7	11,9	0,31	0,034	270,3±0,1	4,644±0,004
13529+4744	<b>FOX9050 AC</b>	2017,34714	220,52	107,418	10	11,24	12,43	0,02	0,044	220,52±0,02	107,42±0,03
13557+3145	<b>SLW947</b>	2017,39630	297,85	18,42	1	13,81	16,77			297,85±0,01	18,420±0,005
13582+4853	<b>LDS5800</b>	2017,34712	356,4	41,556	13	9,81	11,29	0,03	0,029	356,40±0,02	41,56±0,01
14067+3236	<b>GRV880</b>	2017,42908	136,72	81,263	6	12,07	13,36	0,05	0,018	136,72±0,03	81,26±0,02

TABLA 1: MEDIDAS DE LOS PARES OBSERVADOS.

IDENT. WDS	DESC.	EP. BESEL.	$\theta$ MED	$\rho$ MED	IMG	M 1	M 2	$\sigma$ ( $\theta$ )	$\sigma$ ( $\rho$ )	$\theta$ FINAL	$\rho$ FINAL
14123+3358	LDS4443	<b>2017,38818</b>	270,43	222,757	6	12,98	15,29	0,04	0,022	270,43±0,03	222,76±0,06
14298+3445	LDS4470	<b>2017,38823</b>	320,17	9,839	6	15,78	16,38	0,15	0,019	320,17±0,07	9,839±0,006
15019+3023	SKF45	<b>2017,39639</b>	24,75	4,352	4	14,4	14,9	0,29	0,041	24,8±0,2	4,35±0,01
15039+2910	LDS4526	<b>2017,43466</b>	298,69	5,185	4	15,6	16,2	0,57	0,023	298,7±0,3	5,19±0,01
15153+3158	LDS4541	<b>2017,43459</b>	251,76	3,438	5	14,8	15,4	0,23	0,027	251,8±0,1	3,438±0,006
15216+3922	CBL487	<b>2017,39907</b>	40,93	24,886	3	13,7	16,2	0,03	0,015	40,93±0,03	24,886±0,01
15371+2650	GRV1211	<b>2017,43474</b>	74,47	29,757	5	14,8	15,5	0,15	0,015	74,47±0,08	29,76±0,01
16257+2657	GIC140	<b>2017,43480</b>	256,92	8,773	5	12,52	14,8	0,35	0,039	256,9±0,2	8,77±0,01
16320+3334	LDS4676	<b>2017,39654</b>	32,03	326,516	6	14,56	15,35	0,03	0,085	32,03±0,02	326,5±0,1
17011+3016	FAR19	<b>2017,43487</b>	330,21	148,958	6	14,95	14,66	0,07	0,077	330,21±0,04	148,96±0,05
17150+2443	POU3266	<b>2017,24097</b>	269,85	11,068	12	12,5	13,3	0,16	0,035	269,85±0,06	11,068±0,006
17152+2443	POU3267	<b>2017,24097</b>	151,78	12,141	13	12,3	13,6	0,37	0,047	151,8±0,1	12,141±0,007
17154+2442	POU3270	<b>2017,24097</b>	46,99	5,249	11	13,5	13,6	0,54	0,035	47,0±0,2	5,249±0,005
17160+2437	POU3273	<b>2017,24097</b>	251,97	8,44	15	11,3	12,4	0,18	0,047	251,97±0,06	8,440±0,005
17170+2421	POU3277	<b>2017,24099</b>	168,15	7,282	24	12,78	13,5	0,32	0,027	168,15±0,08	7,282±0,003
17172+2433	POU3278	<b>2017,24099</b>	81,47	9,376	23	11,7	12,6	0,19	0,04	81,47±0,05	9,376±0,004
17172+2421	POU3279	<b>2017,24099</b>	169,09	13,374	23	13,7	13,7	0,16	0,05	169,09±0,04	13,374±0,006
17179+2430	POU3280	<b>2017,24099</b>	16,9	6,3	19	12,6	12,7	0,32	0,031	16,90±0,08	6,300±0,003
17203+2401	POU3284	<b>2017,24108</b>	300,11	11,015	10	12,2	12,5	0,1	0,028	300,11±0,04	11,015±0,006
17210+2416	HJ1298	<b>2017,24103</b>	229,49	9,545	15	11,31	12,7	0,12	0,042	229,49±0,04	9,545±0,005
17209+2429	DOO66	<b>2017,24106</b>	16,53	9,815	15	9,5	11,9	0,33	0,045	16,5±0,1	9,815±0,006
17285+2329	TOB139	<b>2017,24099</b>	90,63	10,347	11	13,52	13,46	0,18	0,042	90,63±0,06	10,347±0,007
17286+2330	POU3292	<b>2017,24099</b>	112,91	22,498	14	11,13	11,5	0,08	0,044	112,91±0,03	22,498±0,009
17378+2257	FYM246AC	<b>2017,24112</b>	338,95	11,211	14	10,07	14,1	0,45	0,045	339,0±0,1	11,211±0,006

## Notas

- $\theta(0)$ med y  $\rho(0)$ med son los valores proporcionados por Reduc.
- $\sigma(\theta)$  y  $\sigma(\rho)$  son las desviaciones típicas o estándar también de Reduc.
- La columna de la derecha, contiene los valores finales del ángulo y separación con la estimación del error según las definiciones anteriores, redondeados a la primera cifra significativa.
- 11205+1841 TDS7797: no se encuentra la segunda componente mencionada en el catálogo.



*Las otras*

(Crédito: ESO/L. Calçada)

# DOBLES

*Aunque el observador de estrellas dobles centra sus trabajos en aquellos pares que es capaz de desdoblar visualmente, dentro de la fauna estelar existen otros tipos de parejas estelares que pueden ser estudiadas por el interesado en los sistemas binarios, realizando aportaciones de interés científico. En este breve artículo de introducción presentamos las líneas generales de las binarias eclipsantes y abrimos, de esta forma, la posibilidad de publicar trabajos relacionados con estos pares fotométricos en *El Observador de Estrellas Dobles*.*

## Introducción

EL OBSERVADOR INTERESADO EN LAS ESTRELLAS DOBLES se centra por tradición, y hasta por definición, en aquellos pares que puede desdoblar visualmente, ya sea directamente o empleando alguna técnica que permita vislumbrar a las componentes de un sistema doble o múltiple. No obstante, el campo de las estrellas binarias es más amplio. Como sabemos, existen otros tipos de parejas estelares que no es posible resolver por medios ópticos pero cuyo binariedad es posible detectar empleando otras técnicas. De esta forma, y descontando las dobles visuales, tenemos a las astrométricas, a las fotométricas y a las espectroscópicas. Nos centraremos en este trabajo en las segundas de ellas, las fotométricas. Se trata de un tipo de binarias que son estudiadas desde hace siglos por los astrónomos no profesionales y sus investigaciones y observaciones han sido, y son, determinantes a la hora de comprender los procesos físicos que las caracterizan, así como para ampliar el catálogo de binarias conocidas. Junto con las dobles clásicas, esta familia de sistemas binarios es la única que puede fácilmente ser estudiada por los astrónomos amateur sin grandes dificultades, dado que las astrométricas o las espectroscópicas requieren emplear costosos equipos o técnicas de trabajo.

Las binarias fotométricas, más comúnmente conocidas como eclipsantes, son aquellas cuyo carácter doble puede ser detectado mediante la observación de su brillo, que pone en evidencia una curva de luz característica que puede explicarse por los eclipses que se producen entre sus componentes al orbitar una frente a la otra. Por tanto, siempre han sido observadas por los observadores de estrellas variables y sus estudios no suelen verse publicados en revistas de estrellas dobles. De hecho, ni siquiera el USNO las recoge en sus bases de datos (como el Washington Double Star Catalog o cualquiera de los otros que dirige). Siempre han formado parte de catálogos específicos que, hasta hace poco, eran competencia exclusiva del General Catalogue of Variable Stars (GCVS). Actualmente el principal catálogo que recoge las observaciones y los descubrimientos de nuevos sistemas binarios eclipsantes,



extensible a cualquier tipo de estrella variable, es el Variable Star Index de la American Association of Variable Stars Observers, una institución Pro-Am centenaria en la que podemos encontrar herramientas más que suficientes como para adentrarse en este apasionante campo de trabajo.

## Una breve perspectiva histórica

Históricamente, los estudios de las binarias eclipsantes gozan ya de una larga tradición y se remontan al último tercio del siglo XVIII cuando John Goodricke descubrió que los cambios de brillo de la segunda estrella más luminosa de Perseo ( $\beta$  Per) conocida como Algol, eran regulares y parecían seguir un periodo de 68 horas y 49 minutos (figura 1). Su variabilidad era conocida desde un siglo antes gracias al trabajo del italiano Geminiano Montanori, que ya había descrito su carácter variable en 1671, si bien se sabe que algunas civilizaciones de la Antigüedad y la

*"Esta noche he observado a la Beta del Perseo y me ha sorprendido mucho encontrar su brillo alterado. Ahora parece ser de cuarta magnitud. La observé diligentemente durante más de una hora (...) [y] apenas podía creer que cambió su brillo, porque nunca había oído hablar de una estrella variable que cambiara tan rápidamente. Pensé que podría ser, tal vez, una ilusión óptica, un defecto en mis ojos o un efecto de la turbulencia del aire..."*

*J. Goodricke*

Entrada del diario de J. Goodricke, 12 de noviembre de 1782





**Figura 2.** Placa conmemorativa ubicada en la puerta de acceso a Treasure's House cerca de la catedral York en memoria de J. Goodricke. Desde este lugar se cree que hizo sus principales aportaciones al mundo de las estrellas variables (cedida por M. Rodríguez Marco).

Edad Media (desde el Antiguo Egipto a Grecia, pasando por China y los árabes) sabían que algo no iba bien con esta estrella.

Goodricke aventuró que Algol debía tener una compañera invisible que orbitaba a su alrededor y que la disminución de brillo tendría que deberse al paso de otra estrella entre ella y la Tierra. Con solo 18 años (en 1783), Goodricke presentó estos resultados a la Royal Society siendo admitido poco después como miembro de la misma y recompensado con la Medalla Copley, alegría que no le duró mucho pues moriría solo unos días después víctima de una pulmonía (figura 2).

Gracias al trabajo de Goodricke se esclareció el misterio de Algol y un nuevo tipo de objeto estelar apareció ante los astrónomos, demostrando, en una época en que los trabajos de William Herschel hacían lo propio con las dobles visuales, que las leyes de la gravitación de Newton eran aplicables a cualquier rincón del Universo y no solo al Sistema Solar.

Un siglo después, en 1881, Charles Pickering retomó el estudio de Goodricke y afirmó que sus conclusiones eran correctas (figura 3), aplicando en sus estudios la novedosa técnica de la espectroscopia. Poco después, Hermann Vogel consiguió desde Potsdam el primer espectro de Algol y, a partir del mismo, estableció definitivamente que la explicación de Goodricke era la correcta: Algol era una binaria eclipsada por una compañera que orbitaba junto a ella.

Desde los trabajos de Goodricke el catálogo de variables de comportamiento similar a Algol iba aumentando poco a poco: en 1784 también se descubrió la variación de  $\beta$  Lyrae. A partir del trabajo de Henry Norris Russell a comienzos del siglo XX, que desarrolló el primer método matemático para analizar las curvas de luz de las binarias eclipsantes, comenzó a evidenciarse que no todas las variables llamadas entonces de forma genérica como algólicas parecían res-

ponder al mismo modelo de eclipses, por lo que era necesaria una nueva clasificación de este tipo de binarias en función de sus curvas de luz pero también de las características físicas de sus componentes.

## Estrellas variables: tipología

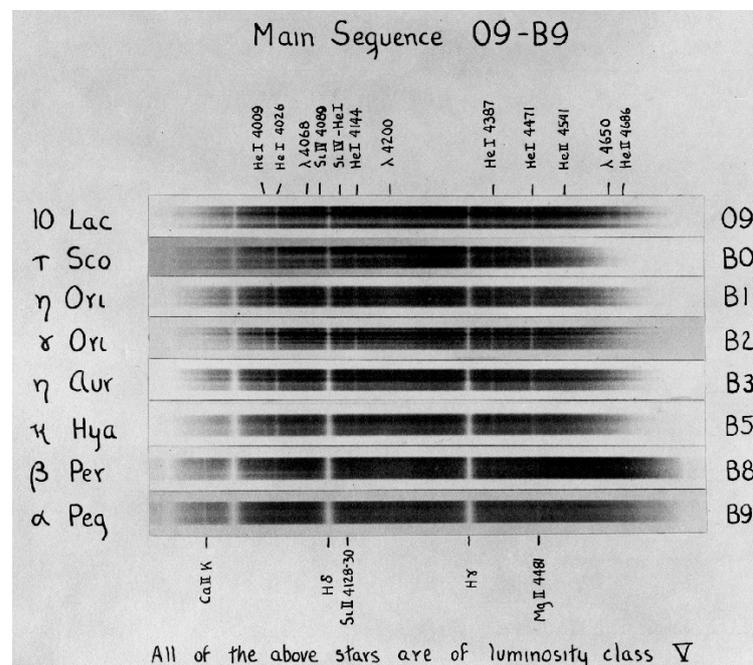
Aunque no es la intención de este trabajo detallar todos los pormenores de la tipología de las estrellas variables, creemos oportuno esbozar brevemente los grandes grupos en que se suelen clasificar estos astros. En la actualidad, las estrellas variables son clasificadas dentro de dos grandes grupos en función de la razón por la que se produce su variación de brillo: las intrínsecas y las extrínsecas (figura 4, página siguiente).

En las primeras, el factor determinante de la variabilidad obedece a causas internas de la propia estrella, como pueden ser pulsaciones o erupciones. Se trata de un grupo muy amplio y heterogéneo y son las que podríamos denominar con toda propiedad como verdaderas estrellas variables.

En las segundas, las extrínsecas, los cambios de brillo se deben a causas externas a las propias estrellas. Las eclipsantes son, sin duda, el mejor ejemplo de este tipo de estrellas ya que las oscilaciones de brillo se explican por los eclipses entre las componentes de un sistema binario y no por alteraciones de la propia estrella.

No obstante, la clasificación de las estrellas variables puede ser más compleja y se han utilizado múltiples criterios para poner en orden ante la enorme variedad de casos que es posible encontrar. Desde la

**Figura 3.** Desde el Observatorio de Harvard, E. Pickering logró consolidar un activo grupo de astrónomos con el que logró desarrollar una inmensa labor catalogando miles de estrellas a partir de sus espectros. Tras los trabajos de H. Vogel, la confirmación espectroscópica de la naturaleza binaria de Algol, así como de otras muchas estrellas variables, se realizó precisamente desde allí. El espectro de  $\beta$  Per es el segundo comenzando desde abajo.



(Crédito: <http://spiff.rit.edu/>)

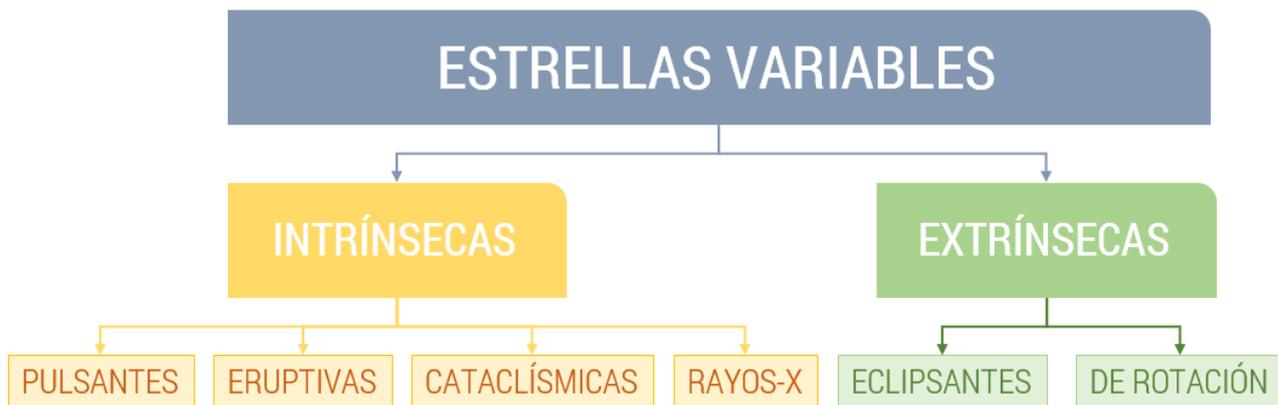


Figura 4. Esquema simplificado con la tipología de estrellas variables.

cuarta edición del General catalogue of Variable Stars (GCVS), esta clasificación se ha reducido a siete grupos principales. Actualmente es la clasificación tipológica más empleada y la que podemos encontrar en catálogos de referencia como el Variable Star Index de la AAVSO, si bien cada poco tiempo es necesario matizarla o ampliarla en función de los avances de nuestro conocimiento sobre las estrellas variables. De modo muy resumido, esta clasificación abarca siete grupos diferenciados de estrellas variables: las estrellas variables extrínsecas quedarían divididas en tres familias: eclipsantes, variables con rotación y eventos de microlentes; las intrínsecas se subdividirían, a su vez, en cuatro grandes grupos: pulsantes, eruptivas, cataclísmicas y de rayos X.

### Las estrellas binarias eclipsantes

Como decíamos, las estrellas variables eclipsantes son también conocidas como fotométricas, dado que la forma más evidente de conocer su carácter binario se debe a la detección de las variaciones periódicas del brillo de una estrella aparentemente solitaria. Como hemos visto, ya desde el siglo XVIII se propuso que el comportamiento fotométrico de Algol se podía deber a la presencia de un planeta o una estrella que eclipsaba parcialmente su brillo. Para estudiarlas se emplean métodos fotométricos, ya sea el tradicional método de estimación visual mediante el método Argelander o, ya casi de forma generalizada, el empleo de cámaras CCD. A partir de la observación de estas estrellas durante un periodo de tiempo adecuado se obtiene su curva de luz que muestra generalmente unas

bajadas de brillo (eclipses) que suelen corresponder con dos mínimos, uno primario y otro secundario (figura 5). A partir de esta curva de luz es posible inferir su diagrama de fase con el que se puede calcular su amplitud, momento y duración de sus eclipses, etc., lo que, en definitiva, permite determinar el tipo de variabilidad que realiza, así como los parámetros físicos del sistema (elementos orbitales, tamaños comparativos de sus componentes e, incluso, sus formas –en ocasiones las estrellas se hayan tan próximas que adquieren una forma elipsoidal al deformarse por las interacciones de las masas estelares-).

Actualmente son miles las estrellas binarias eclipsantes conocidas, formando parte del más completo catálogo de estrellas variables: el VSX de la AAVSO, que actualmente es el más empleado ya que el tradicional GCVS (General Catalogue of Variable Stars) no se actualiza de forma tan regular.

No obstante, no todas las eclipsantes son iguales ya que responden a diversos tipos de sistemas binarios en función de las características de sus componentes y la geometría de los eclipses que producen, por lo que existen varios criterios para clasificarlas, siendo el más frecuente el que se fija en la forma de sus curvas de luz (de esa manera encontramos las eclipsantes de tipo EA o algólicas, EB o tipo b Lyr, EW, ELL, etc.).

Dado que todos los tipos descritos a partir de la clasificación anterior se fundamentan en el método observacional empleado para detectar su carácter binario, se han desarrollado otros métodos con el afán de unificar los criterios tipológicos más generales que tengan en cuenta las verdaderas propiedades físicas de los sistemas. En este sentido el más extendido es el que las clasifica en función del grado de interacción de las componentes.

Las componentes de un sistema binario están ligadas por la fuerza de la gravedad y mantienen una interacción mutua estable de acuerdo a la cuantía de sus masas, por un lado, y a la distancia entre ellas según orbitan un centro de masas común. Dada la proximidad de las estrellas de un sistema binario los volúmenes de influencia de las dos están interrelacionados y mostrarán un punto de contacto común cono-

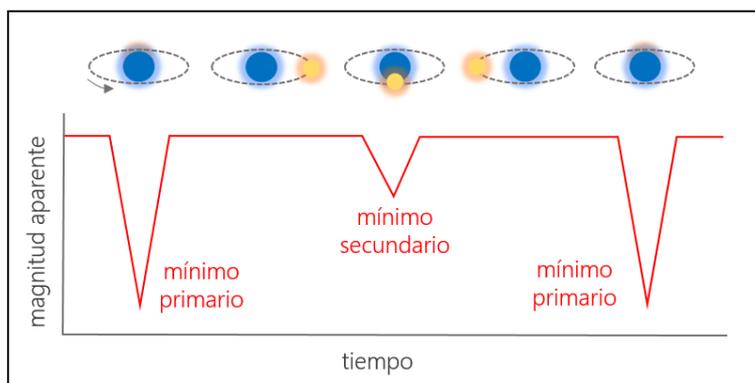
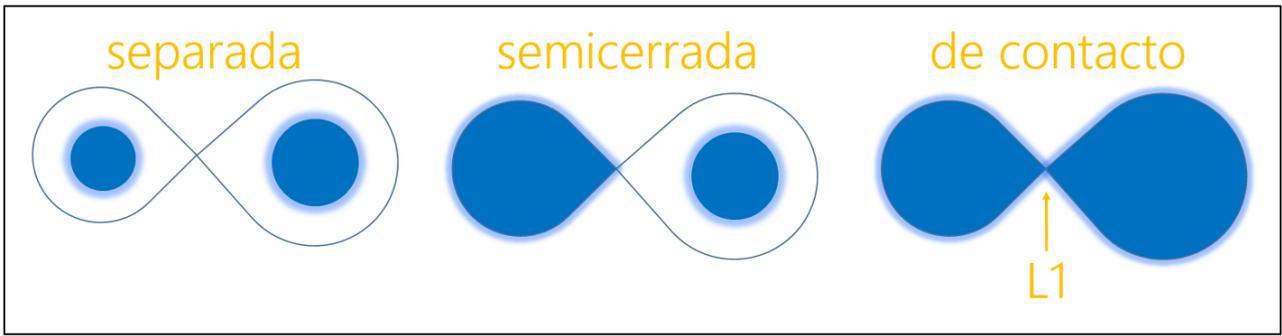


Figura 5. El modelo de eclipses de una binaria eclipsante (tomado de Benavides, R., González, J.L. y Masa, E., 2017).



**Figura 6.** Tipos de sistemas binarios en función de sus lóbulos de Roche (tomado de Benavides, R., González, J.L. y Masa, E., 2017).

cido como el punto interior de Lagrange (L1), allí donde la fuerza gravitatoria de las componentes se anula al contrarrestarse las intensidades de los dos campos gravitatorios (figura 6). A estos dos volúmenes de interacción se les llama lóbulos de Roche. La utilización del modelo de Roche permite establecer una triple clasificación:

— **Binarias separadas:** en la que cada componente ocupa el centro de su lóbulo de Roche, correspondiendo, en su mayoría, a las binarias visuales ya que no hay más interacción entre ellas que la gravitatoria que mantiene estable el sistema. En el VSX de la AAVSO aparecen como subtipos de eclipsantes, tales como AR, D o DM.

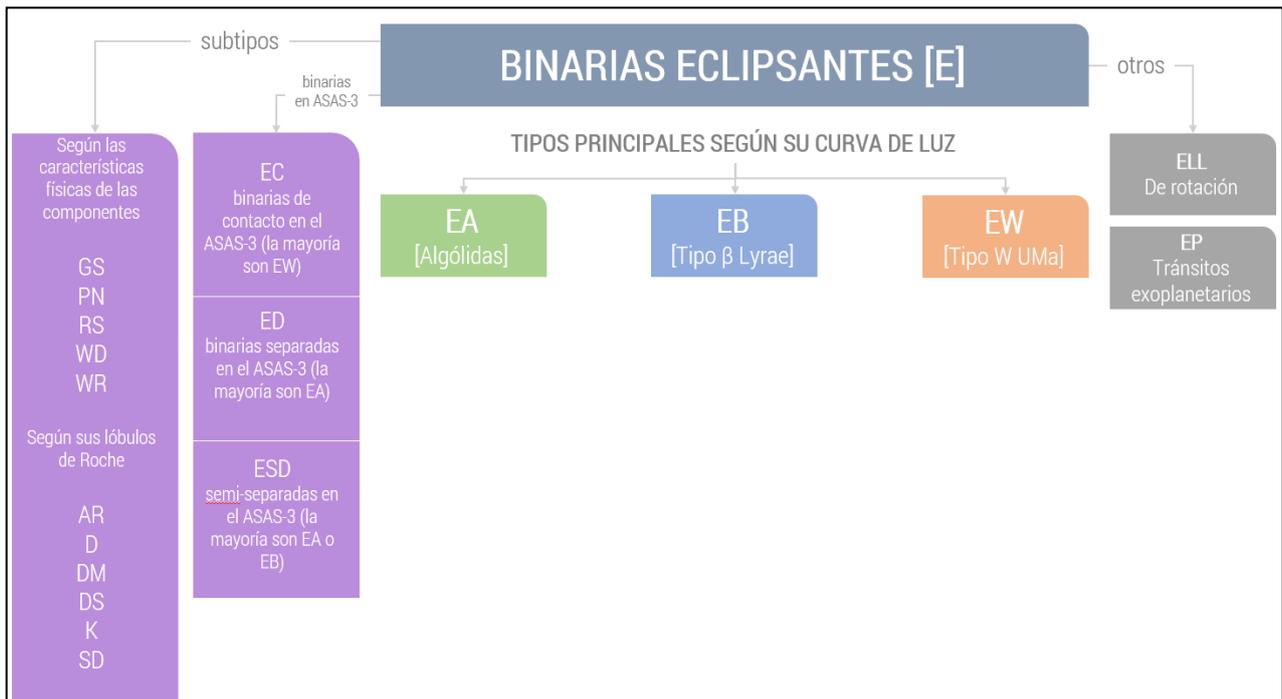
— **Binarias semicerradas o semiseparadas:** una de las componentes ocupa enteramente su lóbulo de Roche; al abandonar la secuencia principal su núcleo entra en colapso y las capas exteriores de su atmósfera se dilatan hasta tocar el punto de Langrange interior L1 pudiéndose producir un intercambio de materia entre las dos estrellas que siempre se produce desde la más masiva a la de menor masa. En algunas de ellas se forma un disco de acreción alrededor de la estrella que

absorbe los gases de la compañera.

— **Binarias de contacto:** en este caso las dos estrellas han llenado sus respectivos lóbulos de Roche y se hallan en contacto, lo que supone que ambas fotosferas están entremezcladas. Puede decirse, por tanto, que una cobertura gaseosa arropa las dos estrellas de manera conjunta. La mayoría de las estrellas de contacto son binarias eclipsantes del tipo EW. En el VSX de la AAVSO aparecen como subtipos de eclipsantes, tales como K, KE, KW, etc.

Esta clasificación da pie a pensar en el posible origen de las componentes, de manera que se piensa que las binarias separadas se han formado de forma independiente a partir de dos nubes de gas diferenciadas, habiendo entrado en interacción gravitacional posteriormente, mientras que las binarias cerradas se tiende a creer que nacieran de un único núcleo primigenio y tras una rotación muy rápida terminarían escindiéndose.

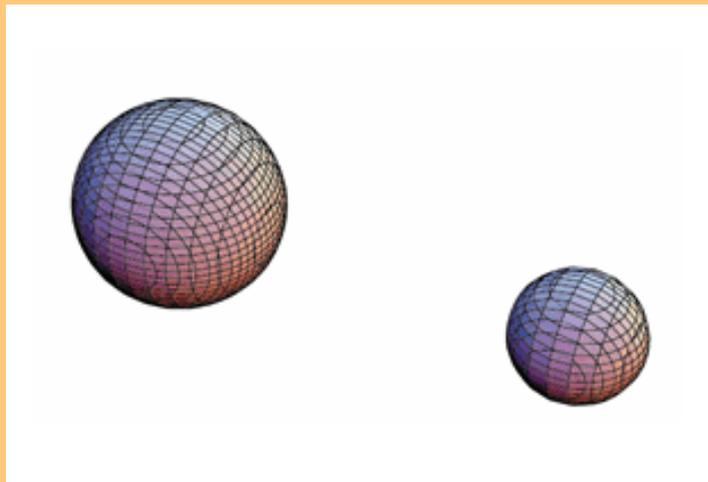
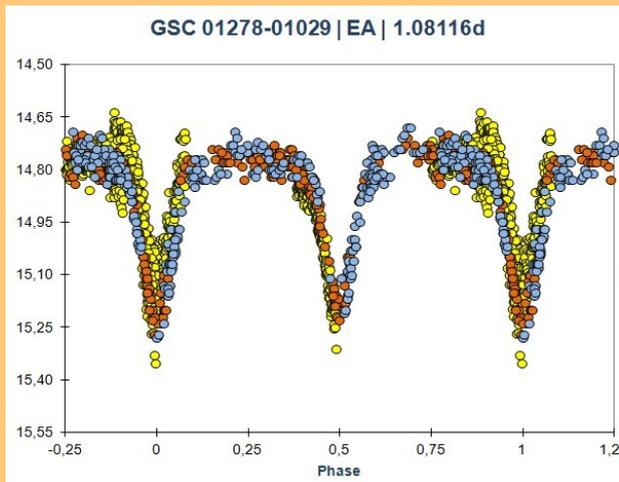
Todavía es posible completar aún más el repertorio tipológico de las binarias interactivas a partir de otra clase de estrellas variables conocidas como ca-



**Figura 7.** Clasificación de las estrellas binarias eclipsantes a partir del VSX de la AAVSO.

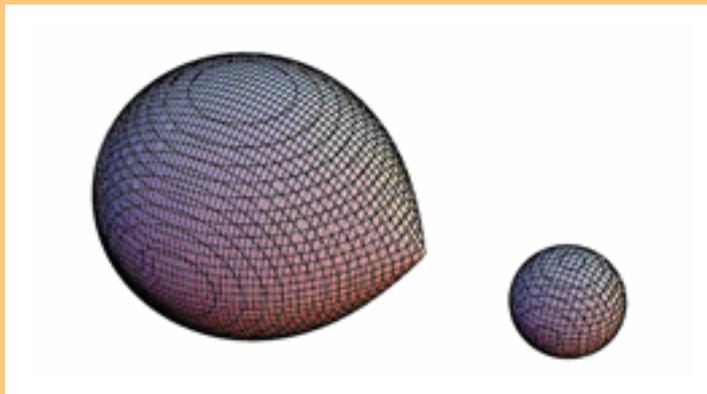
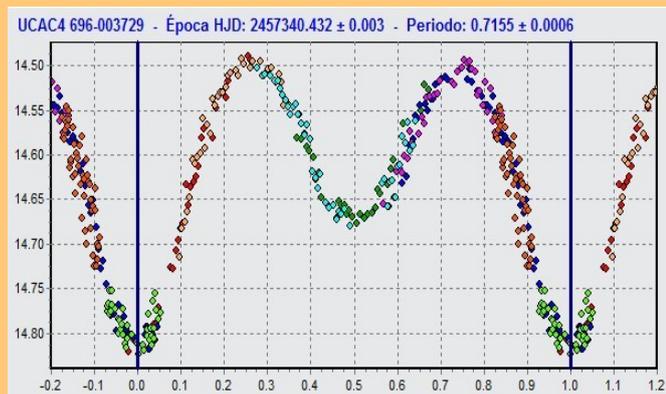
# MODELOS DE LAS BINARIAS ECLIPSANTES

## EA



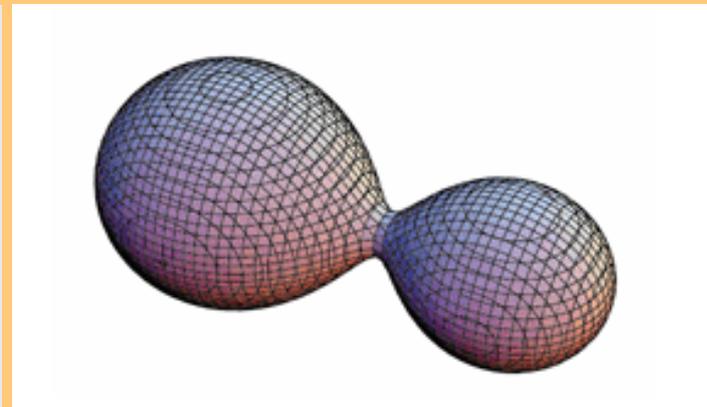
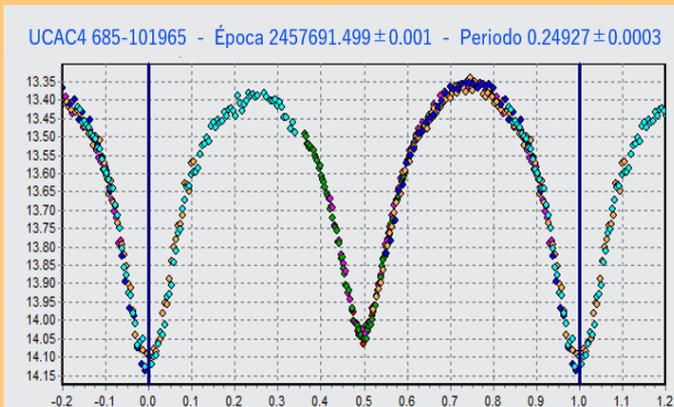
Estrella GSC 01278-01029 del tipo EA descubierta en 2015 por Rafael Benavides Palencia.

## EB



Binaria eclipsante del tipo EB descubierta también por Rafael Benavides en 2015.

## EW



Binaria del tipo EW descubierta por el autor del presente trabajo en 2016.

(Créditos de los modelos 3D: Departamento de Astronomía de la U. de Belgrado)

taclísmicas ya que realmente están formadas por pares de estrellas (como las simbióticas y cierto tipo de supernovas, las novae clásicas, recurrentes y enanas), así como las denominadas binarias exóticas formadas por objetos peculiares que, en ocasiones, poseen comportamientos insólitos (como las binarias de rayos X).

No obstante, la clasificación más extendida y habitual, especialmente en los trabajos amateur, sigue siendo aquella que se fundamenta en la forma de su curva de luz, que puede ayudarnos a comprender de forma rápida los procesos físicos que intervienen en los eclipses (figura 7, página anterior). Atendiendo a este criterio, podemos observar tres subtipos principales:

### — Binarias eclipsantes del tipo $\beta$ Persei (EA)

Dado que el prototipo de este grupo son las estrellas del tipo  $\beta$  Persei, son también conocidas como algóolidas. Se trata de sistemas binarios con componentes esféricas o solo ligeramente elípticas. En su curva de luz es posible distinguir con toda claridad el inicio y el final de los eclipses. Entre ellos el brillo permanece casi constante o únicamente varía como consecuencia de los efectos de reflexión, de una ligera elipticidad de las componentes o por otras variaciones físicas. El mínimo secundario puede ser muy poco profundo o incluso no visible. Hay una enorme variedad de rangos posibles en lo que a sus periodos se refiere, oscilando desde 0,2 días hasta más de 10000. Las amplitudes de su brillo son también muy diversas y muchas veces son de varias magnitudes.

### — Binarias eclipsantes del tipo $\beta$ Lyrae (EB)

En este caso ambas componentes son elípticas y sus curvas de luz no permiten precisar los instantes de inicio y del final de los eclipses. El mínimo secundario es perfectamente visible siendo, en general, su profundidad claramente inferior al primario. Habitualmente las componentes son de tipo espectral B o A, más raramente F o, incluso, M. La amplitud de las variaciones suelen ser generalmente inferiores a 2 magnitudes y son características por la forma redondeada de sus curvas de luz, al parecer debido a que una o ambas componentes son claramente elipsoidales, como decíamos anteriores.

### — Binarias eclipsantes del tipo W UMa (EW)

Las binarias eclipsantes del tipo W Ursae Maioris tienen periodos inferiores a 1 día. Las componentes son elipsoidales de contacto por lo que originan curvas de luz en las que es muy difícil especificar los instantes de inicio y final de los eclipses. Las profundidades de los mínimos primario y secundario son prácticamente iguales, cuando no idénticos. La amplitud de esta familia de eclipsantes son en general inferiores a 0,8 magnitudes, siendo sus componentes generalmente de

tipos F/G o más avanzados de la secuencia principal. Se trata de las variables más habituales dentro del VSX, constituyendo aproximadamente el 60% de todas las eclipsantes catalogadas.

En los últimos años se ha incluido dentro de las binarias eclipsantes las conocidas como EP, aquellas cuyos eclipses se producen por la presencia de planetas en los que es posible medir la caída del brillo de la estrella por el método del tránsito, como ocurre en el caso de V376 Peg.

Para rizar más el rizo, en el VSX de la AAVSO aparecen otros tres tipos de binarias eclipsantes conocidas como “tipos de survey” que incluyen las variables con eclipses descubiertas a partir del ASAS-3, siendo: EC (mayoritariamente se trata de binarias de contacto EW), ED (casi siempre son algóolidas) y ESD (que pueden ser tanto algóolidas como EB, siendo semi-cerradas).

Aunque no se trata de binarias eclipsantes, podríamos incluir el tipo de las binarias elipsoidales rotantes (Rotating variables en inglés) o de tipo ELL, que son bastante escasas en el VSX, no llegando ni al millar las conocidas. Son sistemas binarios cerrados con componentes elipsoidales en los que las variaciones de luz se deben al efecto de reflexión de las componentes. Sus amplitudes son generalmente muy reducidas, generalmente no exceden de 0,1 magnitudes. Un buen ejemplo de este tipo es Spica ( $\alpha$  Vir).

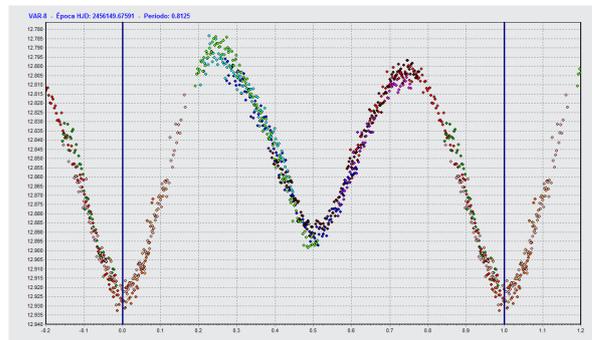


Figura 8. Variable VSX J222945.1+572919 de tipo ELL descubierta por Ramón Naves en 2012.

## Las binarias eclipsantes y la investigación no profesional

Los estudios sobre estrellas variables, incluidos los relacionados con las binarias eclipsantes, gozan de décadas de tradición y las aportaciones de los astrónomos amateur han sido determinantes para ampliar el conocimiento sobre este tipo de estrellas. Buena muestra de ello es la cantidad de grupos de observadores que han desarrollado trabajos relacionados con las variables, de entre los cuales destaca por mérito propio la AAVSO, uno de cuyos propósitos fundamentales, hoy más que nunca, es el de favorecer los conocimientos básicos, así como las técnicas, sobre este tipo de

objetos para lo cual provee de las herramientas necesarias. Igualmente, recoge los datos de los observadores en una base de datos, abierta y pública, con más de 35 millones de estimaciones de brillo de estrellas variables. De este modo, propicia también el encuentro entre los astrónomos profesionales y amateur, ya sea facilitando datos como proponiendo campañas de observación a petición de investigadores de diversos campos. A todo aquel que no haya visitado nunca la página web de esta centenaria institución, con sede en Estados Unidos pero de un marcado carácter internacional, recomendamos vivamente que lo haga y explore la variada información que puede encontrar en ella.

En el caso de España, los estudios de estrellas variables gozan de muy buena salud. Aunque no existe una asociación específica que trate de manera monográfica este campo de trabajo, son muchas las agrupaciones locales o provinciales que promueven la observación de estos objetos. Una mención especial merece el caso de la Asociación de Variabilistas de España (A.V.E.) que intentó en la década de los años noventa del pasado siglo consolidarse como el grupo de observadores de referencia en nuestro país para este tipo de trabajos, si bien tuvo desgraciadamente una corta vida. También es muy destacable el trabajo que desarrollaron los observadores del Grupd'Estudis Astronòmics (G.E.A.), verdaderos pioneros en el empleo de sensores electrónicos (fotómetros y dispositivos CCD) en nuestro país.

A la vez que han destacado grupos organizados como los mencionados anteriormente, también existen observadores individuales que han desarrollado, y siguen haciéndolo, un importante papel en este campo, aportando miles de medidas a las bases de datos que han servido para afianzar nuestro conocimiento sobre estos astros. Algunos, como José Ripero o Alfredo González-Herrera, llevan décadas haciéndolo y son todo un referente para los amateur españoles, máxime cuando siguen trabajando visualmente.

A día de hoy España es una potencia a nivel

mundial este campo. En los últimos años se sitúa a la cabeza del ranking que anualmente publica la AAVSO, tanto por el número de observadores como por las medidas aportadas a su base de datos, siendo solo superada por Estados Unidos (figura 9).

Los trabajos de los observadores de estrellas variables se centran en varios campos, como pueden ser el seguimiento de las ya conocidas pero de comportamiento anómalo o poco estudiado, la detección de nuevas estrellas variables, la participación en campañas específicas a petición de grupos amateur o de investigadores profesionales y el empleo de nuevas técnicas que, poco a poco, comienzan a hacerse un hueco en los trabajos de los aficionados, como la espectroscopia.

Las estrellas variables, como las dobles, han constituido desde siempre uno de los pilares fundamentales de los trabajos de la astronomía no profesional, como bien decía nuestro maestro José Luis Comellas. En pocos campos de trabajo como este se puede entender que las aportaciones de los astrónomos amateur puedan ser tan útiles. Un botón de muestra: hace unos años pude participar en una campaña de observación cuyo propósito era preparar unas observaciones que posteriormente realizaría el Telescopio Espacial Hubble. ¿Os imagináis otro campo de la ciencia que permita desarrollar trabajos como este?

## El Observador de Estrellas Dobles y las binarias eclipsantes

Aunque esta revista nació con el propósito fundamental de promover el conocimiento de las estrellas dobles visuales en habla hispana, no cabe duda que pueden tener cabida perfectamente las variables eclipsantes por tratarse de verdaderos sistemas binarios. En España los estudios sobre estrellas variables gozan de una larga tradición y son muchos los observadores que, animados por la tecnología CCD, estudian los periodos y amplitudes de este tipo de estrellas, a la vez que se producen muchos descubrimientos de nuevas estrellas variables. Animamos a estos observadores a que publiquen sus resultados observacionales y nuevos descubrimientos en las páginas de OED.

Además, una nueva y potente herramienta es cada vez más usada por los observadores amateur: los espectroscopios. Cualquier trabajo realizado sobre sistemas binarios eclipsantes a partir de la espectroscopia sería de interés general, tanto para doblistas como para variabilistas, y tendría su cabida en estas páginas.

¡Esperamos vuestros trabajos!

Table 1. AAVSO Observer Totals 2015–2016 by Country.\*

Country	No. Observers	No. Obs.	Country	No. Observers	No. Obs.	Country	No. Observers	No. Obs.
Argentina	18	2108	Hungary	42	27210	Slovakia	4	2952
Australia	24	75360	India	5	800	Slovenia	3	364
Austria	5	2467	Iran	3	3676	South Africa	3	2006
Belarus	2	827	Ireland	4	75	Spain	53	248299
Belgium	11	215300	Israel	1	97	Sweden	12	9072
Bermuda	1	297	Italy	30	5290	Switzerland	5	723
Bolivia	1	57	Japan	3	3549	Taiwan	1	95
Brazil	26	1550	Luxembourg	1	82	Turkey	3	4997
Bulgaria	3	2662	Malta	1	7349	Ukraine	16	24527
Canada	36	111292	Mexico	1	159	United Kingdom	64	114143
China	7	1901	Netherlands	9	2315	United States	271	926591
Colombia	1	84	New Zealand	9	25945	Uruguay	1	4
Croatia	1	7	Norway	1	178	Venezuela	1	783
Cyprus	2	9	Pakistan	4	34			
Germany	41	24484	Philippines	1	328	TOTAL	846	1981653
Denmark	4	1633	Poland	27	11396			
Estonia	1	73	Portugal	5	2287			
Finland	9	11081	Romania	8	2501			
France	44	99093	Russian Federation	11	944			
Greece	3	2121	Serbia	2	709			

**Figura 9.** Estadística de la AAVSO en la que se muestra el número de observadores por país, así como las medidas remitidas. Como puede observarse, España ocupa el segundo lugar por el total de medidas remitidas a su base de datos y el tercero por el número de observadores (fuente: Anuario de la AAVSO, 2016).



“ *Creo mucho en la colaboración y el trabajo en grupo y no debería ser extraño si pensamos que el trabajo en equipo es la regla en la astronomía profesional.* ”

por

## Giuseppe Donatiello

NO SUELO HABLAR DE MÍ MISMO: siempre me ha producido cierto pudor. Pero con 50 años recién cumplidos, quizás no esté mal mirar atrás y rememorar todo lo que ha sido mi camino en la astronomía.

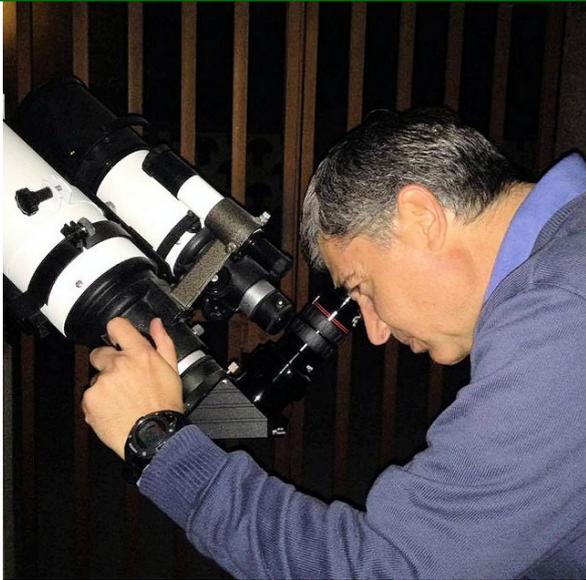
Nací en 1967, por lo que pertenezco a la llamada *Generación Apolo*, es decir, aquellos que han vivido las páginas más emocionantes de la exploración espacial, que culminó con la llegada del hombre a la Luna. De la noche del Apolo 11 tengo solo algunos destellos en la memoria porque era muy pequeño, pero recuerdo que mi padre, en mitad de la noche, nos despertó anunciando que habían tenido éxito. En las subsiguientes misiones lunares tengo recuerdos mucho más nítidos, especialmente en las últimas. A diferencia de otros chicos, recuerdo que solía identificarme con astronautas y simular "paseos lunares" (los periodistas los llamaban así) y juntaba piedras en el suelo cerca de casa. Sin lugar a dudas, ese momento histórico ha influido mucho en mi interés por el espacio. Solo muchos años después, me he dado cuenta de que la responsabilidad también fue de un periodista y sus apasionados comentarios. Me refiero a *Tito Stagno*, a quien tuve el placer de conocer en 2014 en la ceremonia de entrega del *Premio Federico II* donde gané en la sección fotográfica. En esa ocasión, pude decirle cuánto había influido en mi camino, y me conmovió y alabó.

En 1973 me regalaron una enciclopedia y devoré

los volúmenes especializados en temas científicos, en la escuela siempre fui brillante en estos temas. Mi primer contacto real con el cielo ocurrió en 1976 cuando, siguiendo las instrucciones de mi maestra de escuela primaria, pude ver el magnífico cometa West temprano por la mañana en el cielo del oeste. A decir verdad, contemplar ese cometa no fue difícil en absoluto. Luego llegaron las sondas Pioneer y Voyager y las imágenes de Júpiter y Saturno crearon un gran entusiasmo. Mientras tanto, en 1979, en un supermercado vi un telescopio de 40 mm de juguete y era tan fuerte el deseo de tenerlo que robé 20.000 liras (10 euros hoy, pero en aquel momento equivaldrían a alrede-

El autor junto a *Tito Stagno* en 2014 recibiendo el Premio Federico II (todas las fotografías son gentileza de G. Donatiello).





dor de 30) del bolso de mi madre. No estoy orgulloso de aquel gesto y, probablemente por un escrúpulo de conciencia, ¡ese pequeño instrumento todavía lo uso como telescopio solar para observaciones sobre la marcha! A pesar de ser un telescopio de juguete, la lente es de excelente calidad y realiza su cometido muy bien después de haber colocado un protector solar sobre la totalidad de la abertura.

Debo decir que mi familia, a pesar de ser de cultura campesina, siempre ha apoyado mi interés en la astronomía y ha estado muy orgullosa de los buenos resultados logrados a lo largo de los años. Mi principal prestamista fue mi abuela materna, de hecho fue ella la que me dio dinero para comprar un refractor de 60 mm

en 1982 y al año siguiente para la cámara Praktica MTL5 que he usado continuamente hasta 2007. Al principio de la década de los ochenta el cielo era muy bueno y desde el patio trasero se podía ver una imponente Vía Láctea. Aprendí a reconocer las constelaciones y los objetos principales, tanto que ahora me muevo con gran facilidad entre los nombres de las estrellas y los objetos del cielo profundo. En 1984 envié algunas observaciones a una revista histórica de la época, *l'Astronomia*, y me sorprendió que se publicaran. Desde entonces, han sido realmente cientos de veces las ocasiones en las que mi nombre llegó a aparecer en aquellas páginas, hasta 2003, cuando la revista dejó de publicarse. Ya en 1987, la directora Margherita Hack aceptó y publicó mi primer artículo real que apareció junto a otros de astrónomos y maestros de la divulgación astronómica. En total publiqué unos treinta artículos en aquella revista. En Italia había, sin embargo, otras publicaciones especializadas en Astronomía y poco a poco llegué a escribir en todas ellas, llegando también a dirigir secciones mensuales, especialmente centradas en el ámbito técnico en *Coelum Astronomia* hasta 2016 y actualmente para los suscriptores de *Nuovo Orione e Le Stelle* [<http://www.astronomianews.it/>], las únicas dos revistas mensuales italianas que se publican regularmente y se distribuyen en puestos de periódicos. Contrariamente a lo que se pueda pensar, siempre han sido los directores quienes me han invitado a escribir y a ocuparme de secciones específicas. A pesar de tener más de 1100 publicaciones, continúo argumentando que en este

## Trapezium

[Orion Trapezium Cluster]



- A var. 6.7 - 7.5
- B var. 8.0 - 8.5
- C 5.1
- D 6.7
- E 10.3
- F 10.2
- G 14.5 proplyd
- H 14.5 proplyd
- I 15.0 proplyd

**127ED - MaxCam 1280 PDS**  
**Giuseppe Donatiello - Oria (Italy)**



papel solo estoy en préstamo, ya que tengo un trabajo principal que me absorbe mucho, como veremos a continuación.

En los últimos 35 años me he dedicado a todas las áreas de la astronomía y, de hecho, todavía lo hago. En 1985 participé en el International Halley Watch (IHW) con una serie de observaciones visuales y dibujos incluidos en el IHW Atlas. [[https://pdssbn.astro.umd.edu/data\\_sb/missions/ihw/](https://pdssbn.astro.umd.edu/data_sb/missions/ihw/)].

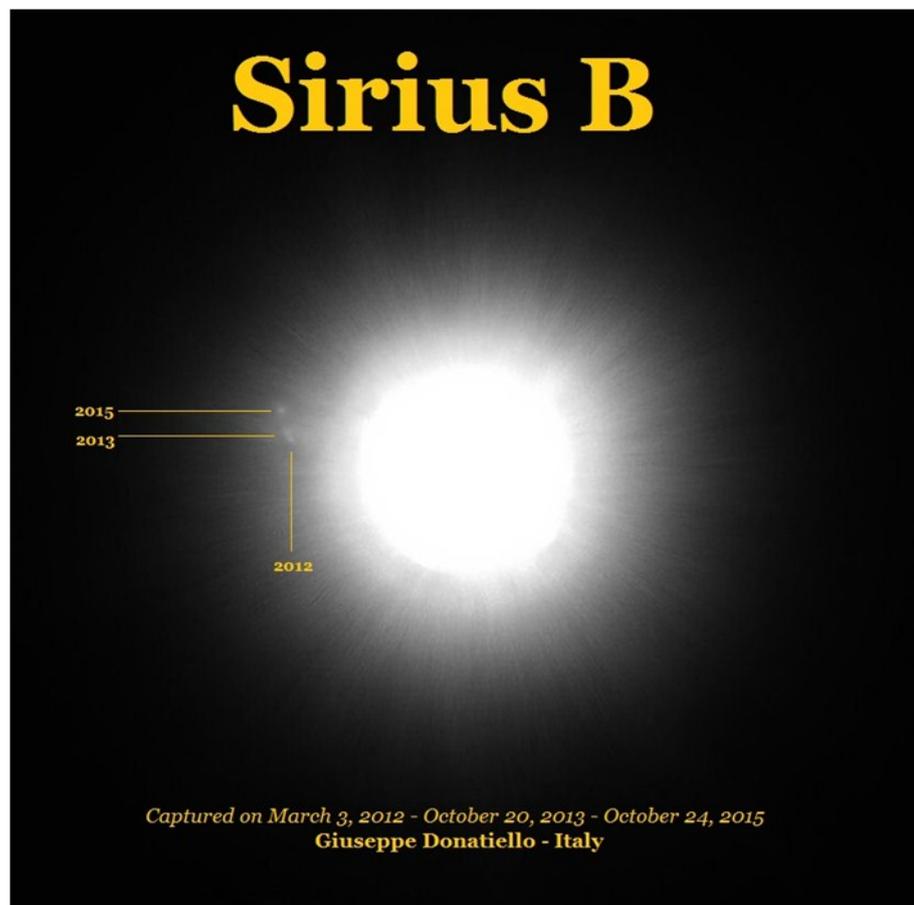
Luego, en los últimos años ochenta y principios de los noventa, tuve un paréntesis en el que estuve en el ejército italiano como oficial, terminando el servicio con el rango de Teniente especializado en misiles anti-tanque (ahora soy oficial de alto rango de la reserva). Como estudiante de Física, alrededor de 1987, comencé a trabajar en Astronomía Infrarroja y acompañé a mi profesor en la misión TIRGO [<http://www.arcetri.astro.it/irlab/tirgo/>]. Como militar, era un experto en sistemas de rastreo en infrarrojo, tanto que incluso hoy en día esta banda del espectro es mi favorita, así que primero usé las películas Kodak Infrared y luego las cámaras CCD y CMOS con IR-pass y filtros interferenciales. En 1994 también participé en Ulysses Comet Watch (UCW). También estoy interesado en la historia de la astronomía, y a lo largo de los años he publicado varios trabajos centrados en esta área, incluida una investigación relacionada con la crónica de un rabino en la que informa de la observación de la supernova en el Toro de 1054.

Desde que era muy joven, siempre me ha gustado construir instrumentos y la mayoría de las lentes que uso han sido confeccionadas por mí, empezando por material que tenía en excedente o aquel que encontraba un buen precio. También fui uno de los primeros fabricantes de CMOS refrigerados en el mundo desde 2011, cuando probé la efectividad de refrigerar estos sensores en lugar de las convencionales CCD. Con las cámaras autoconstruidas obtuve excelentes resultados, especialmente el desarrollo de técnicas avanzadas de procesamiento y el uso de la técnica de *lucky imaging* obteniendo resultados notables validados por expertos que han podido ver la materia prima. Gracias a estos proyectos, los lectores de OED también recordarán la detección del desplazamiento de Sirius B en el número 16. En Italia tengo buena reputación como investigador de nuevas técnicas que luego divulgo en las revistas para las que escribo, así como testador de nuevas herramientas que me envían vendedores y productores que luego son registradas.

Aunque me dedico a la observación en alta resolución, mi principal interés no son los planetas, sino los objetos del cielo profundo,

que también incluyen estrellas dobles y múltiples. Respecto a estas últimas no son mi especialidad, pero no niego estar totalmente fascinado por estas estrellas que generalmente me ayudan a probar la calidad de la óptica. Además, las parejas muy desequilibradas también son excelentes referencias para desarrollar y perfeccionar mis técnicas, como fue el caso de Sirio y Procyon B.

El campo en el que me muevo y dirijo mi investigación está representado por galaxias, especialmente en el campo de las galaxias enanas y las corrientes estelares. En este contexto, estoy colaborando con astrónomos profesionales en programas internacionales, especialmente en el tratamiento de imágenes para resaltar estructuras alrededor de las galaxias centrales. En este campo específico también realizo una investigación personal utilizando tanto mi instrumentación como los datos de archivo de los *surveys*. Algunas personas se vuelven incrédulas cuando hablamos de datos de archivo, pero hay razones de peso. Desgraciadamente, la contaminación lumínica en mi región hace que hoy sea casi imposible obtener un buen rendimiento de mi equipo, para conseguirlo tendría que llegar a un sitio de montaña distante más de 200 kilómetros de casa y esto no siempre es posible. Por lo tanto, gracias a los *surveys*, tengo la posibilidad de obtener datos de calidad que, de otra manera, no podría lograr con mi instrumentación. Algo importante que no todos saben es que estos datos a menudo se usan muy poco y pueden contener cosas muy interesantes, incluso descubrimientos muy importantes. Cruzando los datos obtenidos por mí de los *surveys*, he sido capaz de encontrar una galaxia enana cercana que



Captured on March 3, 2012 - October 20, 2013 - October 24, 2015  
Giuseppe Donatiello - Italy



se llamará **Donatiello I**. Se publicará próximamente en MNRAS en un artículo en el que aparece como primer autor el astrofísico David Martínez-Delgado. ¡Este nuevo objeto se puede encontrar en todos los principales *surveys* y nunca antes nadie lo había detectado! Digo esto para que comprendan que hay mucha información a la espera de ser analizada y que los astrónomos aficionados podemos hacer este trabajo con gran dignidad y autoridad. Con este primer descubrimiento, y no es el único, me he ganado la estima de astrónomos importantes y a menudo se requiere mi ayuda para identificar objetos sospechosos. No menos importante es que muchos fanáticos, casi todos los días, se ponen en contacto conmigo para dar nombre a algo que encontraron en sus imágenes gracias a la facilidad que tengo para moverme en las bases de datos astronómicas.

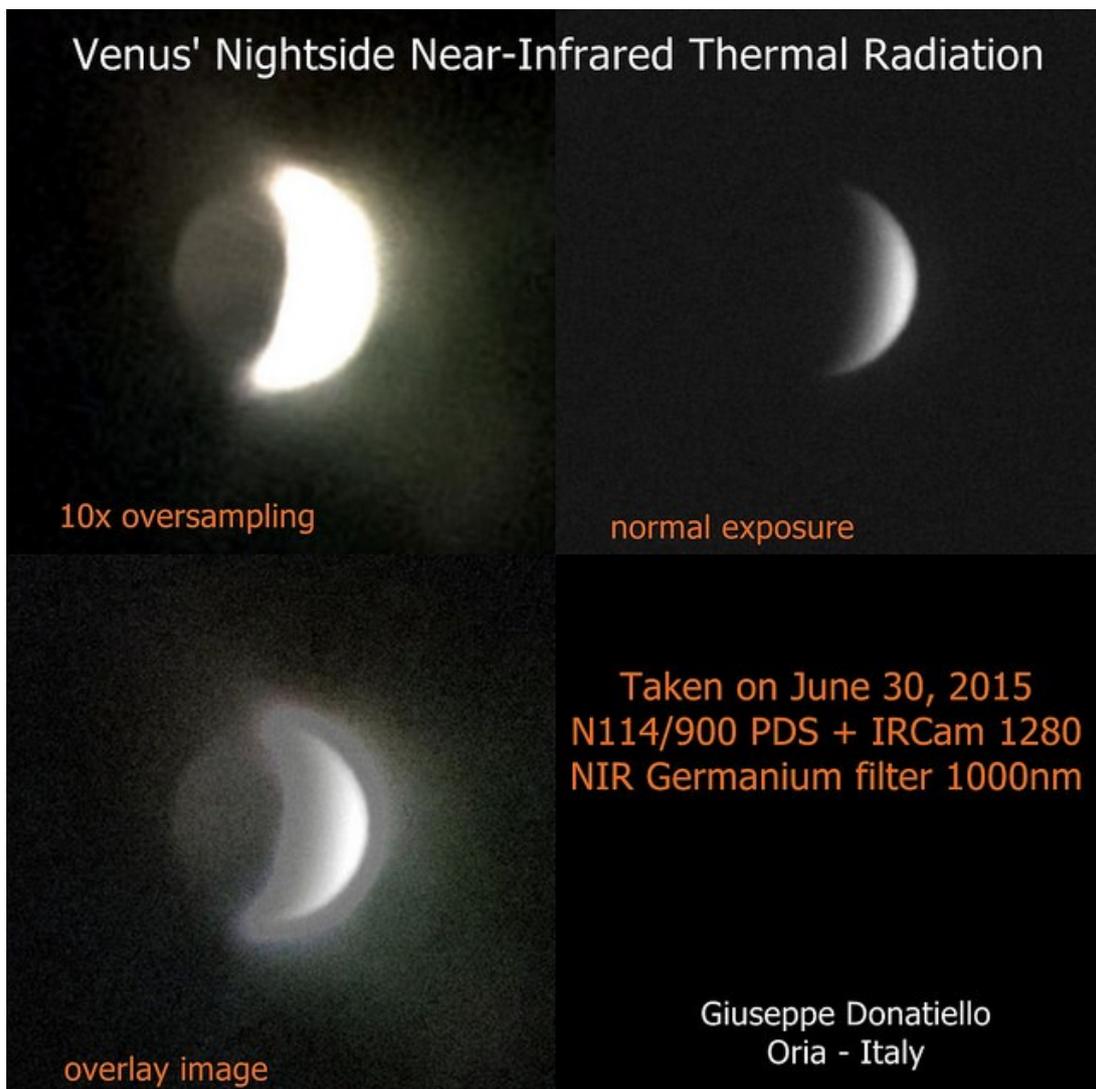
A diferencia de muchos, creo mucho en la colaboración y el trabajo en grupo y no debería ser extraño si pensamos que el trabajo en equipo es la regla en la astronomía profesional. Por lo tanto, me parece inconcebible que todavía existan quienes pretendan que la astronomía sea algo personal para desarrollar en solitario. Con los años he promovido este cambio de mentalidad, ofreciendo actividades de grupo, inicialmente en cielo profundo para invitar a otros aficionados a la realización de fotos colectivas que llamamos imágenes

conjuntas, pero desde hace algún tiempo estoy intentando repetir esta experiencia en programas más exigentes de la que espero además obtener interesantes resultados. En última instancia, me considero un astrónomo aficionado en toda regla y trato de focalizar mi formación científica en actividades de investigación que no han fallado a la hora de producir resultados muy positivos. A pesar de que estoy trabajando duro en el mundo editorial en astronomía, como dije antes, solo me considero de prestado porque soy presentador de radio profesional. Comencé esta otra pasión como un juego en 1979, pero desde 1988 me permite ganar dinero también, tanto que durante 27 años ha sido el trabajo que he estado haciendo para ganarme la vida. He obtenido contratos en grandes empresas nacionales, pero desde 2010 estoy en una emisora regional con un contrato permanente y esto garantiza la estabilidad y la continuidad, a pesar de obtener menores ingresos en comparación con los contratos nacionales. Estoy muy involucrado en la divulgación y con frecuencia me invitan a asistir a escuelas o a asociaciones para impartir charlas. Desde 1999 estoy casado con Maria Grazia y desde 2001 soy padre de Giovanni Vincenzo, también interesado en la astronomía. ©

---

El presente artículo ha sido traducido del italiano por  
Rafael Benavides Palencia

---



# EURONEAR, el proyecto europeo de referencia en el estudio de asteroides cercanos a la Tierra

por

AMADEO AZNAR

EN EL AÑO 2006, hace ya once años, en pleno auge del descubrimiento de asteroides cercanos a la Tierra, surgió en Europa la idea de crear una red de observatorios que se dedicara al seguimiento y estudio de estos objetos. En el Instituto de Mecánica Celeste y Cálculo de Efemérides en Francia (IMCCE), los doctores Ovidiu Vaduvescu y Mirrel Birlan idearon el programa EURONEAR (European Near Earth Asteroid Research).

El objetivo de este programa era hacer un seguimiento de los asteroides que, por la trayectoria de su órbita representan un riesgo para la Tierra. Son los asteroides conocidos como NEA's (Near Earth Asteroids). Se caracterizan por tener una distancia en perihelio inferior a 1,3 unidades astronómicas. Se clasifican en 3 tipologías principales: Amor, Apolo y Atenas. Los asteroides Atiras también pueden ser considerados NEA's. A partir de esta clasificación, se consideran asteroides potencialmente peligrosos (PHA-Potentially Hazardous Asteroids) aquellos cuya órbita pasa a menos de 0,05 unidades astronómicas de la Tierra y que tienen una magnitud absoluta inferior a 22. Estos asteroides tienen un tamaño aproximado superior a 150 metros (asumiendo un albedo del 13%), lo que supone un verdadero riesgo para la humanidad.

Hasta la fecha se han descubierto más de 720.000 asteroides de los cuales 17.200 son NEA's (2,3%) y de estos casi 1.900 están catalogados como de alto riesgo (PHA).

La red de observatorios que participan en este proyecto ha ido creciendo con el tiempo. En la actualidad EURONEAR se nutre de la participación de trece observatorios europeos, situados en ambos hemisferios entre los que destaca el Observatorio Isaac Newton (España) con una óptica de 2,5 metros, el William Herschel Telescope (España) de 4,2 metros de diámetro, el telescopio Mercator (España) de 1,3 metros, el Observatorio Haute-Provence (Francia) con 1,2 metros y el telescopio de 0,7 metros del observatorio astronómico de la Universidad de Poznań-PST2 (Polonia) entre otros. De todos ellos, el observatorio

Isaac Newton ha sido el más productivo. El hecho de utilizar telescopios de tamaños medios y grandes permite detectar y analizar asteroides de brillos débiles que rondan la magnitud 20-21.

EURONEAR se compone de tres grupos de trabajo que cooperan de manera coordinada: astrometría, fotometría y espectroscopía. Así, el análisis de los NEA se

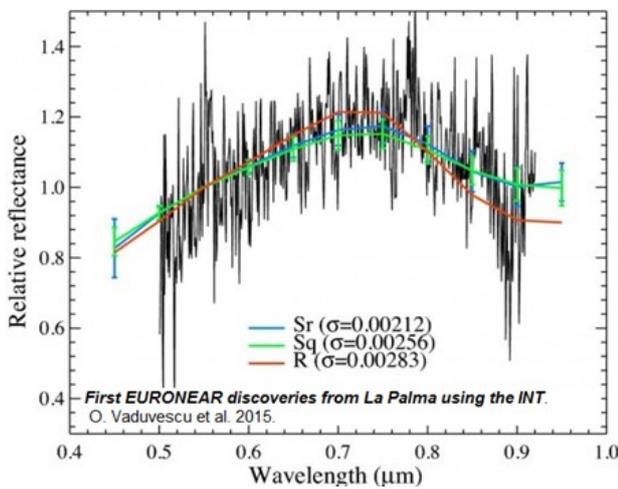
realiza desde una triple perspectiva y permite calcular los parámetros orbitales, la familia a la que pertenecen, el tamaño, el periodo de rotación, el albedo, la masa, orientación de los polos, mineralogía y la posible multiplicidad.

En lo que a astrometría se refiere, el programa EURONEAR ha mejorado el cálculo de órbitas de más de 1.500 NEA's, para lo cual se han utilizado programas como ORBFIT, Find Orb o el software THELI, este último de uso obligatorio trabajando con cámaras de campo amplio y con buenos resultados en la corrección de campos.

Respecto a los trabajos fotometría, hasta el momento se han analizado más de doscientos NEA's. utilizando filtros Sloan. Al trabajar bajo este sistema fotométrico es necesario determinar las magnitudes r y g de las estrellas implicadas en el análisis en aquellas regiones del cielo en las que el catálogo Sloan no las incorpora. Esta tarea supone el análisis de placas fotométricas complementarias a este catálogo a partir de tomas realizadas directamente por telescopios de la red EURONEAR. Un detalle interesante para la optimización de

los recursos y del tiempo de uso de los observatorios es el uso de cámaras multisensor. Este es el caso de la cámara MAIA, (Mercator Advanced Imager for Asteroseismology) que permite adquirir imágenes en tres canales diferentes de manera simultánea, lo que optimiza el uso del instrumental y mejora la precisión de los resultados. Este dispositivo está instalado en el telescopio Mercator de La Palma y opera a -113 grados centígrados ofreciendo una resolución por debajo de 0,33 arcosegundos. En las tareas fotométricas se combina el uso de varios programas como IRAF, LIDAS y Canopus.

*«La contribución europea al estudio de asteroides cercanos a la Tierra se concreta en EURONEAR, una red de telescopios del tipo de 2 metros que analizan estos objetos»*



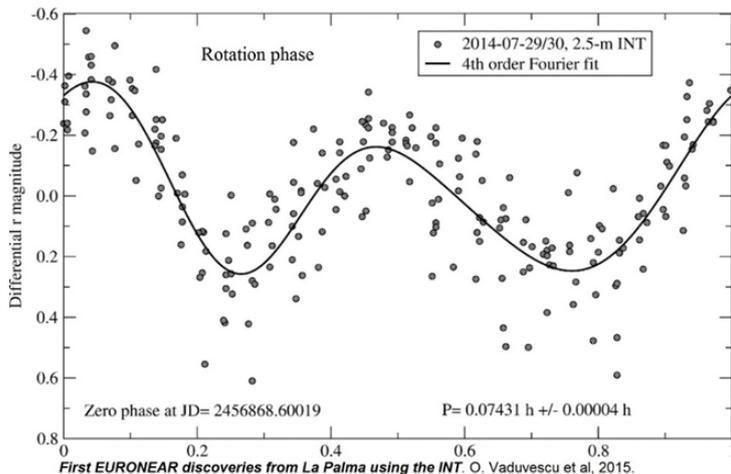
Espectro visible del NEA 2014 NL52 obtenido con OSIRIS (GTC) en comparación con los espectros de asteroides tipo Sr, Sq y R.

En este proyecto se utiliza una técnica de análisis de espectros diferente a la de otros proyectos con la que conseguimos calcular el albedo de estos cuerpos, sus propiedades físicas y otros parámetros. Se utiliza el espectrógrafo IDS (Intermediate Dispersion Spectrograph) instalado en el telescopio Isaac Newton. En otros casos concretos también se ha utilizado el espectroscopio OSIRIS (*Optical System for Imaging and Low Resolution Integrated Spectroscopy*) instalado en el Gran Telescopio de Canarias, como en el estudio del NEA 2014 NL52 con una magnitud absoluta de 23,2. Tras analizar su espectro se determinó la taxonomía de este objeto, tratándose de un NEA de clase espectral S. Para este asteroide se calculó un periodo de rotación superrápido de 0,074 horas.

La aplicación de técnicas de análisis desde este triple enfoque (astrométrico, fotométrico y espectroscópico) permite hacer un análisis integral de cada objeto, siempre y cuando existan datos con la calidad suficiente como para obtener resultados fiables.

## Principales resultados y trabajos futuros

Durante los once años de proyecto, la producción científica del proyecto EURONEAR se ha recopilado en 12 *papers* (y otros en elaboración en el momento de redactar este artículo) que han sido publicados en los principales *journals* astronómicos. Además, otros datos



obtenidos en este proyecto han sido utilizados para la elaboración de otros tantos *papers*.

Se han realizado 25 comunicados mediante la asistencia a jornadas y *workshops* así como 14 circulares de la Unión Astronómica Internacional. También ha contribuido con 150 circulares electrónicas del *Minor Planet Center* (MPEC).

Igualmente, se han descubierto centenares de asteroides del cinturón principal y binarios reconocidos por la Unión Astronómica Internacional. También se han descubierto nueve NEA's, los primeros de ellos utilizando el telescopio Isaac Newton ubicado en La Palma.

Otro trabajo destacable ha sido la minería de datos utilizando más de 70.000 imágenes obtenidas con el telescopio SUBARU entre los años 1999 y 2012, además de la reducción de 13.000 placas fotográficas obtenidas con el telescopio refractor de 0,4 metros del Observatorio de Bucharest entre los años 1930 y 2005.

También se ha realizado la revisión de 25.000 imágenes mosaico procedentes del sistema Megaprime/Megacam. Este es un sistema de captura de imágenes que crea mosaicos a partir de 36 imágenes CCD de 2048 x 4612 pixel cubriendo en su conjunto un área del cielo de 1 grado cuadrado. Está instalado en el telescopio canadiense-francés-hawaiano de 3,6 metros ubicado en Mauna Kea (Hawaii). Gracias a este trabajo se han llegado a detectar 143 NEA's y PHA's.

En 2017 se ha publicado el resultado del último trabajo con la recopilación de 101 asteroides cercanos a la Tierra entre los que se incluyen NEA's binarios y *tumblers*. Hasta la fecha se trata del survey con mayor número de NEA's publicados.

En 2018 EURONEAR continuará con los trabajos mediante uno de los telescopios SARA emplazados en Cerro Tololo (Chile), el telescopio WISE (Israel) y los telescopios Liverpool, Isaac Newton y Mercator situados en El Roque de los Muchachos (La Palma, España). 

**Amadeo Aznar Macías** pertenece al grupo EURONEAR y dispone de diversos observatorios como el APT, el Observatorio Isaac Aznar y POP (Punto de Observación de Puçol).

## Para más información

- [www.aptog.com](http://www.aptog.com)
- [www.apt.com.es](http://www.apt.com.es)
- [aptog@gmail.com](mailto:aptog@gmail.com)

